



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique Et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : Ecologie et environnement

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم : علم البيئة و المحيط

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Écologie et Environnement

**Spécialité :** Protection des écosystèmes

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

*Analyse de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du  
sol dans la forêt de Mouias (Wilaya de Mila)*

Présenté par : MEZIOU Abderrahmane

Le 10/06/2024

BOULAININE Itidel

**Jury d'évaluation :**

**Président :** ARFA .A.M.T (MCB– UC-1 Frères Mentouri).

**Encadreur :** GANA .M (MCB– UC-1 Frères Mentouri).

**Examinatrice(s):** HADJOUJJA .N (MCB– UC-1 Frères Mentouri).

**Année universitaire  
2023 – 2024**

سبحان الله العظيم  
الحمد لله رب العالمين  
والصلاة والسلام على سيدنا محمد  
آله وصحبه وسلم  
البرهان بن يوسف  
١٤٢٩

# *Remerciements*

*Nous exprimons en premier lieu notre gratitude envers Dieu.*

*Le tout puissant, pour nous avoir accordé la volonté, la santé et la force nécessaire pour accomplir cette tâche.*

*Nous souhaitons également exprimer notre profonde reconnaissance envers à notre encadrante, Monsieur Gana Mouhamed, d'avoir accepté de superviser ce travail, de nous avoir apporté son soutien indéfini, de la qualité de ses compétences et sa clairvoyance, qui nous ont été d'un apport inestimable pour l'accomplissement de ce mémoire dans tous ses phases.*

*Aussi, nous tenons également à remercier les membres du jury Dr ARFA.A et Dr HADJOU DJA N, pour pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.*

*Enfin, nous tenons à remercier aussi Monsieur Dr. Meliani Aziz, et nos collègues de promotion ainsi que toutes personnes ayant contribué de près ou de loin à la Réalisation de ce modeste travail. Plus particulièrement nos familles pour leur soutien inconditionnel.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes que j'aime et en particulier :*

*Mes parents, mon frère et sœur.*

*A mon binôme Itidel qui a toujours été là à m'encourager et me pousser pour une bonne continuation.*

*A tous mes amis (es) et collègues et en particulier : Bahae Babi, Skander, Malak, Rayen, Rania,*

*Je dédie également ce travail à Moi-même, malgré toutes les difficultés et les obstacles, je ne me suis pas arrêté et j'ai persévéré, et je remercie Dieu pour tout.*

*Je dédie également ce travail à tous ceux qui m'ont apporté leurs savoir et contribué à ma formation : mes instituteurs du primaire, mes professeurs du lycée, mes enseignants d'université de Constantine ; Gana Mohamed, Meliani Aziz, Bendjaballah Mouhamed, Benderradji MEH*

*Mon respect et ma gratitude pour vous.*

**MEZIOU ABDE RRHMANE**

# *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire*

*À mes chers parents*

*Qui ont été mes plus grands soutiens tout au long de ce parcours, je dédie ce mémoire ce mémoire avec gratitude et amour.*

*À Khewila SEMSOUMA qui m'a toujours encouragée à poursuivre mes rêves, je vous suis reconnaissante.*

*À mon frère ADLEN et mes sœurs HAFIZA et son fils KENZY, NERMINE, vous êtes ma source d'inspiration constante.*

*À mes précieux cousins et à toute ma famille.*

*À mes amis intimes MAYA ma moitié et YASSER votre amitié a été un phare dans les moments les plus sombres.*

*À mes amies CHIRAZ, HADJER, DJOUMANA, KAOUTER, mon binôme ABDO, pour ton soutien inestimable, ta collaboration exceptionnelle et ton engagement sans faille et la promo de 2024, nous avons partagé tant de souvenirs inoubliables, et je vous porte dans mon cœur.*

*À mon professeur et encadrant GANA MOHAMED, votre guidance et vos conseils ont été essentiels pour la réussite de ce mémoire. En fin à tous mes professeurs, je vous suis reconnaissante pour votre enseignement et votre inspiration.*

*Ce mémoire est le fruit de nos efforts collectifs et de notre détermination. Merci à vous tous pour avoir enrichi ce voyage académique de vos précieux contribution.*

*Boulainine Itidel*

## **Résumé**

La région Mouias, représente un ensemble phytogéographique très remarquable du point de vue de sa végétation forestière. L'action anthropique, les facteurs climatiques, et les incendies, sont les principales causes de la dégradation de cette végétation forestière.

La méthode adoptée pour étudier cette dynamique est basée sur les techniques de télédétection et de cartographie. L'objectif est de mettre en évidence l'ampleur des changements d'occupation du sol et du couvert forestier entre 1985 et 2023 à partir des images satellitaires (1985, 1997, 2009, 2023). Celles-ci, ont permis de faire une analyse spatiotemporelle de la dynamique de la végétation forestière.

Sur l'ensemble de la période analysée, de 1985 à 2023, l'analyse globale des changements détectés à l'échelle du forêt montre que 38 % de la surface totale des classes d'occupation du sol ont connu une stabilité alors que 62 % ont changé de catégorie. Ces changements sont le résultat d'une série des transformations historiques et socio-économiques.

**Mots clefs** : Forêt de Mouias, Télédétection, SIG, Occupation du sol.

## **Summary**

The Mouias region represents a very remarkable phytogeographical ensemble from the point of view of its forest vegetation. Anthropogenic action, climatic factors, and fires are the main causes of the degradation of this forest vegetation.

The method adopted to study this dynamics is based on remote sensing and mapping techniques. The objective is to highlight the extent of changes in land use and forest cover between 1985 and 2023 based on satellite images (1985, 1997, 2009, 2023). These made it possible to carry out a spatiotemporal analysis of forest vegetation.

Over the entire period analyzed, from 1985 to 2023, the overall analysis of changes detected at the forest scale shows that 38% of the total surface area of land use classes experienced stability while 62% have changed category. These changes are the result of a series of historical and socio-economic transformations.

**Keywords:** Mouias Forest, Remote sensing, GIS, Land use.

## ملخص

تمثل منطقة موياء مجموعة جغرافية مهمة من حيث الغطاء النباتي للغابات. يعد العمل البشري والعوامل المناخية والحرائق الأسباب الرئيسية لتدهور الغطاء النباتي في هذه المنطقة.

وتعتمد الطريقة المعتمدة لدراسة هذه الحركة على تقنيات الاستشعار عن بعد ورسم الخرائط. الهدف هو تسليط الضوء على مدى التغيرات في استخدام الأراضي والغطاء الحرجي بين عامي 1985 و2023 بناءً على صور الأقمار الصناعية (1985، 1997، 2009، 2023). هذه جعلت من الممكن إجراء تحليل الزماني المكاني لديناميكية الغطاء النباتي .

على مدار الفترة التي تم تحليلها بأكملها، من 1985 إلى 2023، يُظهر التحليل الشامل للتغيرات المكتشفة على مستوى منطقة الدراسة أن 38٪ من إجمالي مساحة الأراضي شهدت استقرارًا بينما تغيرت 62٪. هذه التغيرات هي نتيجة لسلسلة من التحولات التاريخية والاجتماعية والاقتصادية.

**الكلمات المفتاحية:** غابة موياء، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، استخدامات الأراضي.



## *Liste des Abréviations*

---

**ASTER:** Advanced Spacebone Thermal Emission and Reflection Radiometer.

**BD :** Base de Données.

**B:** Blue.

**ENVI:** Environment for Visualizing Images.

**Esri:** Environmental Systems Research Institute, Inc.

**FLAASH:** Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Hypercubes.

**GPS:** Global Positioning System.

**G :** Green.

**INCT :** Institut national de cartographie et de télédétection.

**IDL :** Interactive Data Language.

**MNT :** Le Modèle Numérique de Terrain.

**NASA:** National Aeronautics and Space Administration.

**NDVI:** Normalized Difference Vegetation Index.

**PIR :** proche Infra Rouge.

**R :** Red.

**SIG :** Système de l'Information Géographique.

**THR :** très haute résolution.

**USGS :** Institut des études géologiques Américain.

**UTM:** Universal Transverse Mercator.

**WGS 84:** World Geodetic System 1984.

## *Liste des Tableaux*

---

<b>Tableau 01 :</b>	Caractéristiques des images utilisées dans la classification supervisée .....	<b>18</b>
<b>Tableau 02 :</b>	Taux de changement d'occupation du sol entre 1985 et 1997 .....	<b>29</b>
<b>Tableau 03 :</b>	Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 1985 et 1997 en (ha)..	<b>29</b>
<b>Tableau 04 :</b>	Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 1985 et 1997 en (%)...	<b>30</b>
<b>Tableau 05 :</b>	Taux de changement d'occupation du sol entre 1997 et 2009.....	<b>31</b>
<b>Tableau 06 :</b>	Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 1997 et 2009 en (ha)..	<b>32</b>
<b>Tableau 07 :</b>	Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 1997 et 2009 en (%)...	<b>32</b>
<b>Tableau 08 :</b>	Taux de changement d'occupation du sol entre 2009 et 2023.....	<b>33</b>
<b>Tableau 09 :</b>	Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 2009 et 2023 en (ha)..	<b>35</b>
<b>Tableau 10 :</b>	Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 2009 et 2023 en (%)...	<b>35</b>

## Liste des Figures

---

<b>Figure 01 :</b>	Le lien entre l'occupation et l'utilisation du sol .....	2
<b>Figure 02 :</b>	Cadre conceptuel de la dynamique de l'occupation et de l'utilisation du sol.....	3
<b>Figure 03 :</b>	Les sept étapes du processus de télédétection.....	5
<b>Figure 04 :</b>	Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen. Source : (UVED, 2008).....	8
<b>Figure 05 :</b>	Structures de données dans un SIG.....	10
<b>Figure 06 :</b>	Situation géographique et administrative la forêt domaniale de Mouias .....	12
<b>Figure 07 :</b>	Carte du relief de la forêt domaniale de Mouias .....	13
<b>Figure 08 :</b>	Carte des précipitations annuelles de la forêt domaniale de Mouias (1970 –2000) ...	14
<b>Figure 09 :</b>	Quotient pluviothermique (Q2) de la forêt domaniale de Mouias (1970 –2000).....	14
<b>Figure 10 :</b>	Vue 3D d'un MNT.....	16
<b>Figure 11 :</b>	Exemple de sélection de sites d'entraînement (Region of Interest : ROI) pour la classification supervisée.....	20
<b>Figure 12 :</b>	Les zones "teste" pour l'établissement de la classification supervisée.....	22
<b>Figure 13 :</b>	Exemple d'analyse visuelle des compositions colorées et l'NDVI .....	23
<b>Figure 14 :</b>	Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (1985).....	24
<b>Figure 15 :</b>	Répartition des différents types d'occupation du sol (1985).....	24
<b>Figure 16 :</b>	Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (1997).....	25
<b>Figure 17 :</b>	Répartition des différents types d'occupation du sol (1997).....	25
<b>Figure 18 :</b>	Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (2009).....	26
<b>Figure 19 :</b>	Répartition des différents types d'occupation du sol (2009).....	26
<b>Figure 20 :</b>	Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (2023).....	27
<b>Figure 21 :</b>	Répartition des différents types d'occupation du sol (2023).....	27
<b>Figure 22 :</b>	Carte des changements d'occupation du sol de la zone d'étude (1985 et 1997).....	28
<b>Figure 23 :</b>	Répartition des différents types d'occupation du sol (1985 et en 1997) .....	29
<b>Figure 24 :</b>	Carte des changements d'occupation du sol de la zone d'étude (1997 et 2009).....	31
<b>Figure 25 :</b>	Répartition des différents types d'occupation du sol (1997 et en 2009).....	32
<b>Figure 26 :</b>	Carte des changements d'occupation du sol de la zone d'étude (2009 et 2023).....	34
<b>Figure 27 :</b>	Répartition des différents types d'occupation du sol (2009 et en 2023).....	34
<b>Figure 28 :</b>	Histogramme des superficies par classes.....	36
<b>Figure 29 :</b>	Taux de dynamique de l'occupation du sol pendant la période étudiée (1985,1997, 2009, et 2023).....	36

<b>Figure 30 :</b>	Normalized Burn Ratio Index (NBRI) de la zone d'étude (1997 et 2009).....	<b>37</b>
<b>Figure 31 :</b>	L'impact anthropiques : (A) - Le surpâturage(B) - L'accaparement des terres..	<b>37</b>
<b>Figure 32 :</b>	La zone qu'ils ont planté arbres de Frêne.....	<b>38</b>

# Sommaire

---

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Liste des Abréviations

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Introduction..... 1

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1 Concepts et définitions ..... 2

I.1.1 La cartographie ..... 2

I.1.2 La carte d'occupation et utilisation des sols ..... 2

I.1.3. Les changements d'occupation du sol et l'environnement..... 3

I.2 Les facteurs des changements d'occupation et d'utilisation du sol ..... 4

I.2.1. Les facteurs naturels ..... 4

I.2.2. Les facteurs anthropiques ..... 4

I.3. Apports des outils géomatiques pour cartographier l'occupation du sol..... 4

I.3.1 L'apport de la télédétection ..... 4

I.3.1.1 Définition et processus de la télédétection ..... 6

I.3.1.2 des données satellites ..... 6

Les données à haute résolution et très haute résolution spatiale..... 6

Les données à basse résolution spatiale ..... 7

Les données à moyenne résolution spatiale ..... 7

I.3.1.3 natures spectrales des principales surfaces naturelles ..... 7

I.3.1.4 Principe d'une classification en télédétection ..... 8

I.3.2 L'apport de Système d'Information Géographique (SIG)..... 9

I.3.2.1 Définition ..... 9

I.3.2.2. Fonctions du SIG ..... 9

I.3.2.3. La base de données géographique ..... 10

I.3.2.4. Application des SIG a la recherche environnementale ..... 11

## Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude ..... 12

II.1.1. Situation géographique et administrative ..... 12

II.1.2. Topographie..... 13

II.1.2. Climat ..... 13

II.2. Sources des données utilisées .....	15
II.2.1. Les images Landsat .....	15
II.2.2. Les images Sentinel-2 .....	15
II.2.3. Les images Google Earth.....	15
II.2.4. Le Modèle Numérique de Terrain (MNT).....	16
II.2.5. Les cartes topographiques et thématiques .....	16
II.3. Outils et Logiciels utilisés .....	17
II.3.1. ArcGIS (V10.8).....	17
II.3.2. ENVI (V5.3).....	17
II.4. Les missions de reconnaissance et mesures de terrain .....	17
II.5. méthode de traitement des données .....	18
II.5.1. Critères de choix des images satellitaires.....	18
II.5.2. Les Corrections géométrique.....	19
II.5.3. Les Corrections atmosphériques.....	19
II.5.4. L'analyse de séparabilité des classes.....	19
II.5.5. classification des images .....	20
II.5.6. Détection du changement .....	21
<b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>	
III.1 Résultat de la classification .....	22
III.1.1. Etat de l'occupation du sol en (1985) .....	24
III.1.2. Etat de l'occupation du sol en (1997) .....	25
III.1.3. Etat de l'occupation du sol en (2009) .....	26
III.1.4. Etat de l'occupation du sol en (2023) .....	27
III.2. Détection des changements spatio-temporels .....	28
III.2.1. Changements d'occupation du sol entre 1985 et 1997.....	28
III.2.2. Changements d'occupation du sol entre 1997-2009 .....	30
III.2.3. Changements d'occupation du sol entre 2009-2023 .....	33
III.3. Bilan final de changements .....	36
III.4. Facteurs préliminaires de changements .....	37
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>39</b>
Références Bibliographiques .....	40



---

# INTRODUCTION

---



## Introduction

La dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol est un domaine interdisciplinaire crucial pour comprendre les interactions entre les activités humaines et les environnements naturels. Elle est indispensable pour déterminer la nature et le mode d'intervention des communautés humaines qui modifient les formes d'utilisation globale des terres selon l'évolution de leurs besoins.

Les recherches et les analyses faites sur l'occupation et l'utilisation du sol forment une base d'information nécessaire et indispensable pour les responsables, les élus locaux, les décideurs et les planificateurs, afin de concevoir et réaliser des projets ciblés.

L'objectif central de cette étude est de montrer les potentialités des images satellites et le Système d'information géographique pour cartographier des changements d'occupation du sol dans la forêt domaniale de Mouias et son évolution spatio-temporelle pour une durée de 38 ans (entre 1985 et 2023). Une chaîne d'indicateurs de changement sera mise en place pour mesurer les transformations de manière quantitative.

Du point de vue méthodologique, les méthodes classiques utilisant les photographies aériennes ne permettent pas d'avoir une vision synoptique de la dynamique d'occupation des sols et de ses conséquences. Dans ce type de réflexion, la télédétection spatiale par le nombre élevé de données, par la répétitivité de l'acquisition de ces données, et par l'homogénéité synoptique conférée aux informations transmises, trouve une place privilégiée comme un outil performant de suivi les changements (Bensaid, 2006). De plus, Les SIG permettent en effet d'intégrer des données de nature et de sources variées dans des bases d'information géographique cohérentes et de mettre en œuvre des outils puissants pour le traitement statistique et l'analyse spatiale de ces données.

Ce manuscrit s'organise en trois (03) chapitres : dans le premier chapitre nous abordons, à partir de l'analyse de la littérature scientifique, les concepts liés à l'utilisation des Outils géomatiques pour cartographier les changements d'occupation du sol. Le deuxième sera consacré les sources des données utilisées et les outils employées. Alors que le troisième présente les résultats obtenus ainsi que les évolutions observées.

Au terme de cette étude, la conservation des forêts de la wilaya de Mila trouvera à sa disposition une cartographie détaillée, accompagnée d'une base de données SIG. Cette base de données permettra aux décideurs de disposer d'informations précises et actualisées pour la gestion efficace de la forêt domaniale de Mouias.





---

# CHAPITRE I

---

Synthèse bibliographique



## Chapitre I : Synthèse bibliographique

### I.1. Concepts et définitions

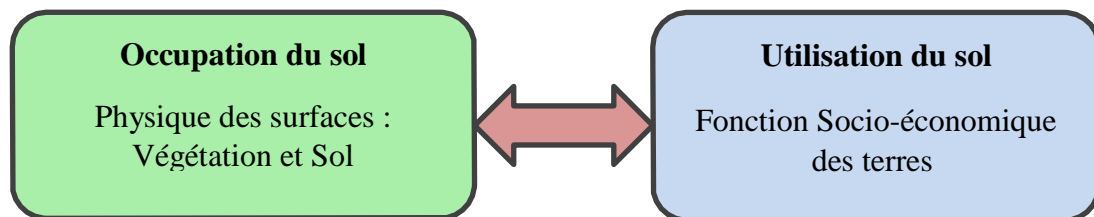
#### I.1.1. La cartographie

La cartographie comprend l'ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques, intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation en vue de l'élaboration et l'établissement de cartes, plan et autres modes d'expressions ainsi que leur utilisation (Girard, 1999).

Elle constitue un outil de premier plan pour le gestionnaire. Cette discipline a connu d'énormes évolutions technologiques au cours de la dernière décennie (SIG, télédétection, GPS, internet,...).

#### I.1.2. La carte d'occupation et utilisation des sols

L'occupation et l'utilisation du sol sont deux termes souvent confondus, elles ont des traits communs, mais leurs définitions ne sont pas identiques, l'occupation du sol fait référence à la couverture physique de la surface terrestre (fig.01), tandis que l'utilisation du sol fait référence à l'anthropisation des surfaces terrestres et plus particulièrement à la fonction socio-économique des surfaces (Brown *et al.*, 2004).



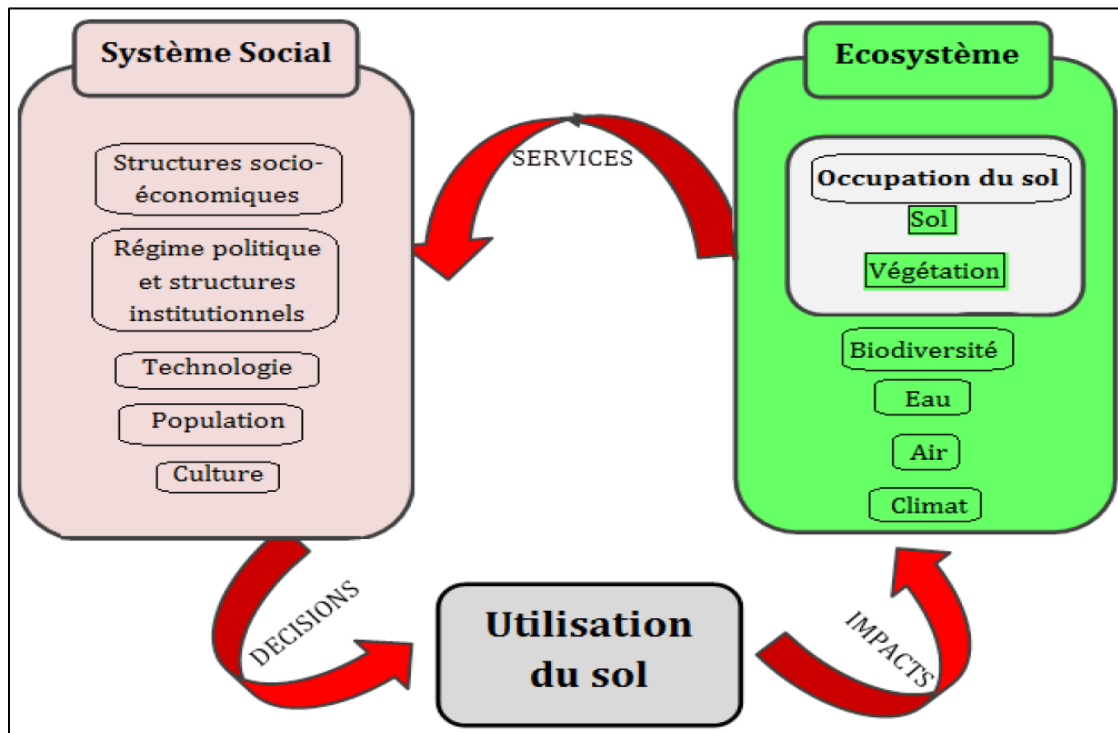
**Figure 01** : Le lien entre l'occupation et l'utilisation du sol

Donc, entre l'occupation du sol et l'utilisation du sol, il existe des corrélations physiques qui se traduisent par les fortes relations entre la distribution des habitants, des aménagements, du bâti d'une part et d'autre part les caractéristiques du milieu surtout naturel. Or, il existe aussi une forte corrélation entre le comportement des acteurs (groupe social) et les données économiques, c'est-à-dire les choix assignés par l'homme aux espaces productifs, forestiers... ainsi qu'aux infrastructures et espaces non productifs (Ben Salem, 1996).

En télédétection, les propriétés mesurées se rapportent à la couverture du sol (occupation), à partir de laquelle l'utilisation du sol peut être déduite à l'aide de données auxiliaires ou de connaissances préalables du terrain (Samaali, 2011).

### I.1.3. Les changements d'occupation du sol et l'environnement

Les changements d'occupation et d'utilisation des sols occupent aujourd'hui une place centrale dans le fonctionnement des systèmes terrestres (biosphère, atmosphère, hydrosphère et lithosphère). Les activités humaines sur le milieu naturel se reflètent directement dans l'occupation et l'utilisation des sols (Figure 02). L'Homme tient actuellement une place prépondérante au niveau des changements d'occupation des sols, puisqu'il contrôle la plus grande partie des surfaces terrestres (Lambin *et al.*, 2001). Entre un tiers et la moitié des surfaces terrestres ont été transformées par l'Homme. Depuis la révolution industrielle, les changements d'occupation et d'utilisation du sol se sont accélérés, et contribuent au changement global.



**Figure 02** : Cadre conceptuel de la dynamique de l'occupation et de l'utilisation du sol

## **I.2. Les facteurs des changements d'occupation et d'utilisation du sol**

On appelle facteur de changement tout élément naturel ou d'origine humaine qui induit directement ou indirectement un changement dans l'occupation du sol. On peut donc distinguer :

### **I.2.1. Les facteurs naturels**

Le changement climatique a une influence sur les décisions humaines et entraîne des processus complexes menant à des changements d'occupation et d'utilisation du sol. Un changement d'occupation et d'utilisation du sol qui est déclenché par l'homme peut être renforcé ou compensé par des facteurs naturels.

### **I.2.2. Les facteurs anthropiques**

Les activités humaines sont la principale cause de changement d'occupation et d'utilisation du sol. L'homme prend des décisions s'appliquant à différentes échelles (global au local). Les facteurs de changement peuvent être directs (la déforestation, l'urbanisation, l'agriculture intensive,...) ou indirectes, les causes du changement s'inscrivant alors dans un contexte plus large qui mettent en jeu des processus complexes dépendant du système social (Geist et Lambin, 2002).

## **I.3. Apports des outils géomatiques pour cartographier l'occupation du sol**

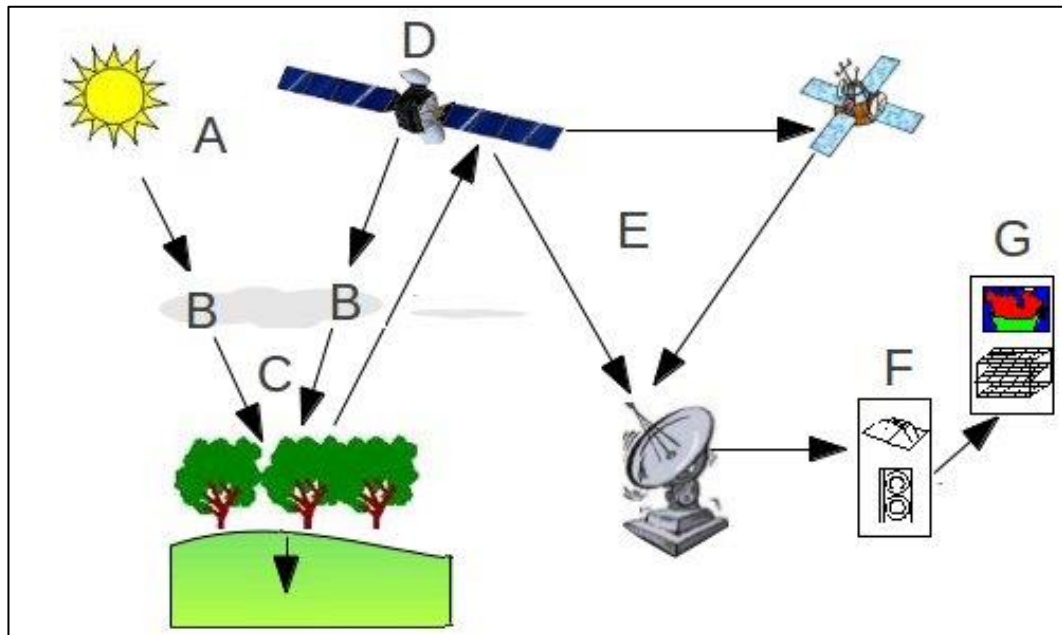
La cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol dépend du type de données utilisées mais également des méthodes appliquées pour identifier et caractériser les changements

### **I.3.1. L'apport de la télédétection**

#### **I.3.1.1 Définition et processus de la télédétection**

La télédétection est définie par le Centre Canadien de Télédétection, comme « la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information. » Centre Canadien de Télédétection, 2015).

Le processus de la télédétection implique deux processus principaux pour une opération de télédétection réussie qui sont l'acquisition et l'analyse des données (Soltana, 2021)



**Figure 03** : Les sept étapes du processus de télédétection

- Source d'énergie ou d'illumination (A) - À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.
- 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) -L'énergie diffusée ou émise par la cible, 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. (Benmostefa, 2012)

Aujourd'hui, les images de télédétection constituent une source importante d'informations pour plusieurs applications comme l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol et les études climatiques. Le domaine d'application couvre aussi les sciences environnementales, l'urbanisme, la géologie, l'agriculture. Les applications sont alors diverses :

- ✓ La cartographie de l'occupation et de l'utilisation des sols, et de leur dynamique, pour les politiques publiques et les questions environnementales.
- ✓ L'estimation des variables biophysiques et les bilans du carbone et de l'eau.
- ✓ La cartographie des pratiques agricoles et des systèmes de culture, pour la modélisation des exploitations agricoles.
- ✓ Prévention et gestion des risques environnementaux.

#### **I.3.1.2. Les données satellites**

La diversité des résolutions spatiales, spectrale, et temporelles des capteurs optiques de satellites permet d'envisager des suivis de l'occupation des sols, de l'échelle globale à l'échelle locale. Les données satellites subdivisé en 3 classes :

##### **➤ Les données à haute résolution et très haute résolution spatiale**

Les images à haute résolution permettent d'observer des objets spatiaux de petites tailles. Les capteurs de SENTINEL-2, et SPOT ont de manière générale une résolution spatiale inférieure à 10 m. Ils permettent d'observer des paysages hétérogènes et d'envisager un suivi spatial détaillé des objets.

Les images à très haute résolution, inférieure à 5 m, ont une couverture spatiale très limitée : (13,1 km x 13,1 km) pour WorldView, (11 km x 11 km) pour Ikonos, et (16,5 km x 16,5 km) pour Quickbird.

La résolution temporelle est en moyenne inférieure à 3 jours, grâce au système de dépointage, mais la répétitivité des acquisitions sans couverture nuageuse est d'autant réduite que le champ de visée diminue. Elles sont essentiellement utilisées en urbanisme et pour des thématiques nécessitant une définition précise des objets spatiaux (Wu *et al.*, 2008).

### ➤ Les données à basse résolution spatiale

Les données à basse résolution spatiale à une taille de pixel supérieure ou égale au kilomètre. L'angle d'ouverture de ces capteurs permet d'obtenir des observations tous les 1 à 2 jours en fonction de la latitude. Les capteurs fournissant des images à basse résolution spatiale ne sont pas utilisés pour effectuer des suivis à l'échelle locale.

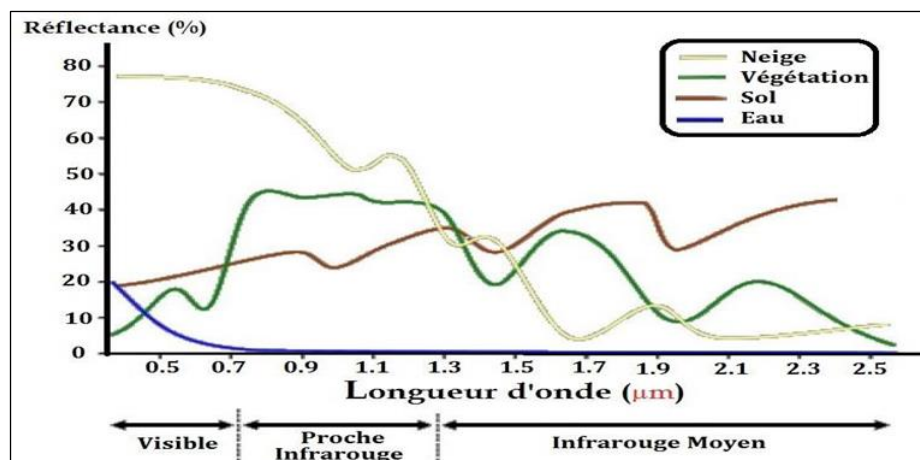
En revanche, elles permettent de cartographier des grands types d'occupation et d'utilisation du sol à l'échelle globale. Par ailleurs, les séries temporelles d'images à basse résolution spatiale sont largement utilisées à l'échelle globale, continentale pour étudier les changements saisonniers de la couverture végétale (Maignan *et al.*, 2008)

### ➤ Les données à moyenne résolution spatiale

La résolution spatiale moyenne est définie ici comme une résolution intermédiaire entre la haute résolution spatiale et la basse résolution kilométrique (Lecerf, 2008). Actuellement, seuls les capteurs MERIS et MODIS peuvent être qualifiés de capteur à moyenne résolution. La taille du pixel, entre 250-300 m, devrait permettre d'envisager une étude des paysages fragmentés (Lecerf, 2008).

#### I.3.1.3. natures spectrales des principales surfaces naturelles

Les capteurs permettent de distinguer divers types de surfaces naturelles caractérisées par des courbes de réflectance spectrale qui leur sont propres ; on parle alors de « signature spectrale » (Schowengerdt, 2006). Chaque surface possède une signature spectrale (quantité d'énergie émise ou réfléchiée en fonction de la longueur d'onde) qui lui est propre et qui permettra son identification sur les images satellitaires. La figure ci-dessous présente la signature spectrale des principales surfaces naturelles (Fig.04).



**Figure 04** : Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen. Source : (UVED, 2008).

### I.3.1.4. Principe d'une classification en télédétection

Une classification consiste à regrouper les éléments d'une image en fonction de leurs correspondances, généralement, l'association des éléments se fait en fonction de leurs valeurs radiométriques, les pixels d'une image à des catégories, ou classes, prédéfinies ou non par un opérateur. Cette association est réalisée à partir d'un algorithme de classification, qui utilise en général la signature spectrale des cibles pour les associer à une classe. Il existe pour les classifications en télédétection deux types d'approches à distinguer, la classification **supervisée**, et la classification **non supervisée**.

- Lors d'une **classification supervisée**, un opérateur identifie des zones d'intérêts représentatives des surfaces qu'il souhaite classer (eau, forêt ...). Ces zones d'intérêts vont permettre, avec un algorithme choisi, de déterminer les caractéristiques spectrales des classes. L'algorithme va ensuite classer le reste de l'image en fonction des correspondances trouvées avec ces caractéristiques spectrales. Cette approche laisse la liberté à l'opérateur de choisir les classes voulues. Elle l'oblige ainsi à connaître au préalable sa zone d'étude.
- Une classification **non supervisée** quant à elle ne laisse pas cette liberté à l'opérateur. Un algorithme de classification va classer directement une image. L'opérateur peut cependant définir quelques paramètres (nombre de classes souhaitées, variance maximale au sein d'une classe...).

## I.3.2. L'apport de Système d'Information Géographique (SIG)

### I.3.2.1. Définition

Un système d'information géographique (SIG) est un moyen de gestion de base de données conçu pour saisir, stocker, manipuler, analyser, combiner et afficher des données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes complexes de gestion et de planification (Fischer *et al.*, 1993). Un système d'information géographique est un ensemble organisé de matériels informatiques, de logiciels, de données géographiques et de personnel capable de saisir, stocker, mettre à jour, manipuler, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement référencées.



Les SIG sont des outils d'aide à la décision, ils contribuent à une meilleure gestion des aléas naturels et des problèmes environnementaux. Ces systèmes utilisent des données spatiales issues de plusieurs moyens d'acquisition (la topométrie, la géodésie, la photogrammétrie, la télédétection,...).

### I.3.2.2. Fonctions du SIG

Les SIG nous permettent d'établir les liens complexes entre les différents types d'informations issues de sources variées, comme la géographie, la géologie, la géomorphologie, la pédologie, la phytogéographie, la météorologie, l'analyse d'utilisation du sol, ...etc, les informations sont organisées en couches de données qui peuvent être superposées, mises en interaction ou isolées (Fig.05). Les données peuvent être organisées en raster (cellule de grille) ou en vecteur (polygone, poly-ligne et point).

L'intégration de données à travers des différentes couches d'information permet d'effectuer une analyse spatiale rigoureuse. Cette analyse par croisement d'informations, nécessite souvent le croisement avec des informations alphanumériques. Croiser la nature d'un sol, sa déclivité, la végétation présente avec les propriétaires, est un exemple d'analyse sophistiqué que permet l'usage d'un SIG.

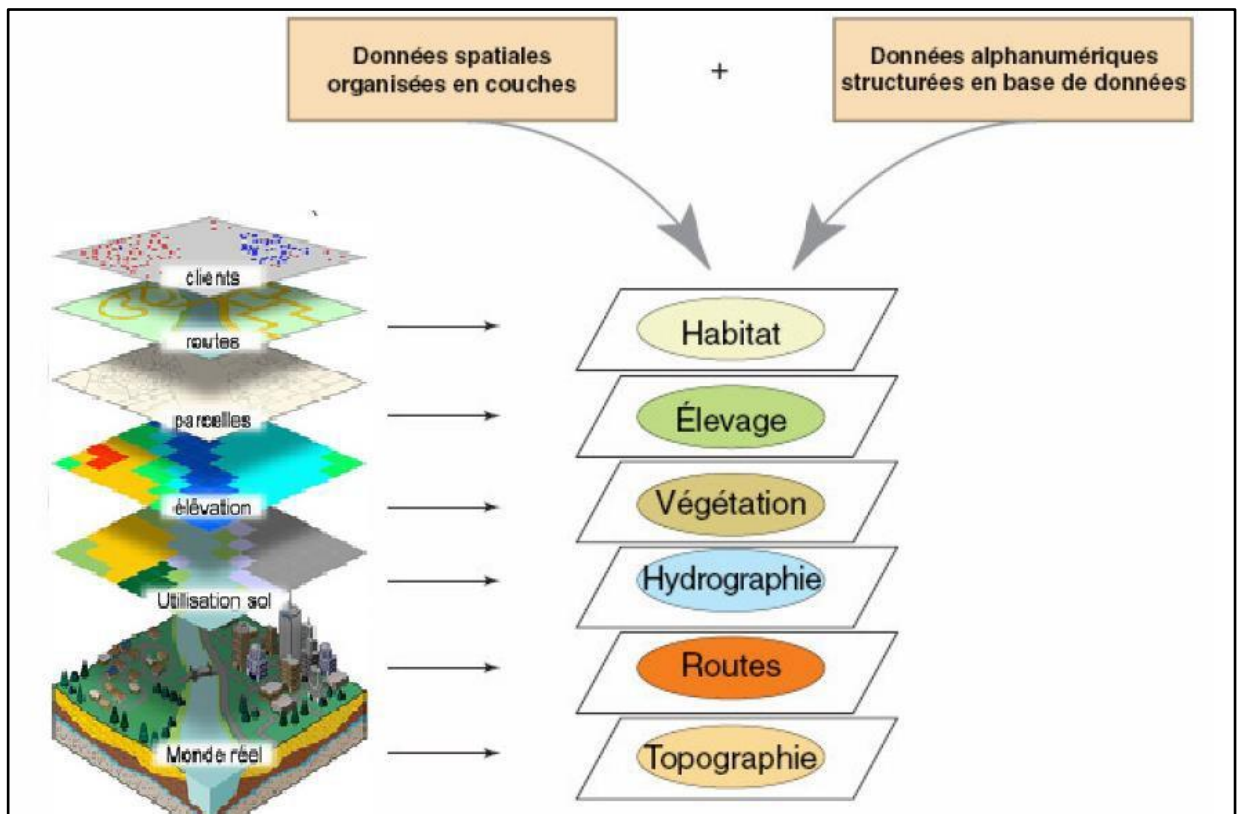


Figure 05 : Structures de données dans un SIG

### **I.3.2.3. La base de données géographique**

Une base de données peut être définie comme étant une collection informatique de données opérationnelles stockées qui servent les besoins de multiples utilisateurs dans un ou plusieurs organismes.

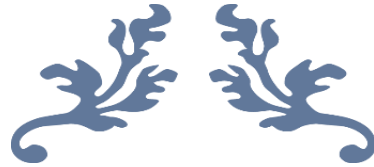
Une base de données (BD) est caractérisée par sa structure qui permet à la fois l'enregistrement et l'accès aux données correspondant à des faits ou à des événements se rapportant à un organisme ou à un phénomène. Elle présente une masse d'informations brutes ou traitées permettant d'alimenter un système, leur synthèse apportant des connaissances plus exploitables (Tietse, 1996). Plus simplement, une base de données est tout ensemble de connaissances classées sous forme de fichiers et consultables à partir de critères précis.

### **I.3.2.4. Application des SIG a la recherche environnementale**

Les SIG ont été largement appliqués aux plusieurs aspects de la recherche: Gestion, suivi et planification de l'environnement; cartographie, analyse et modélisation spatiales ; Evaluation du risque naturel .Cependant, une grande partie de l'utilité des SIG réside dans leur efficacité pour la gestion et la mise en œuvre des données spatiales.

L'utilisation d'une analyse statistique spatiale avancée, intégrant d'une manière synthétique divers genres d'information spatiale, et permettant de traiter de nombreuses données spatiales à l'échelle régionale voire globale, pourrait être fort utile.

L'objectif final de l'application des SIG est de participer à la prise de décision des dirigeants, en s'appuyant sur une analyse synthétique. Par conséquent en intégrant la télédétection et les données géographiques, les SIG constituent un outil puissant pour surveiller et modéliser l'environnement (Kefifa, 2014).



---

# CHAPITRE II

---

Matériels et Méthodes



## Chapitre II : Matériels et méthodes

### II.1. Présentation de la zone d'étude

#### II.1.1. Situation géographique et administrative

La forêt domaniale de Mouias est située au Nord-Est de la wilaya de Mila, comprise entre les coordonnées géographiques  $36^{\circ}32'43''$  et  $36^{\circ}34'58''$  Nord et  $06^{\circ}24'10''$  et  $06^{\circ}28'33''$  Est (fig.06). Elle s'étend sur une superficie de 1778 ha et partagée administrativement entre deux communes : Grarem Gouga (Mila) et Chebbala Milat (Jijel).

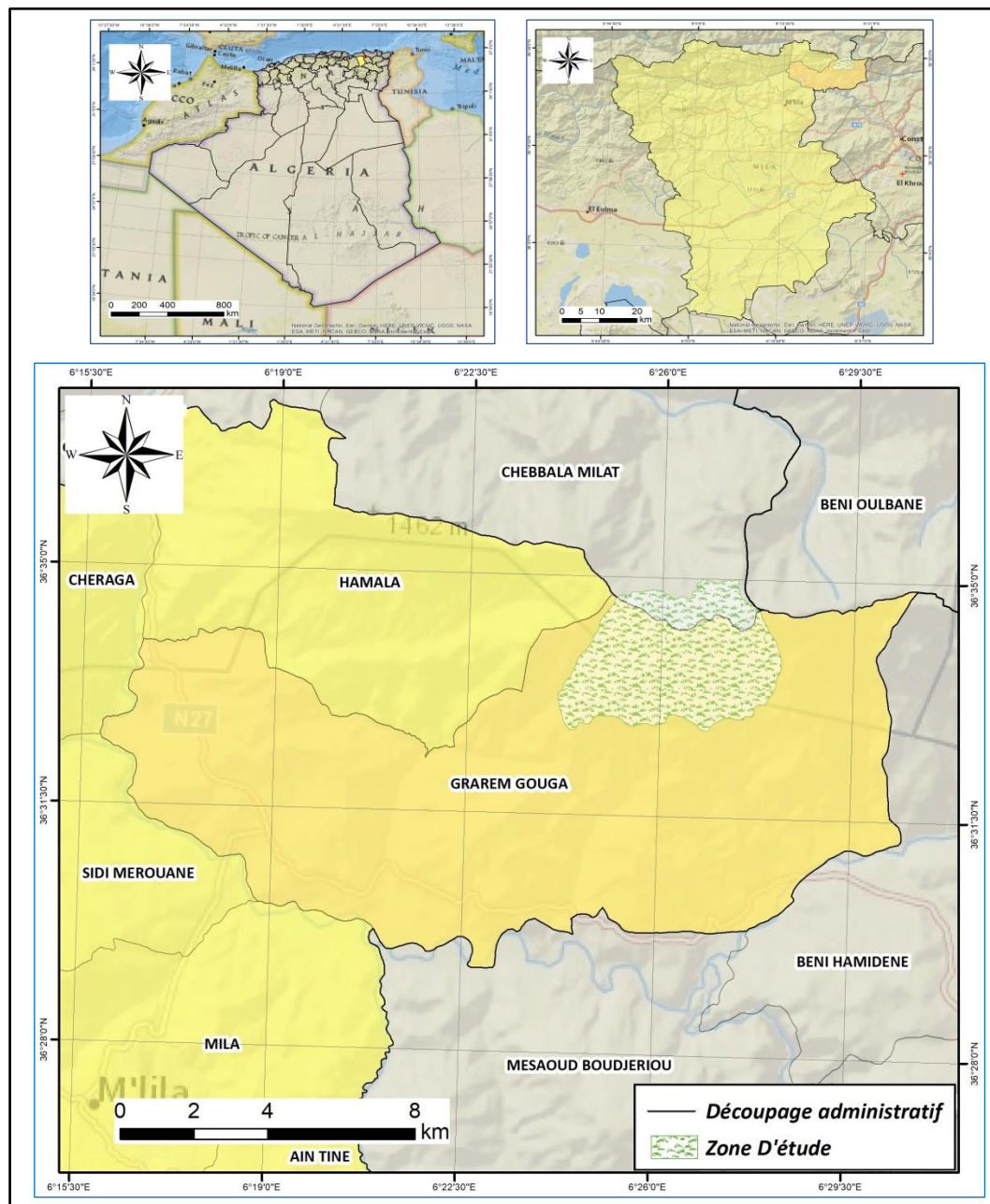


Figure 06 : Situation géographique et administrative la forêt domaniale de Mouias.

### II.1.2. Topographie

Le cadre physique de la zone d'étude est marqué à l'Ouest par la dorsale calcaire du M'cid Aicha dans le territoire de Hamala et par le massif gréseux de la région de Mouias au Nord, au Sud par Oued Rhumel et l'Est par Djebel Sidi Driss.

Les altitudes dans la forêt domaniale de Mouias sont comprises entre 632m et 1239m, avec une altitude moyenne de 904 m (fig.07).

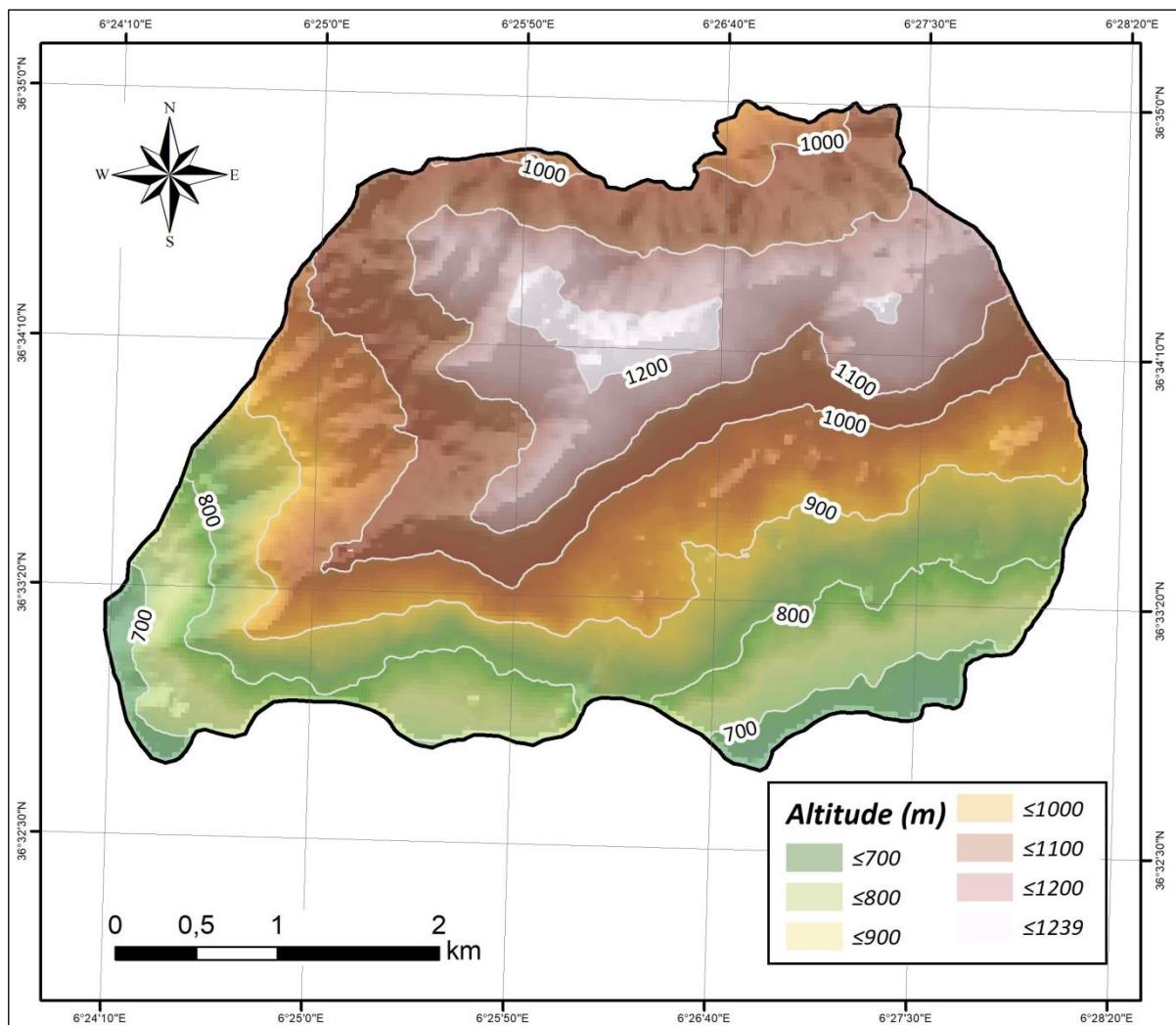


Figure 07 : Carte du relief de la forêt domaniale de Mouias.

### II.1.2. Climat

La zone d'étude fait partie de domaines bioclimatiques humides. Les précipitations sont importantes mais irrégulièrement dans le temps et dans l'espace. La moyenne pluviométrique annuelle varie de 900 à 1100 mm/an (fig.08-09)

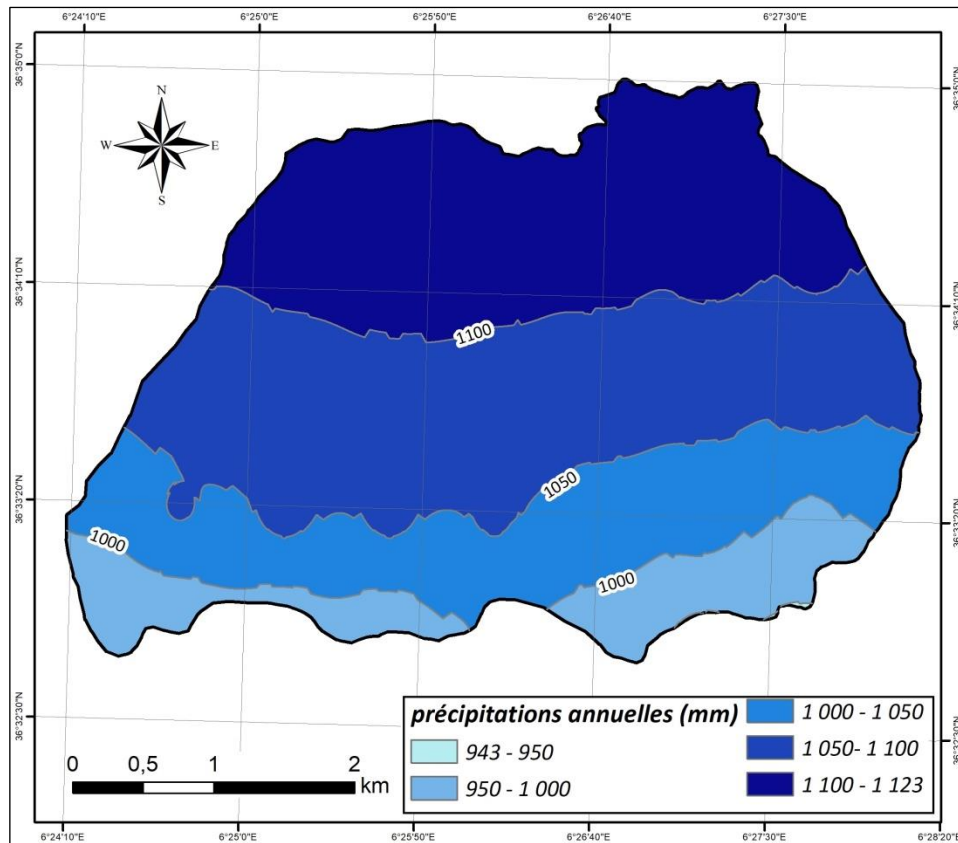


Figure 08 : Carte des précipitations annuelles de la forêt domaniale de Mouias (1970 – 2000)

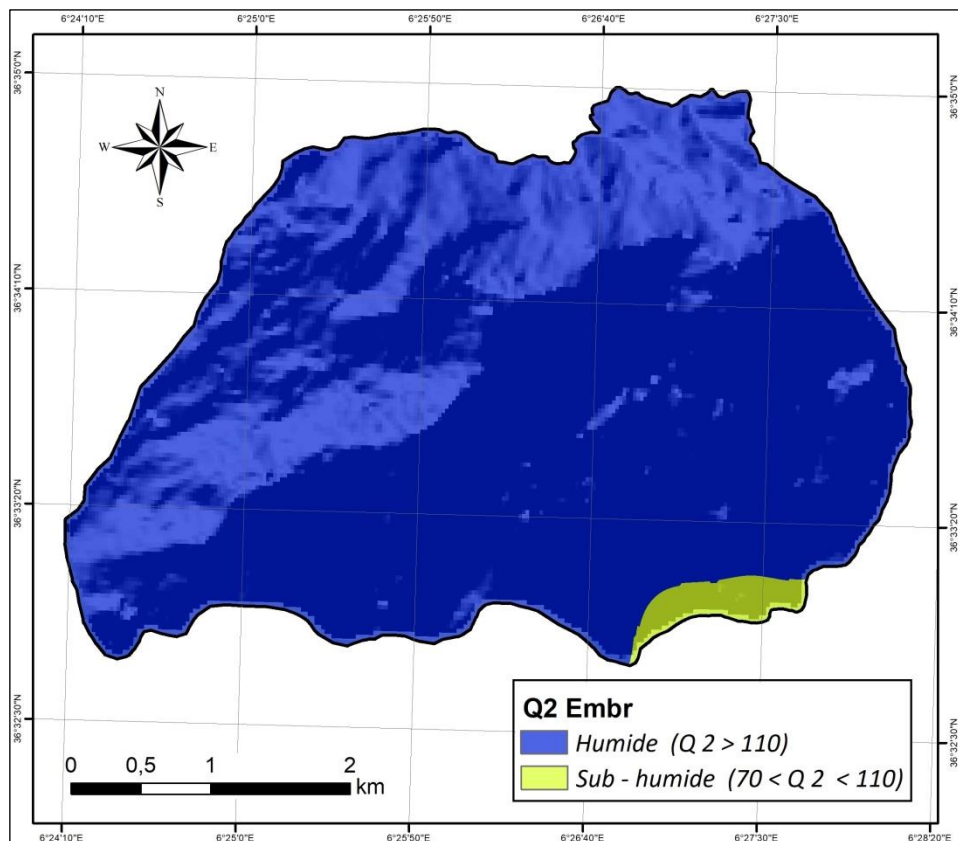


Figure 09 : Quotient pluviothermique ( $Q_2$ ) de la forêt domaniale de Mouias (1970 – 2000)

## **II.2. Sources des données utilisées**

### **II.2.1. Les images Landsat**

Le programme américain Landsat est le premier programme spatial d'observation de la terre dédié à des fins civiles. Il est développé par la NASA et l'Institut des études géologiques Américain (USGS). huit satellites Landsat ont été lancés entre 1972 et 2013 et un neuvième le 27 Septembre 2021. Les instruments embarqués sur les satellites Landsat ont permis de capturer plusieurs millions d'images. Celles-ci constituent des ressources uniques pour l'étude des changements climatiques, la cartographie d'occupation et l'utilisation des sols, et dans d'autre domaines comme : l'agriculture, la sylviculture.

### **II.2.2. Les images Sentinel-2**

Depuis juin 2015, le satellite Sentinel-2A tourne autour de la terre repassant inlassablement tous les 10 jours au-dessus de chaque point de notre planète. Avec le lancement de Sentinel-2B, cette période de revisite sera divisée par 02, soit une image tous les 05 jours. Cela va augmenter nos chances d'avoir des images sans nuage aux stades clés de la croissance des cultures pour déterminer la fraction de sol nu, couvert vert, surface foliaire à l'intérieur des parcelles agricoles.

L'instrument des Sentinel-2 a été spécialement conçu pour observer la végétation terrestre. Il mesure les quantités d'énergies dans 13 bandes spectrales avec une résolution au sol entre 10 (Bandes R,G,B et pIR) et 60 m. Sa revisite temporelle inédite est cruciale pour cartographie et suivi des cultures.

### **II.2.3. Les images Google Earth**

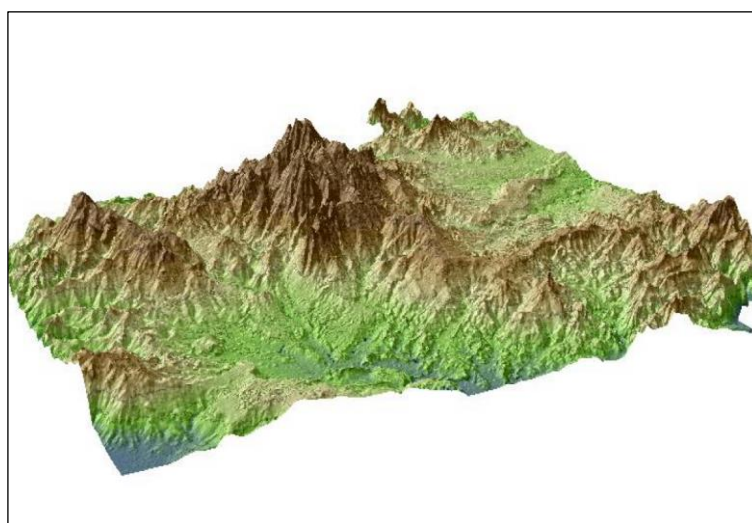
Les images Google Earth constituent un outil important dans la cartographie de l'occupation du sol ainsi que dans la planification et la gestion des ressources ; elles sont descriptives et apportent une information spatiale, beaucoup plus importante par rapport aux autres sources d'information. Il est nécessaire pour pouvoir travailler à une échelle aussi précise de disposer d'outils appropriés. Le lancement de satellites à très haute résolution spatiale (THR) comme : Ikonos, Worldview-2 et QuickBird (Les principaux fournisseurs des clichés pour Google Earth) permet de travailler sur des images dont la résolution est au mieux métrique.

#### II.2.4. Le Modèle Numérique de Terrain (MNT)

Un modèle numérique de terrain (MNT) est une représentation numérique spatialisée de l'altitude. Le modèle numérique de terrain utilisé dans notre étude est le GDEM (Global Digital Elevation Model) du satellite ASTER « Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer », Ce MNT gratuit à une résolution d'une seconde d'arc soit environ 30 mètres à l'équateur. Sa distribution est faite en format GeoTiff de (1° x 1°) avec le système de coordonnées géographiques WGS84.

A partir du MNT on peut créer une représentation 3D de la surface de la zone d'étude (fig.10). Ce MNT permet ainsi :

- Extraction des paramètres du terrain.
- Tracés des profils topographiques.
- Modélisation de l'écoulement de l'eau ou de la masse du mouvement.
- Création de cartes en relief (pente, exposition...).



**Figure 10** : Vue 3D d'un MNT.

#### II.2.5. Les cartes topographiques et thématiques

L'ensemble des cartes topographiques de l'INCT (Institut national de cartographie et de télédétection) couvrant de différentes parties de la zone d'étude ont été rassemblées, ces cartes sont un outil de référence, montrant les contours d'une sélection de caractéristiques naturelles et artificielles de la terre, agit souvent comme un cadre pour d'autres sources informations. La carte topographique de la zone d'étude est un



document très important dans la lecture des formations spatiales de la zone d'étude et aussi dans l'explication de certains dysfonctionnements.

### **II.3. Outils et Logiciels utilisés**

#### **II.3.1. ArcGIS (V10.8)**

ArcGIS est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG) développés par la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.). ArcGIS Desktop est un système complet, intégré et à géométrie variable conçu pour répondre aux besoins d'une grande variété d'utilisateurs SIG, ce qui nous permet de :

- Créer, partager et utiliser des cartes intelligentes
- Rassembler les informations géographiques
- Créer et gérer des bases de données géographiques
- Résoudre des problèmes avec l'analyse spatiale
- Créer des applications basées sur la carte
- Communiquer et partager des informations grâce à la puissance de la géographie et de la visualisation.

#### **II.3.2. ENVI (V5.3)**

ENVI (Environment for Visualizing Images) est un logiciel de traitement d'images performant et puissant. Il répond aux besoins des utilisateurs d'images satellites (optiques et radars). Le logiciel ENVI est développé par le langage de programmation IDL (Interactive Data Language). Donc, en maîtrisant le langage IDL, nous pouvons ajouter d'autres fonctionnalités à ENVI (d'autres menus). ENVI fournit des outils pour la visualisation, le géo-référencement, les prétraitements, la classification et l'analyse des images satellitaires. Il répond à la plus part des exigences de base nécessaires pour le traitement d'une image.

### **II.4. Les missions de reconnaissance et mesures de terrain**

L'utilisation des supports cartographiques engendre des informations incertaines qui ne peuvent être levées que par un renforcement d'observations et de mesures sur terrain. Plusieurs missions de reconnaissance de terrain ont été effectuées pour le repérage et la

connaissance d'un certain nombre de parcelles représentatives des différents types d'occupation du sol. Pour chaque relevé, des observations et des mesures ont été effectuées :

- Description générale du relevé : localisation, pente et type de sol.
- Reconnaître et définir les différentes formations végétales et les autres unités thématiques.
- Vérifier les résultats de l'interprétation visuelle des images satellites et apporter des précisions pour les zones difficiles à interpréter.
- Noter l'impact de l'action humaine sur le milieu naturel, les changements et dégradations observées.

## II.5. méthodes de traitement des données

### II.5.1. Critères de choix des images satellitaires

Les dates de prises de vue ont été choisies en fonction des stades végétatifs. Un intervalle de temps de l'ordre de 12 à 14 ans (1985-1997, 2009-2023) a été jugé intéressant pour la mise en évidence des changements du couvert végétal.

La date de prise de vue des images a été choisie en saison sèche, de manière à éviter une confusion dans la reconnaissance des espèces ligneuses avec les surfaces couvertes en d'herbacées (espèces annuelles). Durant cette saison (période de différenciation maximale des éléments d'occupation du sol), les ligneux sont encore en activité chlorophyllienne et se distinguent bien spectralement des herbacées sèches. Donc, Nous avons opté pour la saison sèche (Août), car la majorité des cultures comme la céréaliculture durant cette saison sont dépourvu de chlorophylle.

**Tableau 01:** Caractéristiques des images utilisées dans la classification supervisée.

<i>ID</i>	<i>Satellite</i>	<i>Date de prise de vue</i>
<i>LT05_L1TP_193035_19850829_20200918_02_T1</i>	<i>Landsat 5</i>	<i>29-08-1985</i>
<i>LT05_L2SP_194035_19970805_20200910_02_T1</i>	<i>Landsat 5</i>	<i>05-08-1997</i>
<i>LT05_L2SP_193035_20090831_20200825_02_T1</i>	<i>Landsat 5</i>	<i>31-08-2009</i>
<i>S2B_MSIL2A_20230819T101609_N0509_R065_T32SKF_20230819T134017</i>	<i>Sentinel-2</i>	<i>19-08-2023</i>

### II.5.2. Les Corrections géométrique

La qualité des corrections géométriques des images est très importante pour la détection de changements. Ces corrections permettent la comparaison des scènes positionnées dans le même référence géographique (WGS 1984, UTM Zone 31 Nord), ainsi que leur superposition à la base de données ortho-photos ou à d'autres sources de données vectorielles.

Les images téléchargées (Landsat TM-1985-1997-2009, et Sentinel-2 2023) sont ortho-rectifiées et accompagnées d'un fichier de géoréférencement en Universal Transverse Mercator (UTM).

### II.5.3. Les Corrections atmosphériques

La diffusion, l'absorption et la réfraction sont les trois principales sources de perturbation du signal provenant de l'atmosphère. A partir de modèles de corrections atmosphériques, il est possible de corriger partiellement ces effets. Cependant il faut noter que ces modèles de corrections restent encore approximatives car elles reposent sur des hypothèses simplificatrices (Corgne, 2004). Il est indispensable que toutes les scènes soient normalisées pour que les données soient comparables.

Les corrections atmosphériques sont indispensables pour effectuer des comparaisons multi-dates entre des images provenant du même capteur ou de satellites différents (Samaali, 2011).

Plusieurs méthodes sont utilisées dans la correction atmosphérique. Selon plusieurs auteurs, la méthode FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes*) est la meilleure expression des deux variables (luminance et réflectance) et aussi la plus précise par rapport aux autres méthodes de correction atmosphérique. A l'aide du logiciel ENVI 5.3 on a converti les valeurs numériques de nos images en valeurs de luminance pour ensuite les calibrer en réflectance.

### II.5.4. L'analyse de séparabilité des classes

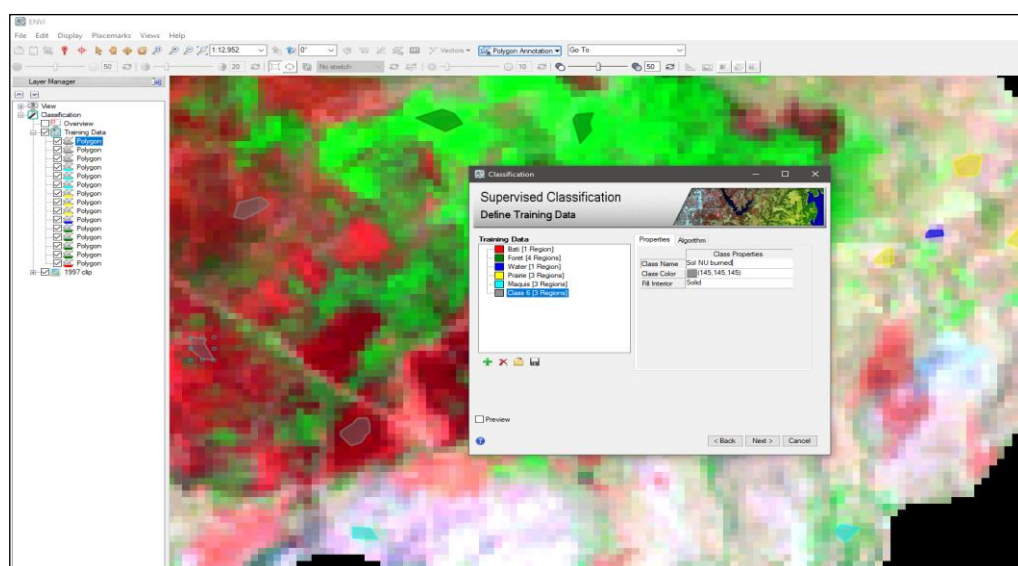
Avant d'entamer la procédure de la classification, nous avons fait une analyse statistique de séparabilité des différentes parcelles d'entraînement pour l'ensemble des images de chaque scène afin d'identifier les similarités entre les signatures spectrales.

Les méthodes de calcul de la distance spectrale interclasse fournissent des statistiques qui varient entre 0 et 2. et indiquent à quel point les paires sont statistiquement séparées. En effet, les valeurs supérieures à 1.9 indiquent que les paires de classes sont statistiquement bien séparées. Toutefois, pour les paires dont la valeur est inférieure à (<1.5), il est recommandé soit de les éditer ou de les combiner en une seule classe (Richards et Jia, 1999).

### II.5.5. classification des images

La classification est un processus de reconnaissance de forme. En télédétection, elle consiste à établir la correspondance entre les éléments d'une scène de l'image qui sont définis par leurs valeurs radiométriques et des classes connues a priori ou non par l'utilisateur (Ducrot, 2005). Deux principaux types d'approches peuvent être distingués: les classifications non supervisées qui ne requiert a priori aucune connaissance et observations sur le terrain étudié, et les classifications supervisées qui au contraire demandent des relevés in situ précis, ou une expertise de l'occupation du sol.

Nous avons choisi d'utiliser L'algorithme Maximum Likelihood (Maximum de vraisemblance) pour la classification supervisé sur l'ensemble de la zone d'étude. Cet algorithme nécessite la sélection de parcelles d'entraînement. Il permet de classer les pixels inconnus en calculant pour chacune des classes la probabilité pour que le pixel tombe dans la classe qui a la plus forte probabilité. Si cette valeur d'appartenance est trop faible, le pixel est considéré comme non-classifié ou attribué à une classe inconnue.



**Figure 11** : Exemple de sélection de sites d'entraînement (Region of Interest : ROI) pour la classification supervisée.

Pour éliminer les petits points, nous avons appliqué à l'image classifiée, trois opérations de filtrage à savoir : *Sieve classes* (pour éliminer les pixels isolés) ; *Clump classes* (pour homogénéiser les classes) ; *Majority/minority/analysis* (pour lisser les classes après l'opération clump classes).

### **II.5.6. Détection du changement**

La détection de changements est : « la procédure d'identification des différences d'état d'un objet ou d'un phénomène en l'observant à des moments différents » (Singh, 1989). De nombreux travaux de recherche ont recours aux potentialités de la télédétection pour le suivi et l'analyse des changements de la surface terrestre ainsi que de leurs conséquences comme : (la dégradation du couvert végétal, l'expansion du bâti .... etc.).

Nous avons utilisés la méthode post-classificatoire qui est basée sur la comparaison d'images de différentes dates d'une même scène, classées indépendamment. Cette méthode a pour avantage de limiter les erreurs liées à la comparaison de classifications indépendantes tout en identifiant la nature des changements. En outre, elle offre la possibilité d'intégrer dans une base de données, des données de nature différente.



---

# CHAPITRE III

---

Résultats et Discussion



## Chapitre III : Résultats et discussion

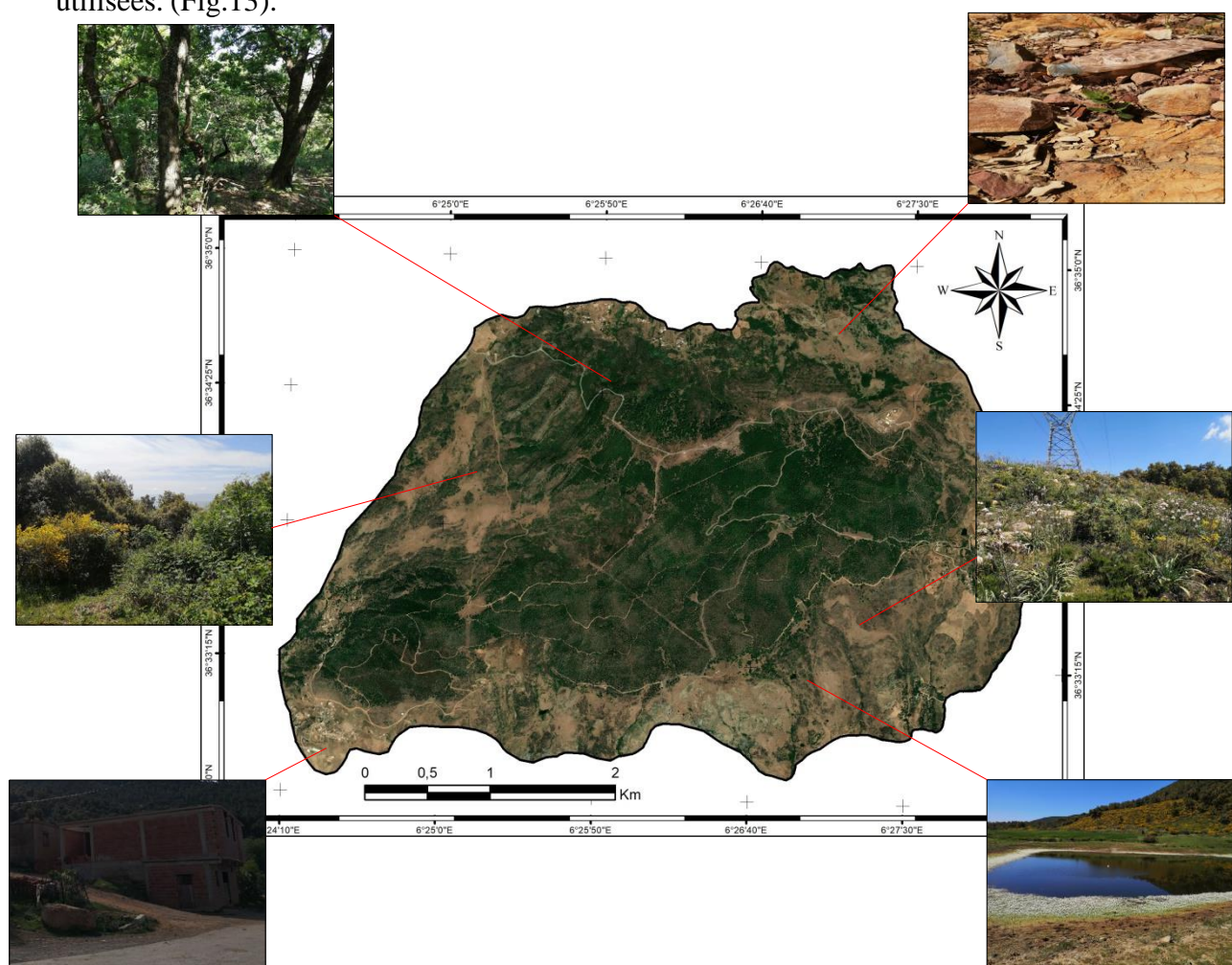
### III.1. Résultat de la classification

L'acquisition de données de terrain est nécessaire pour réaliser une classification supervisée des images de télédétection afin de générer des cartes précises et affiner notre appréhension des modes d'occupation du sol. L'enquête de terrain s'est déroulée entre les mois de Mars et Mai 2024

Trois objectifs étaient poursuivis :

- Détermination des zones tests ou zones d'apprentissage (Fig.12).
- Connaissance les modes d'occupation des sols.
- Reconnaître et définir les différentes formations végétales.

Il faut noter que, Avant d'entamer les missions de repérage des zones test, nous avons fait un travail de photo interprétation. La composition colorée et les images Google Earth ont été utilisées. (Fig.13).



**Figure 12** : Les zones "teste" pour l'établissement de la classification supervisée.

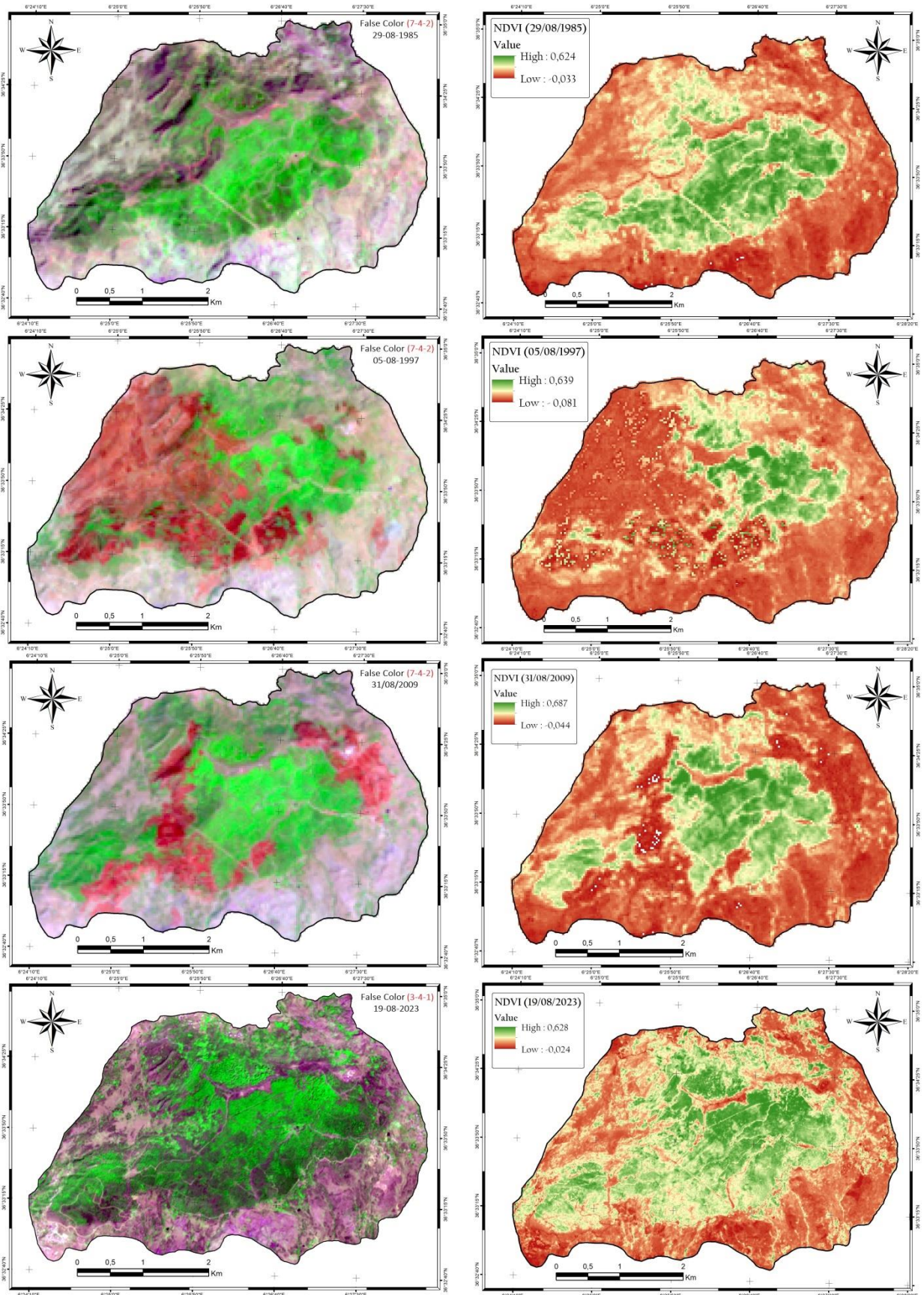


Figure 13 : Exemple d'analyse visuelle des compositions colorées et l'NDVI.



### III.1.1. Etat de l'occupation du sol en (1985)

En (1985), l'occupation du sol est dominée par les forêts et les prairies, les figures (14 et 15) illustrent les résultats obtenus :

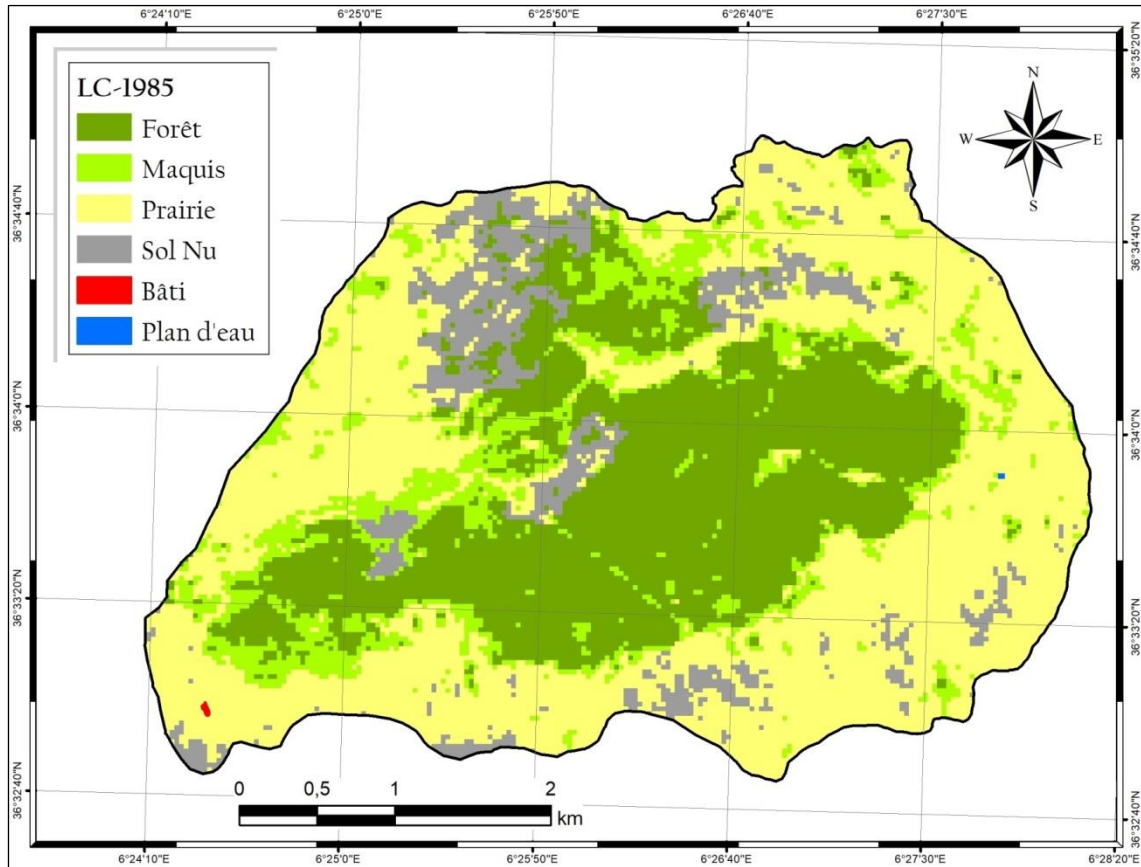


Figure 14 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (1985).

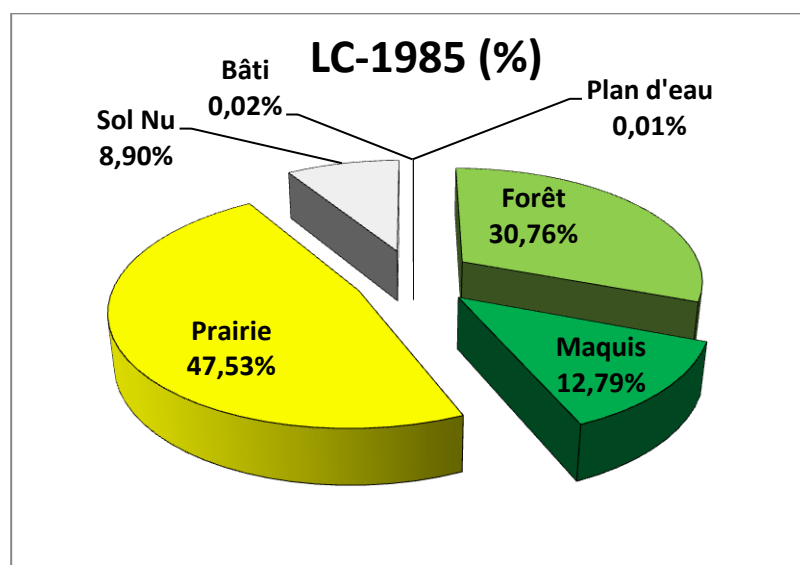


Figure 15 : Répartition des différents types d'occupation du sol (1985)

### III.1.2. Etat de l'occupation du sol en (1997)

En (1997), l'occupation du sol est dominée par les sols nus (brûlé) et les prairies, les figures (16 et 17) illustrent les résultats obtenus :

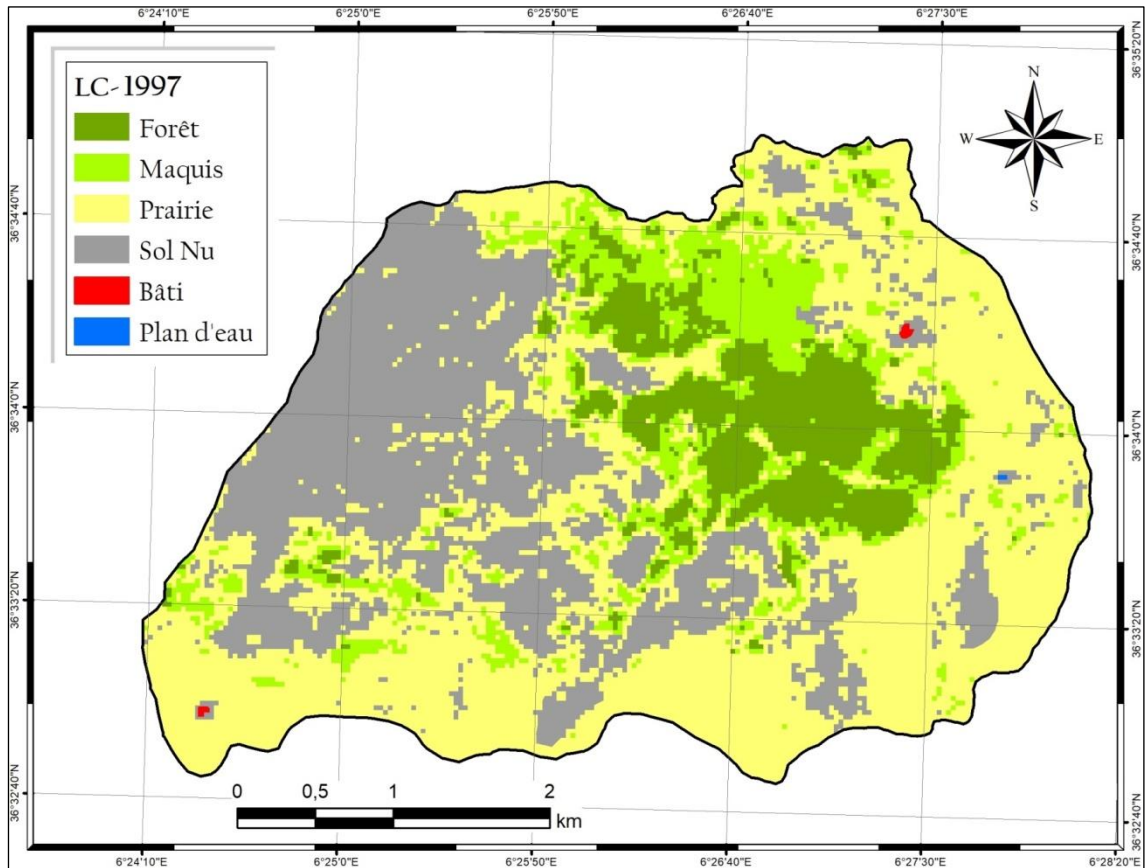


Figure 16 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (1997).

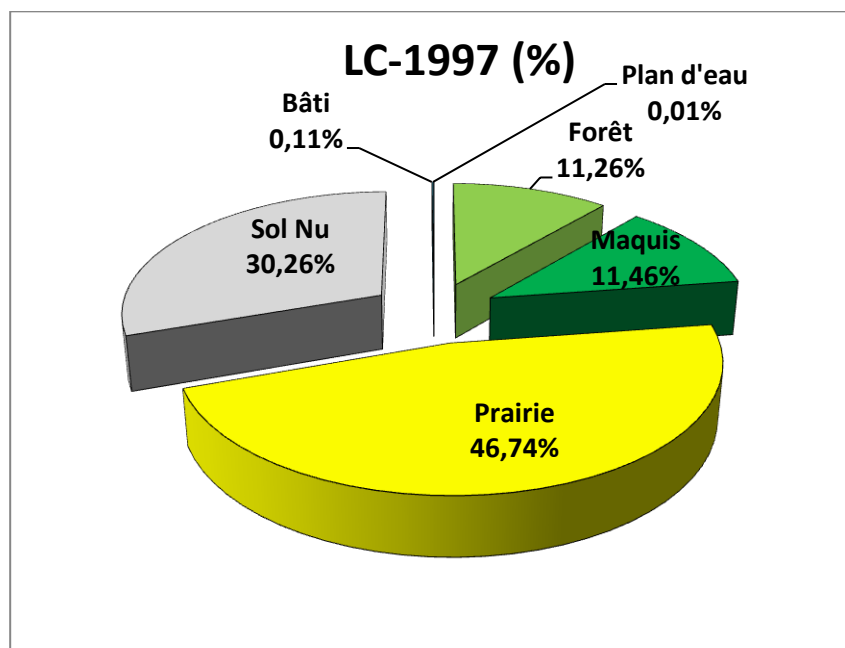


Figure 17 : Répartition des différents types d'occupation du sol (1997).

### III.1.3. Etat de l'occupation du sol en (2009)

En (2009), l'occupation du sol est dominée par les maquis et les prairies, les figures (18 et 19) illustrent les résultats obtenus :

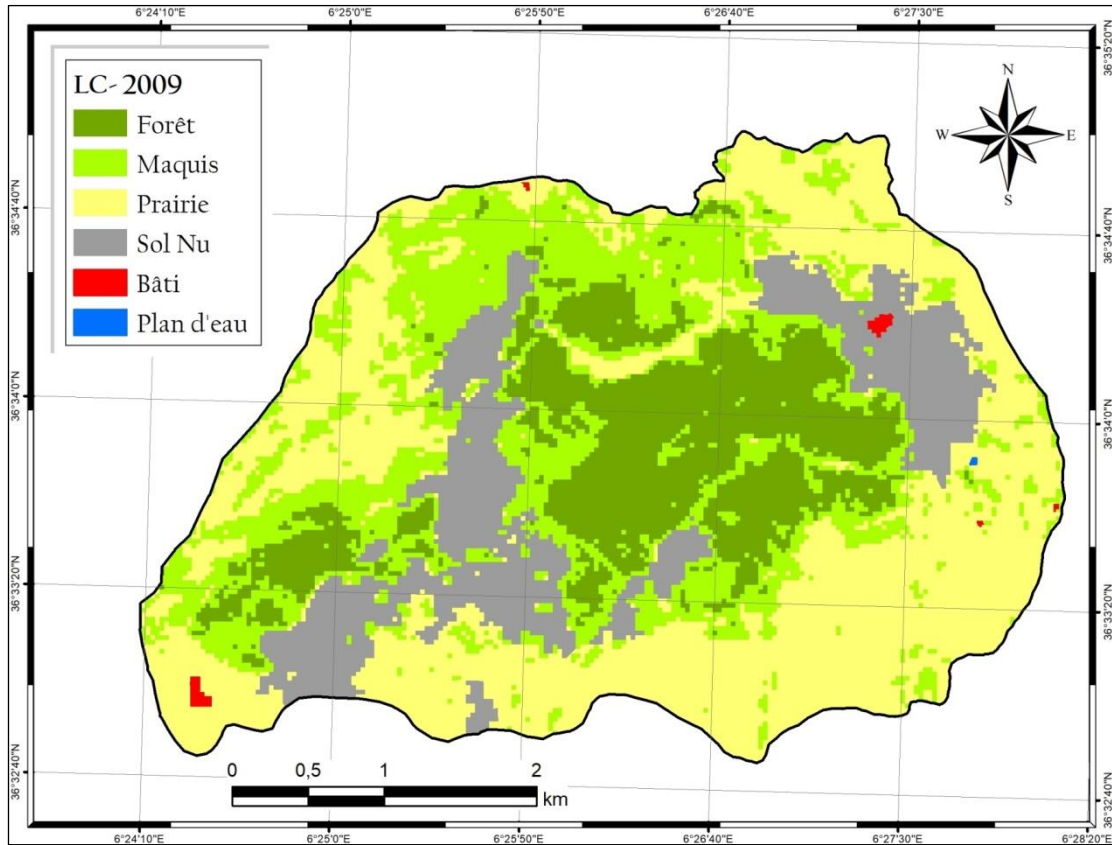


Figure 18 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (2009).

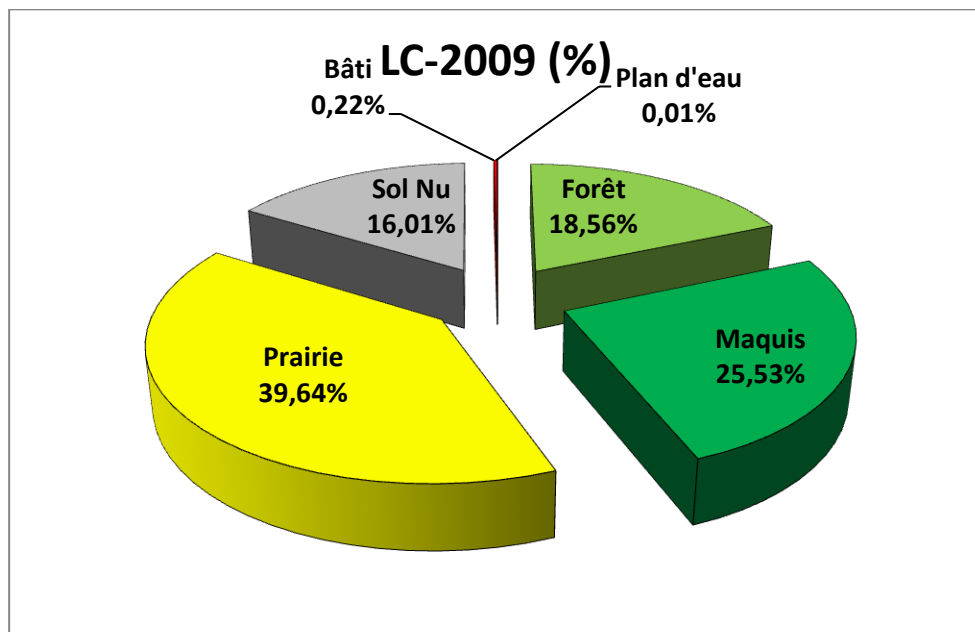


Figure 19 : Répartition des différents types d'occupation du sol (2009).

### III.1.4. Etat de l'occupation du sol en (2023)

En (2023), l'occupation du sol est dominée par les forêts et les prairies, les figures (20 et 21) illustrent les résultats obtenus :

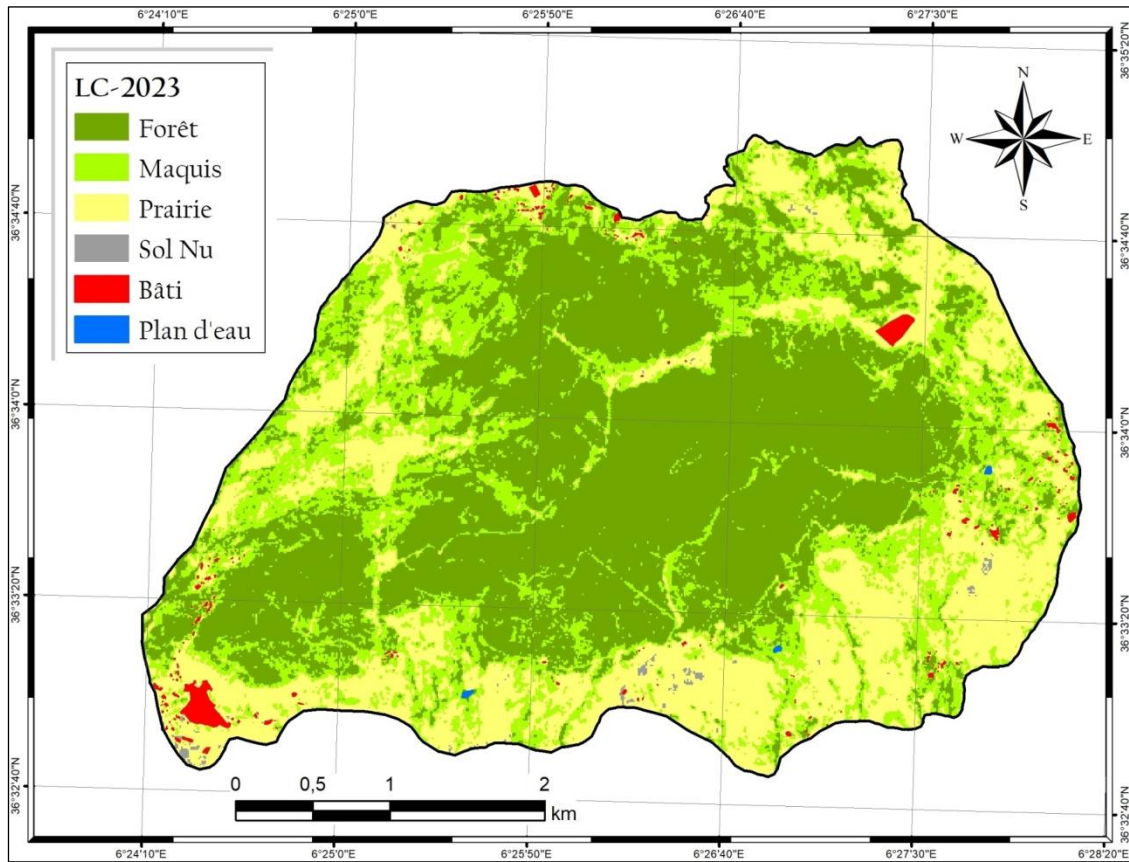


Figure 20 : Carte d'occupation du sol de la zone d'étude (2023).

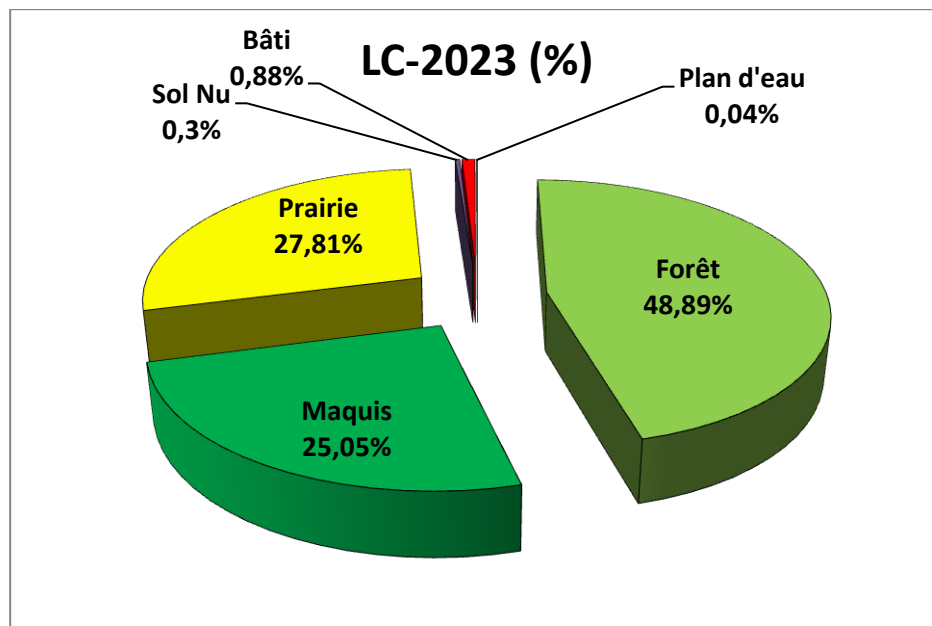


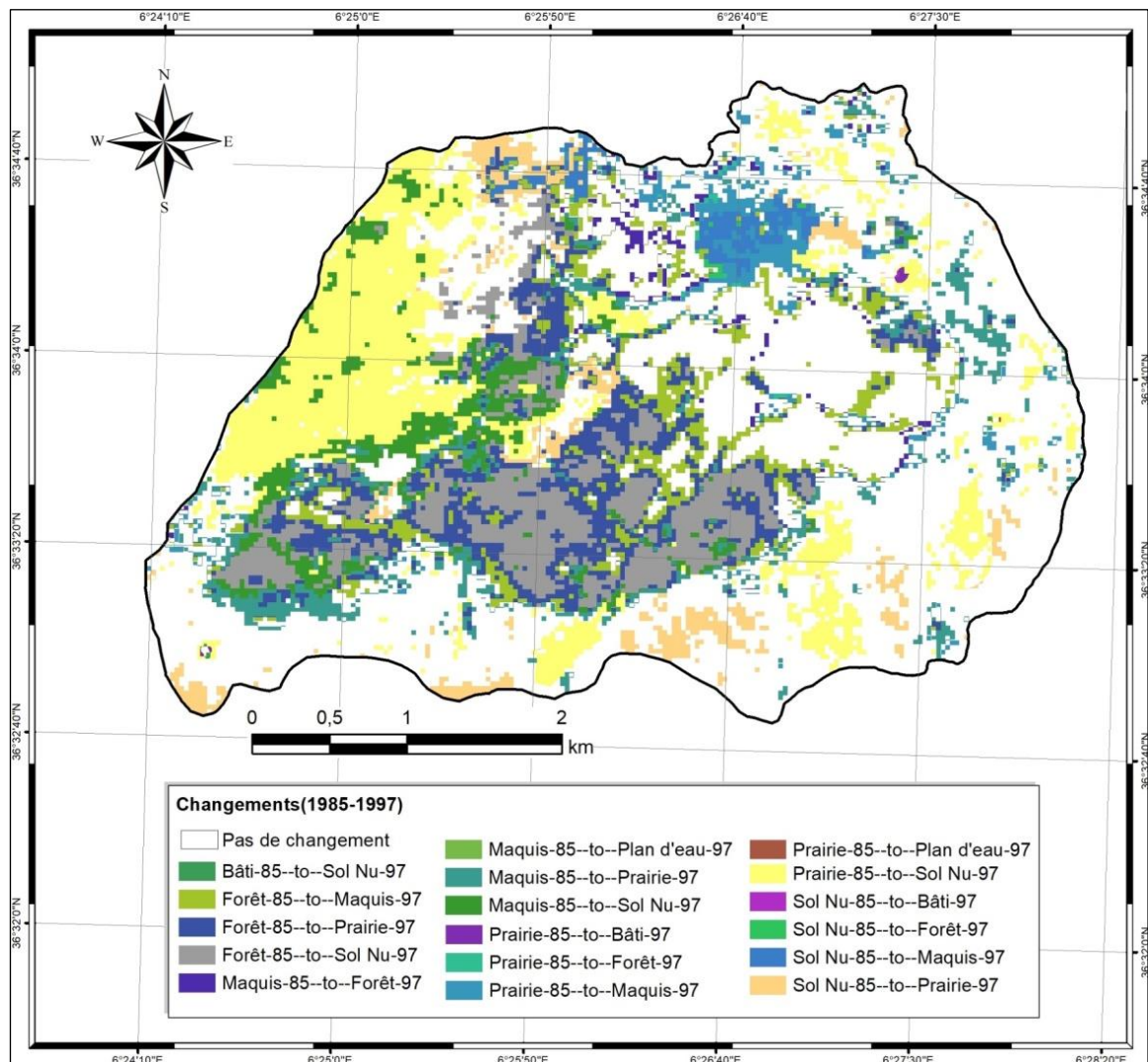
Figure 21 : Répartition des différents types d'occupation du sol (2023).

### III.2. Détection des changements spatio-temporels

L'analyse des changements de l'occupation du sol passe par la présentation des différentes cartes (1985, 1997, 2009, et 2023) ainsi que de leurs statistiques respectives. Un croisement entre deux cartes d'occupation du sol donnera une carte des changements qui traduira l'évolution des différentes classes entre deux dates.

#### III.2.1. Changements d'occupation du sol entre 1985 et 1997

L'analyse de la carte des changements, montre une dynamique au niveau des différentes classes thématiques. On constate que 48.6% de la zone d'étude n'ont pas subi de changements (fig.22). Parmi les unités d'occupation des sols qui ont subi des modifications, on note que l'espace forestier est le plus touché avec 346 ha, soit 63 % de la de la superficie occupée en 1985 (Tab.02), répartie entre régression ou conversion en sols nus (surface brûlée).

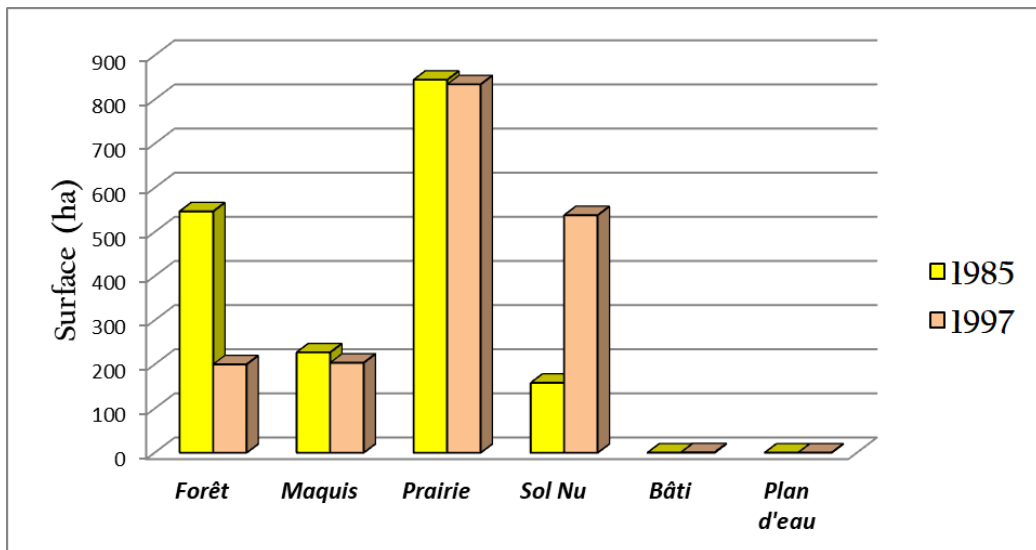


**Figure 22 :** Carte des changements d'occupation du sol de la zone d'étude (1985 et 1997)

On constate aussi une forte augmentation des sols nus par 240% (de 158ha en 1985 à 537ha en 1997) au détriment des forêts et des végétations herbacées (tab.02).

**Tableau 02 :** Taux de changement d'occupation du sol entre 1985 et 1997

LC (85-97)	1985		1997		Taux de variation	
	Surface (ha)	Surface (%)	Surface (ha)	Surface (%)	en (ha)	en (%)
Forêt	546,73	30,76	200,20	11,26	-346,52	-63,38
Maquis	227,32	12,79	203,77	11,46	-23,55	-10,36
Prairie	844,79	47,53	834,42	46,94	-10,37	-1,23
Sol Nu	158,16	8,90	537,95	30,26	379,79	240,13
Bâti	0,38	0,02	0,97	0,05	0,59	154,96
Plan d'eau	0,11	0,01	0,18	0,01	0,06	57,95



**Figure 23 :** Répartition des différents types d'occupation du sol (1985 et en 1997)

La matrice des changements de l'occupation des terres (Tab.03 et 04) permet de distinguer le changement de catégorie des cellules d'occupation des terres. Cette matrice, aussi appelée matrice de transition de l'occupation du sol, révèle les informations suivantes :

**Tableau 03:** Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 1985 et 1997 en (ha)

LC-85 to 97	Forêt-85	Maquis-85	Prairie-85	Sol Nu-85	Bâti-85	Plan d'eau-85	Total (85)
Forêt-97	181,265	14,794	2,425	1,720	0,000	0,000	200,204
Maquis-97	87,480	54,023	38,661	23,605	0,000	0,000	203,769
Prairie-97	131,350	84,772	552,149	66,145	0,000	0,000	834,416
Sol Nu-97	146,631	73,723	250,815	66,622	0,154	0,000	537,945
Bâti-97	0,000	0,000	0,679	0,065	0,228	0,000	0,972
Plan d'eau-97	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,112	0,115
<b>Total (97)</b>	546,726	227,315	844,730	158,157	0,381	0,112	1777,421

**Tableau 04:** Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 1985 et 1997 en (%)

LC-85 to 97	Forêt-85	Maquis-85	Prairie-85	Sol Nu-85	Bâti-85	Plan d'eau-85
Forêt-97	33,15	6,51	0,29	1,09	0,00	0,00
Maquis-97	16,00	23,77	4,58	14,93	0,00	0,00
Prairie-97	24,03	37,29	65,36	41,82	0,00	0,00
Sol Nu-97	26,82	32,43	29,69	42,13	40,30	0,00
Bâti-97	0,00	0,00	0,08	0,04	59,72	0,00
Plan d'eau-97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100
total (97)	100	100	100	100	100	100

Les colonnes de la matrice représentent la superficie de chaque classe de l'année 1985 alors que les lignes représentent celle de l'année 1997. L'analyse des matrices nous donne l'évolution spatio-temporelle de changement de l'occupation du sol de 1985 à 1997 :

- 33.15% (181 ha) des forêts de 1985 sont demeurés dans cette catégorie en 1997, alors que 66.84% (365 ha) ont changé de catégorie, dont 16% (87.4 ha) ont été changés en maquis; 24% (131 ha) en prairie et 26.82% (146 ha) en sols nus.
- 552 ha des prairies, soit 65.36% de la superficie de cette catégorie, y sont demeurés en 1997, alors que 34,63% ont changé de catégorie, dont 250 ha (29.69%) ont été convertis en sols nu (surface brûlée).

### III.2.2. Changements d'occupation du sol entre 1997-2009

D'après la carte des changements entre (1997-2009), nous avons constaté que 46.89% de la zone d'étude n'ont pas subi de changements (Fig.24), alors que 53.10% ont changé de catégorie.

Nous avons noté que les mutations les plus probantes dans l'état de surface affectent essentiellement les forêts et maquis. En effet, les sols nus ont connu un recul considérable durant cette période, ils ont passé de (537ha) en 1997 à (284 ha) en 2009. Alors que les forêts ont progressé avec une valeur assez importante dans les alentours de 64.81 % (+129 ha) (Tab.05).

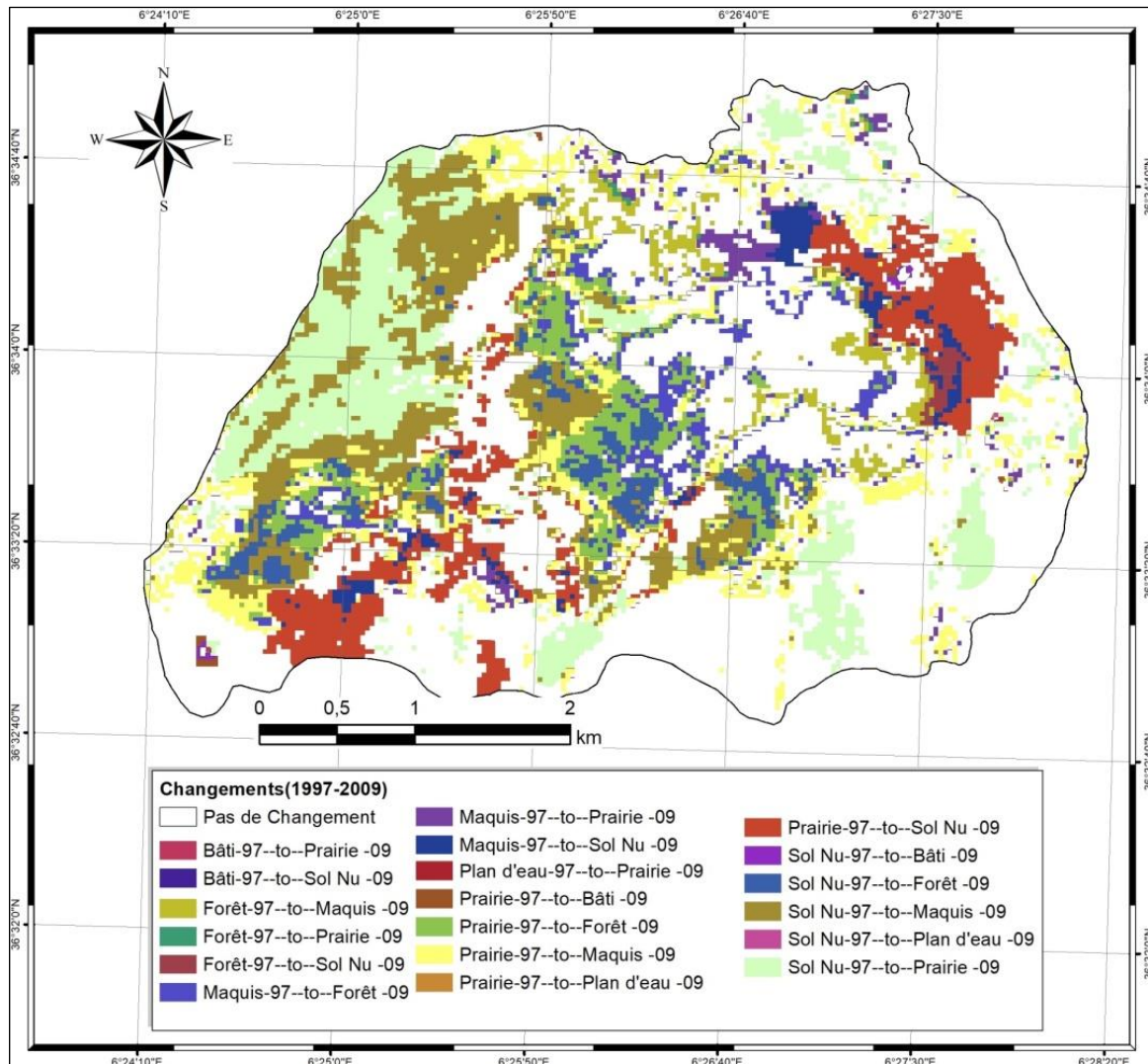
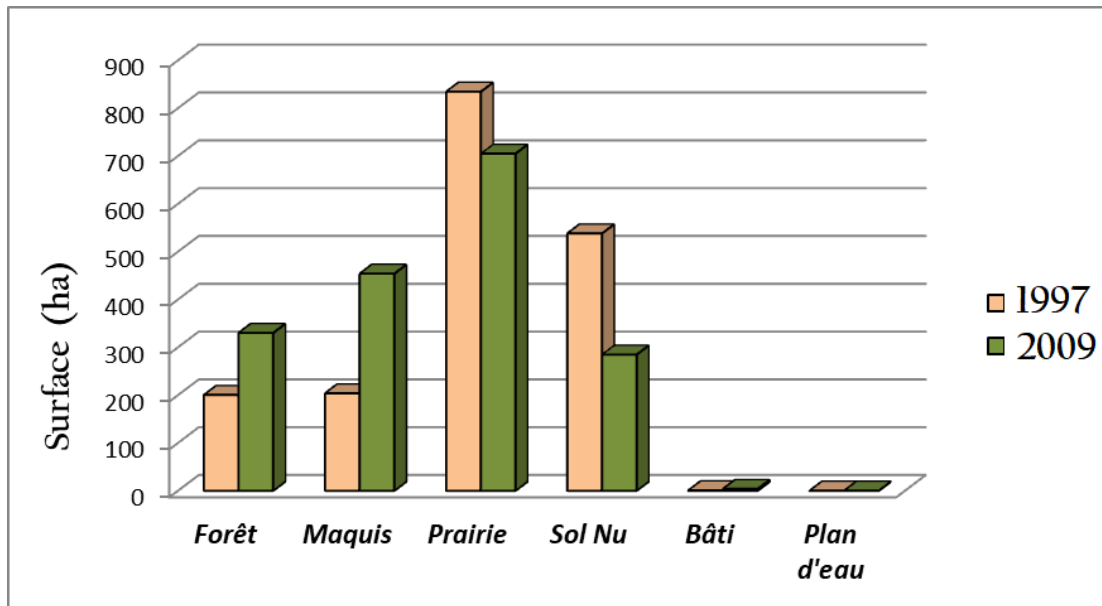


Figure 24 : Carte des changements d'occupation du sol de la zone d'étude (1997 et 2009)

Tableau 05 : Taux de changement d'occupation du sol entre 1997 et 2009

LC (97-09)	1997		2009		Taux de variation 1997-2009	
	Surface (ha)	Surface (%)	Surface (ha)	Surface (%)	en (ha)	en (%)
Forêt	200,20	11,26	329,96	18,56	129,76	64,81
Maquis	203,77	11,46	453,90	25,54	250,13	122,75
Prairie	834,42	46,94	704,73	39,65	-129,69	-15,54
Sol Nu	537,95	30,26	284,59	16,01	-253,36	-47,10
Bâti	0,97	0,11	3,99	0,22	3,02	310,61
Plan d'eau	0,18	0,01	0,19	0,01	0,01	6,54





**Figure 25 :** Répartition des différents types d'occupation du sol (1997 et en 2009)

La matrice de transition de l'occupation du sol, révèle les informations suivantes (tab.06 et 07) :

**Tableau 06:** Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 1997 et 2009 en (ha)

LC-97 to 09	Forêt-97	Maquis-97	Prairie-97	Sol Nu-97	Bâti-97	Plan d'eau-97	total (97)
Forêt -09	148,25	58,59	75,61	47,50	0,00	0,00	329,96
Maquis -09	41,66	90,35	149,27	172,61	0,00	0,00	453,90
Prairie -09	2,59	26,79	476,23	198,86	0,09	0,04	704,63
Sol Nu -09	7,69	28,02	131,34	117,52	0,00	0,00	284,58
Bâti -09	0,00	0,00	1,78	1,32	0,87	0,00	3,98
Plan d'eau-09	0,00	0,00	0,03	0,11	0,00	0,13	0,27
total (09)	200,20	203,76	834,28	537,94	0,97	0,17	1777,42

**Tableau 07:** Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 1997 et 2009 en (%)

LC-97 to 09	Forêt-97	Maquis-97	Prairie-97	Sol Nu-97	Bâti-97	Plan d'eau-97
Forêt -09	74,05	28,75	9,06	8,83	0,00	0,00
Maquis -09	20,81	44,34	17,89	32,09	0,00	0,00
Prairie -09	1,30	13,15	57,08	36,97	9,50	24,64
Sol Nu -09	3,84	13,76	15,74	21,85	0,02	0,00
Bâti -09	0,00	0,00	0,21	0,25	90,43	0,00
Plan d'eau-09	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	75,22
total (09)	100	100	100	100	100	100

- 74% (148 ha) des surfaces occupées par les forêts en 1997 sont demeurés dans cette catégorie en 2009, alors que 26% ont changé de catégorie, dont 20.81% (41.66 ha) ont été changés en maquis; et 3,84% en sols nus.
- 476 ha des prairies, soit 57.08% de la superficie de cette catégorie, y sont demeurés en 2009, alors que 42,91% ont changé de catégorie, dont (17.89%) ont été convertis en maquis, et (9.06%) en forets
- 21.85% (117.52ha) des sols nus n'ont pas subi de changements, alors que 78.14 % ont changé de catégorie, dont 36,97% ont été convertis en prairie; 32.09% en maquis et 8.83% en forets.

### III.2.3. Changements d'occupation du sol entre 2009-2023

L'analyse de la carte des changements, montre que 50.26% de la zone d'étude n'ont pas subi de changements (fig.26). Parmi les unités d'occupation des sols qui ont subi des modifications, on note que les sols nus sont le plus touchée avec 279 ha, soit (-98 %) de la de la superficie occupée en 2009 (Tab.08).

On constate aussi une forte augmentation des forets par 147% (485 ha) au détriment des sols nus et végétations herbacées. On remarque aussi que les surfaces artificialisées ont aussi augmentée avec une valeur assez importante dans les alentours de 295% soit, (+11.78 ha) entre 2009 et 2023.

**Tableau 08** : Taux de changement d'occupation du sol entre 2009 et 2023

LC	2009		2023		Taux de variation	
	Surface (ha)	Surface (%)	Surface (ha)	Surface (%)	En (ha)	En (%)
Forêt	329,96	18,56	815,75	45,89	485,79	147,23
Maquis	453,90	25,54	445,38	25,06	-8,52	-1,88
Prairie	704,73	39,65	494,38	27,81	-210,34	-29,85
Sol Nu	284,59	16,01	5,44	0,31	-279,14	-98,09
Bâti	3,99	0,22	15,77	0,89	11,78	295,19
Plan d'eau	0,19	0,01	0,77	0,04	0,58	307,13

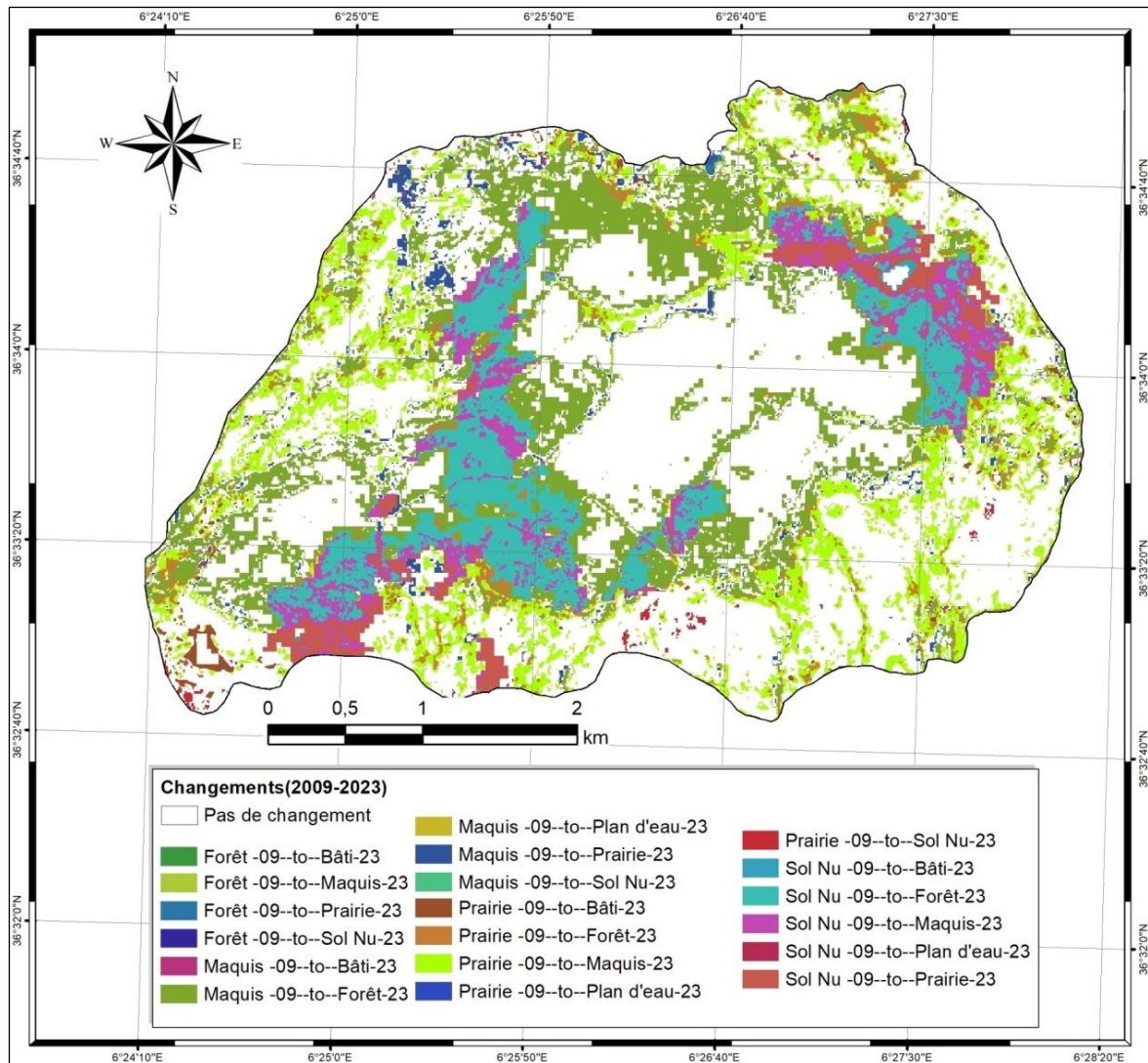


Figure 26 : Carte des changements de l'occupation du sol de la zone d'étude (2009 et 2023)

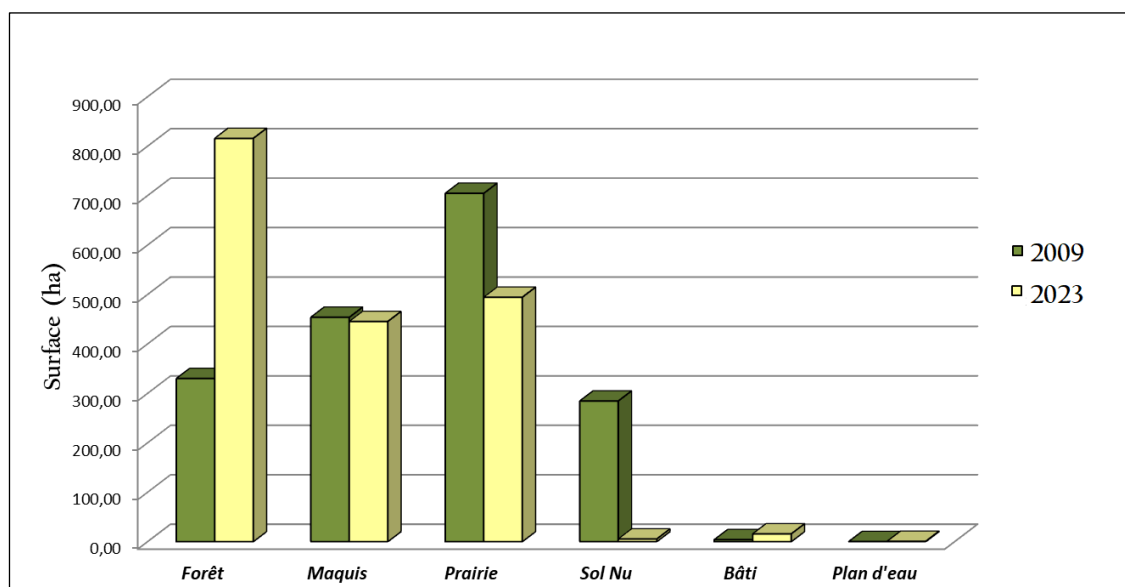


Figure 27 : Répartition des différents types d'occupation du sol (2009 et 2023)

La matrice de transition de l'occupation du sol, révèle les informations suivantes (tab.09 et 10) :

**Tableau 09:** Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 2009 et 2023 en (ha)

LC-09 to 23	Forêt -09	Maquis -09	Prairie -09	Sol Nu -09	Bâti -09	Plan d'eau-09	total (09)
Forêt -23	323,10	284,50	54,00	154,15	0,00	0,00	815,75
Maquis -23	5,84	142,57	212,81	84,16	0,00	0,00	445,38
Prairie -23	1,00	25,32	423,18	44,88	0,00	0,00	494,38
Sol Nu -23	0,01	0,16	5,17	0,10	0,00	0,00	5,44
Bâti -23	0,01	1,15	9,32	1,29	3,99	0,00	15,76
Plan d'eau-23	0,11	0,20	0,26	0,01	0,00	0,19	0,77
total (23)	329,96	453,70	704,47	284,59	3,99	0,19	1776,89

**Tableau 10:** Caractéristiques de la dynamique d'occupation du sol entre 2009 et 2023 en (%)

LC-09 to 23	Forêt -09	Maquis -09	Prairie -09	Sol Nu -09	Bâti -09	Plan d'eau-09
Forêt -23	97,92	62,71	7,66	54,17	0,00	0,00
Maquis -23	1,77	31,42	30,21	29,57	0,00	0,00
Prairie -23	0,30	5,58	60,07	15,77	0,00	00
Sol Nu -23	0,00	0,03	0,73	0,04	0,00	0,00
Bâti -23	0,00	0,25	1,32	0,45	100,00	0,00
Plan d'eau-23	0,03	0,04	0,04	0,00	0,00	99,75
total (23)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100

- 97.92% (323 ha) des surfaces occupées par les forêts en 2009 sont demeurés dans cette catégorie en 2023, alors que 2.17% ont changé de catégorie, dont 1.77% ont été changés en maquis; et 0.3% en prairie
- 142 ha des maquis, soit (31.42%) de la superficie de cette catégorie, y sont demeurés en 2023, alors que 68.57% ont changé de catégorie, dont (62.71%) ont été convertis en forets, et (5.58%) en prairie.
- 60% des prairies n'ont pas subi de changements, alors que (39.92 %) ont changé de catégorie, dont (30.21%) ont été convertis en maquis; et (7.66%) en forets.

### III.3. Bilan final de changements

L'ensemble des changements d'occupation des sols de la zone d'étude est caractérisé par des fluctuations des différentes classes qui se réfèrent aux changements dans l'utilisation des terres au fil du temps. Ces changements peuvent être causés par des facteurs naturels et socio-économiques, la combinaison de ces facteurs crée une situation complexe et souvent synergique, où les impacts de chaque cause sont exacerbés par les autres (Fig. 28 et 29).

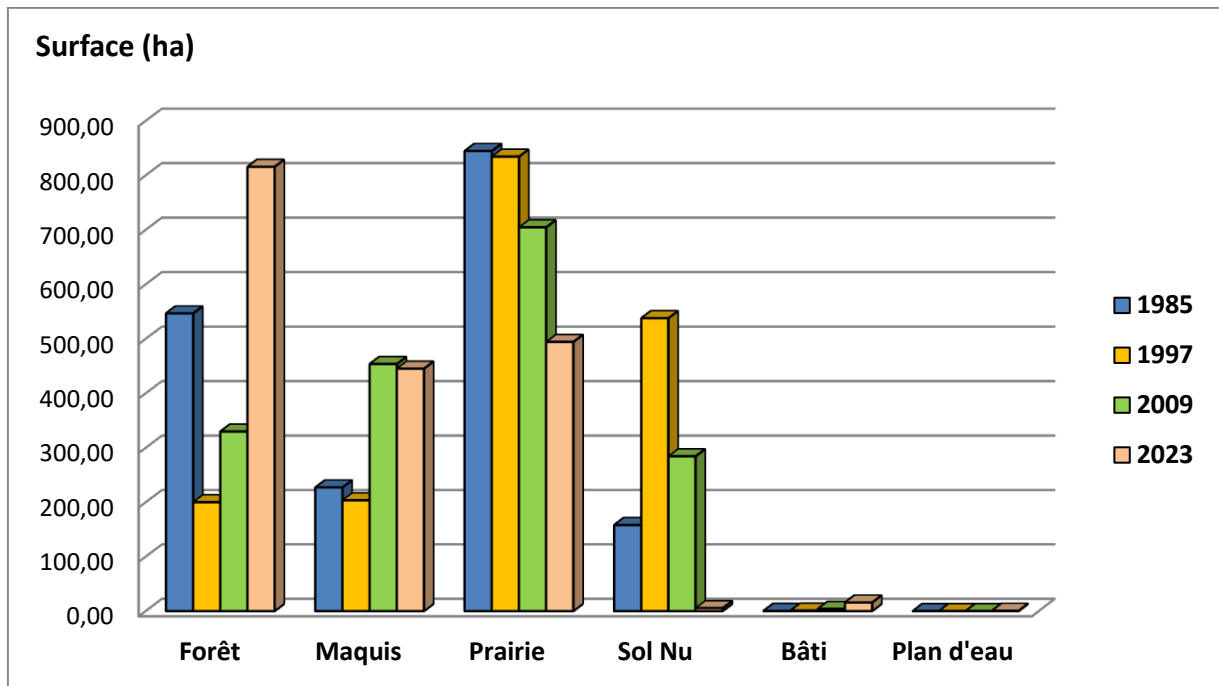


Figure 28 : Histogramme des superficies par classes.

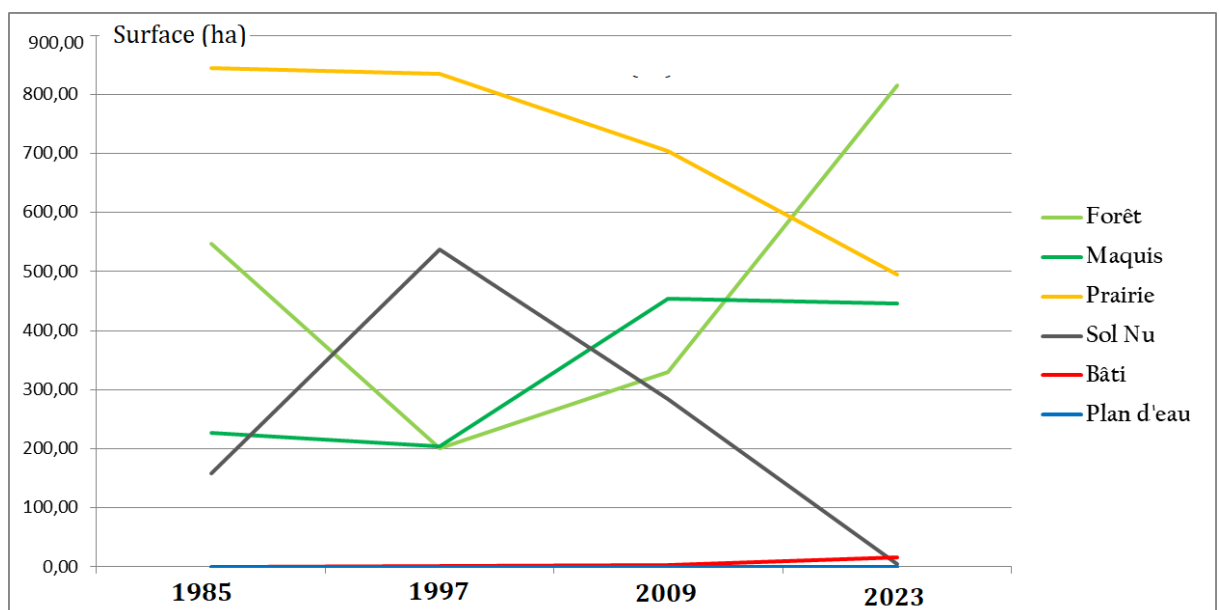
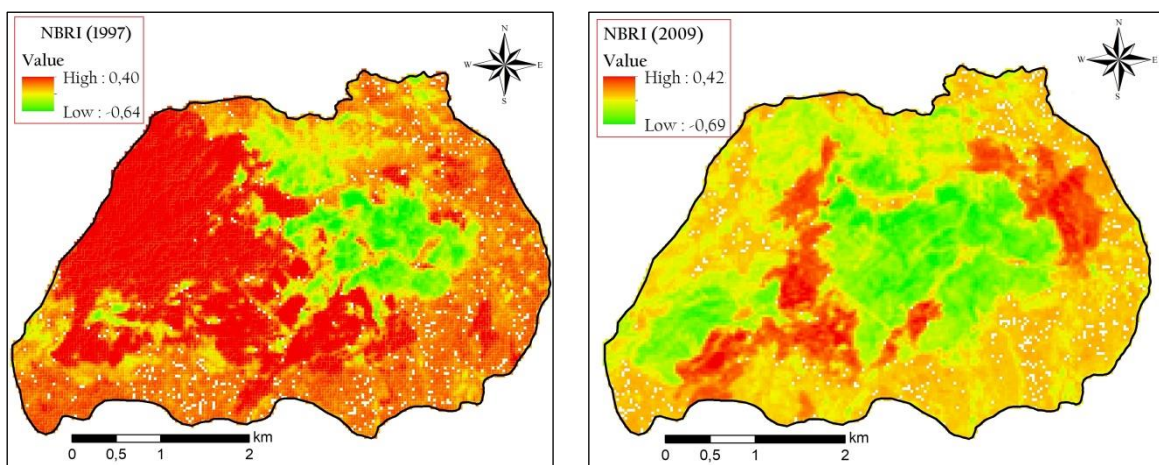


Figure 29 : Taux de dynamique de l'occupation du sol pendant la période étudiée (1985, 1997, 2009, et 2023)

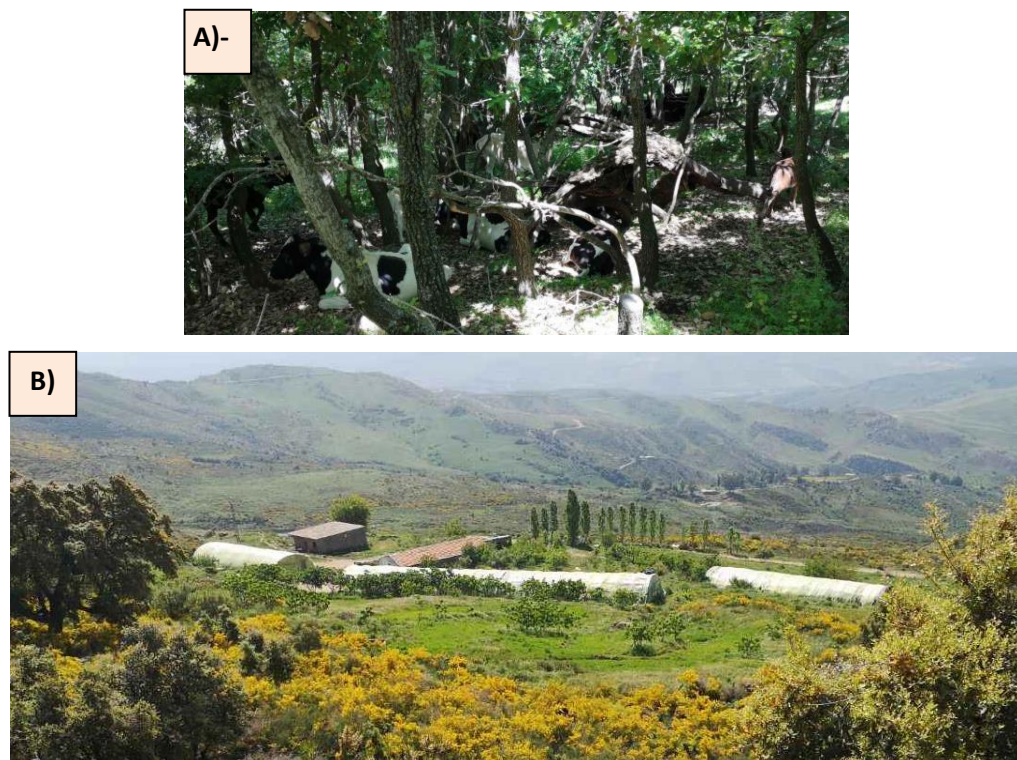
### III.4. Facteurs préliminaires de changements

Les changements d'occupation du sol dans la forêt domaniale de Mouias est le résultat d'une série de transformations historiques et socio-économiques.

En effet, entre 1985 et 2009, une dynamique de régression des forêts est constatée, elle est due principalement aux éléments suivants: les incendies répétitifs, les pressions agricoles, le défrichage agricole, l'accaparement des terres, le surpâturage, exploitation pour l'obtention de produits forestiers, notamment le bois de feu (Figure 30)



**Figure 30** : Normalized Burn Ratio Index (NBRI) de la zone d'étude (1997 et 2009)



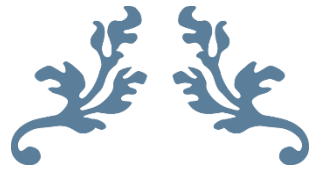
**Figure 31** : L'impact anthropique: (A) - Le surpâturage (B) - L'accaparement des terres.

En effet, plus le taux de recouvrement est faible, plus la végétation sera sujette aux méfaits de la pression anthropique (piétinement par les troupeaux, broutage, éradication, défrichage,...) et sera, par conséquent, exposée aux différents processus de l'érosion puisqu'elle ne peut pas assurer son "autoprotection" ; ce qui diminue dans un premier temps sa capacité à se protéger, mais aussi sa capacité de se régénérer et provoquer finalement un changement de mode d'occupation vers une autre classe (maquis, prairies, ou sols nu)

La régénération naturelle d'une forêt après un incendie repose sur la capacité de l'écosystème à se reconstruire sans intervention humaine intensive. Ce processus peut être efficace, notamment dans les forêts qui ont évolué avec des régimes d'incendies naturels. La régénération naturelle est souvent un processus lent mais robuste, qui profite des mécanismes évolués des écosystèmes pour se rétablir après un incendie. En permettant à la nature de suivre son cours, avec une surveillance et une intervention minimale, les forêts peuvent retrouver leur biodiversité et leur résilience. C'est pour cette raison, la classe des forêts a repris de 270 ha, entre 1985 et 2023, grâce aux systèmes de défense de la forêt contre l'incendie (DFCI) et les programmes de reboisement lancés par la conservation des forêts de la wilaya de Mila qui ont réalisé plusieurs campagne et plan de reboisement, pour à la fois restaurer les parcelles incendiées et augmenter la surface boisée des différents type de peuplement (Fig.32)



**Figure 32** : Reboisement des zones incendiées (Frêne)



---

# CONCLUSION

---





## Conclusion

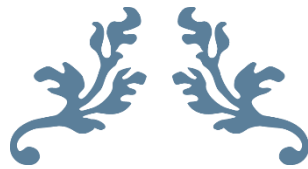
A travers cette étude, nous avons essayé, en utilisant plusieurs sources de données, de cartographier les changements d'occupation du sol de la forêt domaniale de Mouias sur une superficie totale de 1778 ha. . Toutes ces données ont été structurées sous forme de couches thématiques et stockées au niveau d'une base de données géographiques dédiée à l'aménagement de la forêt.

L'approche méthodologique utilisée dans cette étude implique le croisement de plusieurs sources de données (images satellitaires, données statistiques, enquêtes de terrain...). Cette méthode a prouvé la précision, la souplesse et la rentabilité.

Sur l'ensemble de la période analysée, de 1985 à 2023, l'analyse globale des changements détectés à l'échelle du forêt montre que 38 % de la surface totale des classes d'occupation du sol ont connu une stabilité alors que 62 % ont changé de catégorie. L'ensemble des changements d'occupation des sols de la zone d'étude est caractérisé par des fluctuations des différentes classes qui se réfèrent aux changements dans l'utilisation des terres au fil du temps. Ces changements sont le résultat d'une série de transformations historiques et socio-économiques.

Nous avons noté aussi que les mutations les plus probantes dans l'état de surface affectent essentiellement les forêts. En effet, cette classe a connu un recul considérable entre 1985 et 1997, La régénération naturelle cette forêt après les d'incendie de 1997 et 2009 se manifeste clairement par l'état de la végétation en 2023 et qui sont approuver localement pendant les enquêtes de terrain. La régénération naturelle est un processus lent mais robuste, et dans notre cas avec une intervention minimale, où les forêts retrouver à nouveau leur biodiversité et leur résilience. C'est pour cette raison, la classe des forêts a repris les 270 ha, entre 1985 et 2023, grâce aux systèmes de défense de la forêt contre l'incendie (DFCI) et les programmes de reboisement lancés par la conservation des forêts de la wilaya de Mila, pour à la fois restaurer les parcelles incendiées et augmenter la surface boisée des différents type de peuplement.

Finalement, l'analyse de l'occupation du sol de la zone d'étude mériterait d'être complétée par des études socio-économiques détaillées, et de mettre l'accent sur les relations sol-climat-végétation pour aider les acteurs à élaborer des stratégies de développement territorial.



---

**REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

---



## Références Bibliographiques

- ✚ Brown D et Duh J. (2004). "Spatial simulation for translating from land use to land cover», *International Journal of Geographical Information Science*, 18(1): 35-60.
- ✚ Ben Salem M. (1996). *Le Sahel de Bizerte : cartographie de l'occupation du sol et de sa dynamique ; Thèse de D.R.A, Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis*, 238 p.
- ✚ BENMOSTEFA M. (2012). *Téledétection de la végétation maritime par Radiomètres Optiques Passifs : Cas du littoral Algérien. Thèse de magister en physique. Université des sciences et de la technologie u-s-t-o mb.*
- ✚ Corgne S. (2004). "Hiérarchisation des facteurs structurant les dynamiques pluriannuelles des sols nus hivernaux." *Noréis* (193) :17-29.
- ✚ Fischer M M et Nijkamp P. (1993). *Design and use of geographic information system and spatial models – In: Fischer M-M. and Nijkamp P., geographic information system, spatial modeling and policy evaluation, EDS.*
- ✚ Geist H et Lambin E. (2002). "Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation", *BioScience*, 52(2): 143 -150.
- ✚ Kefifa A. (2014). *Contribution à l'étude et à la cartographie de l'impact des pressions anthropozoogènes et climatiques sur les ressources naturelles des monts de Saïda (Algérie). Thèse de doctorat en Sciences d'Agronomie et des Forêts. Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen. Algérie.p.113*
- ✚ Lambin E, Turner B, Geist H, Agbola B, Angelsen A, Bruce J, Coomes T, Dirzo R, Fischer G, Folke C, George P, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li X, Moran E, Mortimore M, Ramakrishnan P, Richards J, Skanes H, Steffen W, Stone G, Svedin U, Veldkamp T, Vogel C, et Xu J. (2001). "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths", *Global Environmental Change*, 11(4): 261-269
- ✚ LECERF R. (2008). *Suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols d'origine anthropique et climatique à l'échelle régionale par télédétection moyenne résolution (Application à la Bretagne). Thèse de doctorat de l'université de rennes 2 université européenne de Bretagne.*
- ✚ Maignan F, Breon F, Bacour C, Demarty J, et Poirson A. (2008). "Interannual vegetation phenology estimates from global AVHRR measurements: Comparison with in situ data and applications", *Remote Sensing of Environment*, 112(2): 496-505.
- ✚ Richards J A et Jia X. (1999). *Remote Sensing Digital Image Analysis - An Introduction. New York: Springer Verlag.*
- ✚ Soltana A. (2021). *Détection de changement en imagerie satellitaire multi-temporelle pour le suivi et la surveillance de l'environnement. Thèse de doctorat en : Réseaux, Architecture et multimédia. Option : Vision par ordinateur et architectures. Faculté de Génie Electrique. Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès.*
- ✚ Samaali H. (2011). *Etude de l'évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol dans le delta de Mejerda par télédétection et SIG. Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis, French. <Tel-00612952v2>*
- ✚ Singh A. (1989). *Digital change detection techniques using remotely-sensed data. Review article. International Journal Remote Sensing, vol. 10, n° 6, pp. 989-1003.*

- ✚ Schowengerdt R. (2006). Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Elsevier Science, 560 p.
- ✚ Samaali H. (2011). Etude de l'évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol dans le delta de Mejerda par télédétection et SIG. Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis, French. <Tel-00612952v2>
  
- ✚ Tietse S. (1996). Conception Et Mise En Place D'une Base De Donnees Pour L'observatoire des sports Et de l'emploi de la region Rhone-Alpes (Osera). Universite Claude Bernard. Lyon. France.
- ✚ UVED. (2008). ENVCAL - Suivi de l'environnement par télédétection, Cours en ligne. Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.
- ✚ Wu C, Xiao Q, et McPherson E. (2008). "A method for locating potential tree-planting sites in urban areas: A case study of Los Angeles, USA", Urban Forestry & Urban Greening, 7(2): 65-76.

**Année universitaire : 2023-2024**

**Présenté par : MZEIOUT Abd Errahman  
BOULEININE Itidel**

## **Analyse de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la forêt de Mouias (Wilaya de Mila)**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Écologie et Environnement**

**Spécialité : Protection des écosystèmes**

### **Résumé**

La région Mouias, représente un ensemble phytogéographique très remarquable du point de vue de sa végétation forestière. L'action anthropique, les facteurs climatiques, et les incendies, sont les principales causes de la dégradation de cette végétation forestière.

La méthode adoptée pour étudier cette dynamique est basée sur les techniques de télédétection et de cartographie. L'objectif est de mettre en évidence l'ampleur des changements d'occupation du sol et du couvert forestier entre 1985 et 2023 à partir des images satellitaires (1985, 1997, 2009, 2023). Celles-ci, ont permis de faire une analyse spatiotemporelle de la dynamique de la végétation forestière.

Sur l'ensemble de la période analysée, de 1985 à 2023, l'analyse globale des changements détectés à l'échelle du forêt montre que 38 % de la surface totale des classes d'occupation du sol ont connu une stabilité alors que 62 % ont changé de catégorie. Ces changements sont le résultat d'une série des transformations historiques et socio- économiques.

**Mots-clefs :** Forêt de Mouias, Télédétection, SIG, Occupation du sol.

**Laboratoires de recherche :** Développement et valorisation des ressources phytogénétiques (U Constantine 1 Frères Mentouri).

### **Jury d'évaluation :**

**Président :** ARFA .A.M.T (MCB– UC-1 Frères Mentouri).

**Encadreur :** GANA .M (MCB– UC-1 Frères Mentouri).

**Examinatrice(s):** HADJOUDDJA .N (MCB– UC-1 Frères Mentouri).