

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

التعليم العالي والبحث العلمي وزارة

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1955 – سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : protection des écosystèmes

Intitulé :

**Caractérisation cartographique des peuplements  
forestiers dans la région d'Ain Kechra et Ouldja  
Boulballout**

Présenté Par :

Kabouia Rayane

Khefif Meriem

Lecheheb Mohamed

Bissi Rayane

Membre de Jury :

Mme. Bouderies Amel (MCB) Présidente Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Mr. Hadeff Azzedine (MAA) Promoteur Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Mr. Belaidi Abd El Wahab (MAA) Examineur Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2022/2023

### Remerciements

Avant tout, nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant de nous avoir illuminés et ouvert les voies du savoir, et pour nous avoir accordé la volonté et le courage pour élaborer ce travail.

Au terme de ce modeste travail nous tenons tous particulièrement à témoigner notre profonde gratitude à notre encadrant **Hadef Azzedine, (M.A.A, université 20 Août 1955, Skikda)**, d'avoir dirigé ce travail et de nous faire partager ses connaissances qui ont été très utiles et pour ses précieux conseils et orientations.

Nous remercions et saluons vivement nos membres de jury **Mme Bouderies Amel (M.C.B, Université du 20 Août 1955, Skikda)**, d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Mes vifs remerciements s'adressent à **Mr Belaidi Abd El Wahab (M.A.A, université du 20 Août 1955, Skikda)**, qui a bien voulu examiner ce travail. Ces critiques et remarques nous seront d'une grande utilité.

Nous tenons à remercier tout particulièrement **Monsieur Aouzal Badis** et **M<sup>elle</sup> Boulechfar Safa**, pour leur aide, conseils, encouragements et surtout leur orientations.

Je remercie tout le personnel de la direction des forêts de la wilaya de Skikda pour leur accueil et leur contributions dans ce travail, et en particulier: **Mme Derdeche Nesrine**

Toute notre gratitude et remerciements à l'ensemble des enseignants-chercheurs du département des Sciences de la Nature et de la Vie, et en particulier : **Mme Gannem Maya**

Un chaleureux merci , à nos collègues de la promotion 2023 Protection des écosystèmes du département des sciences de la nature et de la vie, de l'université 20 Aout 1955 de Skikda.

Enfin, nous remercions tous ceux et celles, qui ont Contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

**Merci.**

# *Dédicace*

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

A mon père **Riad** et ma mère **Yasmina**, c'est difficile d'exprimer mes sentiments envers eux par de simples mots ; merci pour votre amour, votre affection, vos encouragements, vos sacrifices, soutien et prières tout au long de mes études que Dieu vous garde.

A la mémoire de ma grand-mère **Zirek Akila**, Allah yarhamha

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect et mon amour éternel que j'ai porté pour ma deuxième mère qui décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études.

J'espère que, du monde qui est sien maintenant, elle apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part de sa petite-fille qui a toujours prié pour elle. Que son âme repose en paix.

A ma douce et belle petite sœur **Oumnia** que j'aime toute au fond du mon cœur

A mes frères **Seif** et mon petit chou **Amine** pour leurs encouragements et leur soutien

A mes tantes et oncles tout particulièrement à **Ibtissem** et **Youcef**

A mes cousines : **Amani**, **Aya**, **Bayane**, **Rawan**, **Nour** et le bout de sucre, ma petite princesse **Iline**

A mes chères et adorables amies : **Nana**, **Aya**, **Khadija**, **Asma**, **Maram**, **Meriem**, **Rihem**, **Kifah** et **Nardjes**

A celui que j'aime beaucoup mon futur mari **Djaber** pour son soutien et sa motivation

Aux personnes qui m'ont toujours aidé, qui m'accompagnaient durant mon chemin d'étude supérieure mes aimables amies **Bekache Soulef** et **Chalabi Lamis**.

À mes collègues de promotion master 2 protection des écosystèmes tout particulièrement : **Kerkoub Amani**, **Sassen Dalel**, **Fantazi Yasmine**, **Kadachi Amani**, **Meriem Soltane**, **Rayane Bissi** et **Lecheheb Mohamed**.

A tout la famille universitaire, mes enseignants de *l'Université 20 Aout 1955 Skikda* sur tout : **Mme Ghannem Maya**, **Mr Aouzal Badis** et **Boulahssa Asma** pour leur soutien tout au long de ma carrière universitaire.

**Kabouia Rayane**

## *Dédicace*

Je dédie l'aboutissement de mes efforts tout au long Ces années scolaires:

A ma source de bonheur mes chers parents Djamel & Nassima'' en particulier, Leurs prières et leurs conseils m'ont toujours accompagné. Je les remercié pour tous ce que m'ont donné (Confiance, moyens et amour) en dirigeant et en mettant tout ce qui est nécessaire pour fournir la bonne atmosphère pour compléter mon travail, et leur souhaite une longue et heureuse vie pleine de joie, santé et honneur...

A ma chère grand-mère qui nous a quitté très tôt je dédie ce travail a son angélique âme et à ma grand-mère maternelle, que Dieu les accueille dans son paradis.

A mes grands-pères , je leur souhaite longue vie

A ma tante Djamila.B pour m'avoir soutenu tout au long de ce parcours

A mon prof Dr.Aouzal qui nous a aidés avec beaucoup d'informations  
et de méthodes

A mes deux frères Yasser et Mouhamed

A mes trois sœurs Kawtare , Israa et Ikhlassa

A ma chère amie Rayane.Bidel

A mes collègues avec qui j'ai recueilli les plus belles coïncidences de la vie,  
et ils étaient la meilleure compagnie et les meilleurs amis: Amira.Lch,

Hani.D, Abire.Kh, Rayane.Kb, Merieme.Kh, Mouhamed.L, et

A tous mes proches sans exception

*Rayane Bissi*

## Dédicace

بعد فضل الله، ما انا فيه يعود إلى ابي الرجل الذي لم ينل ولو جزءا بسيطا مما حصلنا عليه  
والرجل الذي سعى طوال حياته لكي نكون أفضل منه

اهدي هذا العمل إلى من أحمل اسمه بكل فخر إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق  
العلم إلى " ابي الغالي "

إلى الانسانة العظيمة التي طالما تمننت أن تقر عينها برويتي ناجحة إلى التي غمرتني بدعواتها  
جنتي و " غاليتي امي "

إلى من كان قوتي عندما تسلل الضعف في لحظات التعب الي قلبي إخوتي وأخواتي فائزة،  
سمية، عبد الرحمن، احمد مهدي.

إلى زوجي المستقبلي شريك حياتي وداعمي في حياتي الجديدة رامي رحايل.  
إلى بهجة البيت عدي.

إلى من شاركني في كل اللحظات هذا المشوار وتحمل معي المتاعب والصعوبات لنجاح هذا  
العمل الي من ساندني عند الضعف وحفزني أواصل المسيرة صديقتي وزميلتي ريان كابوية.

إلى صديقات المواقف لا السنين شريكات الدرب الطويل والطموح البعيد الى من أزلن عن  
طريقي الفشل إلى من كان دوما موضع الإتكاء في عثرات حياتي نهاد مجرداوي واماني ساكر.

إلى من جمعتني بهم أجمل الصدف في الحياة فكانوا خير الرفقة ونعم الأصدقاء: ريان بيبي  
محمد لشهب، دلال ساسان، اماني كركوب، هاجر بن جامع، ياسمين فنطازي.

إلى كل من يعرفني من قريب وبعيد.

مريم



*Dédicace*

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents

A toute ma famille

A mes collègues

A mes amis

*Mouhamed*

## Sommaire

Liste des abréviations.	
Liste des figures.	
Liste des tableaux.	
Liste des cartes.	
Résumés.	
Introduction.....	1

### Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Généralités sur la cartographie .....	3
I.1. Définition d'une carte .....	3
I.2. Définition de la cartographie .....	3
II. Généralités sur la géomatique .....	3
II.1. Définition .....	3
II. 2. L'objectif de la géomatique .....	3
III. Présentation de système d'information géographique (SIG).....	4
III.1. Définition du système d'information géographique .....	4
III.2 Les objectifs poursuivis par les SIG.....	4
III.3. Les composants des SIG .....	4
III.4. Modes des données dans un SIG .....	5
IV. Généralités sur la télédétection .....	6
IV.1. Définition .....	6
IV.2. Principe de la télédétection .....	6
IV.3. Les capteurs .....	7
IV.4. Objectif de la télédétection .....	8

### Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

I. Présentation générale de la wilaya de Skikda .....	9
I.1. Situation géographique .....	9
I.2. Climatologie .....	10
II. Présentation de la zone d'étude .....	10

### Chapitre III : Matériel et méthode

I. L'objectif de l'étude .....	12
II. Matériel utilisé .....	12

II.1 Les appareils .....	12
II.2 Les logiciels utilisés .....	12
III. La méthodologie de travail .....	13
III.1. Acquisition des données utilisées .....	13
III.1.1 Images satellitaires .....	13
III.1.2 Les capteurs Landsat .....	14
IV. Prétraitements .....	17
V. Traitement des images satellitaires .....	17
V.1. Assemblage des bandes.....	17
V.2. Découpage de la zone d'étude .....	18
V.3 Combinaison des couleurs.....	19
V.4. La classification des images satellitaires.....	20
VI. La vectorisation des unités d'occupation (peuplements).....	22
VIII. Élaboration de l' MNT .....	23
VIII.1. Projection de MNT .....	23
VIII.2. Découpage de MNT .....	24
VIII.3. Création des cartes thématiques.....	24
VIII.4. La digitalisation (La transformation des données du mode raster au mode vecteur)....	25
<b>Chapitre IV : Résultats et discussion</b>	
I. Résultats du traitement des données .....	28
I.1. Résultat de prétraitement des images .....	28
I.2. Résultats de la classification supervisée des images satellitaires .....	28
I.3. La dynamique du couvert végétal entre 1987 et 2022.....	29
I.4. La cartographie du peuplement forestier de la zone d'étude .....	32
I.5. La diversité du couvert végétal dans la commune d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout....	34
II. Caractérisation topographique de la zone d'étude .....	35
II.1. La carte des pentes .....	36
II.2. La carte des Expositions .....	38
II.3. La carte des altitudes .....	39
III. L'analyse cartographique de la répartition des peuplements forestiers en fonction des paramètres topographiques.....	41
III.1. La répartition par rapport aux altitudes .....	41

<b>III.2. La répartition par rapport aux pentes.....</b>	<b>42</b>
<b>III.3. La répartition par rapport aux expositions.....</b>	<b>44</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>46</b>
<b>Références bibliographiques.</b>	

## Liste des abréviations

<b>ArcGis</b>	<b>A</b> eronautical <b>R</b> econnnaissance <b>C</b> overage <b>G</b> eographic <b>I</b> nformation <b>S</b> ystem
<b>ASTER</b>	<b>A</b> dvanced <b>S</b> paceborne <b>T</b> hermal <b>E</b> mission and <b>R</b> eflection <b>R</b> adiometer
<b>DEM</b>	<b>D</b> igital <b>E</b> levation <b>M</b> odel.
<b>ESRI</b>	<b>E</b> nvironnemental <b>S</b> ystem <b>R</b> esearch <b>I</b> nstitute
<b>GDEM</b>	<b>G</b> lobal <b>D</b> igital <b>E</b> levation <b>M</b> odel
<b>GPS</b>	<b>G</b> lobal <b>P</b> ositioning <b>S</b> ystem
<b>GUI</b>	<b>G</b> raphical <b>U</b> ser <b>I</b> nterface
<b>IFOV</b>	<b>I</b> ntantaneous <b>F</b> ield <b>O</b> f <b>V</b> iew
<b>IR</b>	<b>I</b> nfra <b>R</b> ouge
<b>MNT</b>	<b>M</b> odel <b>N</b> umérique du <b>T</b> errain.
<b>OLI</b>	<b>O</b> perational <b>L</b> and <b>I</b> mager
<b>RADAR</b>	<b>R</b> adio <b>D</b> etection <b>A</b> nd <b>R</b> anging.
<b>RGB</b>	<b>R</b> ed <b>G</b> reen <b>B</b> leu.
<b>SIG</b>	<b>S</b> ystème d' <b>I</b> nformation <b>G</b> éographique.
<b>TIRS</b>	<b>T</b> hermal <b>I</b> nfra <b>R</b> ed <b>S</b> ensor.
<b>TM</b>	<b>T</b> hematic <b>M</b> apper.
<b>USGS</b>	<b>U</b> nited <b>S</b> tates <b>G</b> eological <b>S</b> urvey
<b>UTM</b>	<b>U</b> niversal <b>T</b> ransverse <b>M</b> ercator.
<b>WGS</b>	<b>W</b> orld <b>G</b> eodetic <b>S</b> ystem

## Liste des figures

N° de la figure	Titre de la figure	Page
<b>Figure 01</b>	Conception de SIG (Gillot, 2009).	05
<b>Figure 02</b>	Exemple de quelques données	05
<b>Figure 03</b>	Exemple des unités de base ( <b>Mode vecteur</b> )	06
<b>Figure 04</b>	Principe de base de la télédétection	07
<b>Figure 05</b>	Les différentes étapes de la télédétection	07
<b>Figure 06</b>	Téléchargement de l'image Landsat depuis le site Earth explorer.	14
<b>Figure 07</b>	Landsat TM5.	16
<b>Figure 08</b>	Landsat 9 OLI-2/TIRS-2.	16
<b>Figure 09</b>	La procédure de l'assemblage des bandes (Composite Bands)	17
<b>Figure 10</b>	Assemblage des bandes de l'image Landsat 9 dans Arc Gis 10.4.	18
<b>Figure 11</b>	La procédure de clip.	18
<b>Figure 12</b>	Découpage de la zone d'étude de Landsat 9 ArcGis 10.4	19
<b>Figure 13</b>	Les différences dans la composition des bandes.	20
<b>Figure 14</b>	La classification supervisée sous ArcGis 10.4	21
<b>Figure 15</b>	La vectorisation d'occupation des sols à l'aide de l'outil Editor dans ArcGis.	22
<b>Figure 16</b>	Model numérique du terrain	23
<b>Figure 17</b>	La procédure de la projection MNT dans ArcGis 10.4	24
<b>Figure 18</b>	Découpage du modèle numérique de terrain	24
<b>Figure 19</b>	La méthodologie de création des cartes (pente-exposition) dans ArcGis 10.4	25
<b>Figure 20</b>	La procédure de la vectorisation d'un raster	25
<b>Figure 21</b>	Méthode d'attribut les analyses statistiques	26
<b>Figure 22</b>	Organigramme de la démarche méthodologique	27
<b>Figure 23</b>	le model numérique du terrain de la zone d'étude	36

## Liste des tableaux

<b>N° du tableau</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 01</b>	Caractéristiques des bandes spectrales de Landsat 5 TM.	15
<b>Tableau 02</b>	Caractéristiques des bandes spectrales de Landsat 9 OLI/TIRS.	16
<b>Tableau 03</b>	Répartition des surfaces Couvert végétal /Hors végétation en 1987 et 2022	29
<b>Tableau 04</b>	La dynamique du couvert végétale entre 1987 et 2022 à l'échelle de la zone d'étude	31
<b>Tableau 05</b>	Qualification du taux de déforestation selon Catalan (1991)	31
<b>Tableau 06</b>	Les superficies du peuplement forestier d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout.	33
<b>Tableau 07</b>	les statistiques des classes des pentes d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout	37
<b>Tableau 08</b>	Les statistiques des classes des expositions d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout.	39
<b>Tableau 09</b>	Les statistiques des classes des altitudes d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout.	40
<b>Tableau 10</b>	la répartition des peuplements forestiers en fonction des tranches d'altitudes	41
<b>Tableau 11</b>	la répartition des peuplements forestiers en fonction des classes des pentes	43
<b>Tableau 12</b>	la répartition des peuplements forestiers en fonction des classes d'expositions	44

## Liste des cartes

<b>N° de la carte</b>	<b>Titer de la carte</b>	<b>Page</b>
<b>Carte 01</b>	Carte de localisation de la Wilaya de Skikda.	09
<b>Carte 02</b>	Situation géographique des communes d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout	11
<b>Carte 03</b>	Carte de la commune d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout de l'année.	28
<b>Carte 04</b>	Carte de la commune d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout de l'année 2022	28
<b>Carte 05</b>	Carte du couvert vegetal en 1987.	29
<b>Carte 06</b>	Carte du couvert vegetal en 2022.	29
<b>Carte 07</b>	La dynamique du couvert végétal entre 1987 et 2022	30
<b>Carte 08</b>	Carte des peuplements forestiers d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout	33
<b>Carte 09</b>	Carte des pentes d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout	37
<b>Carte 10</b>	Carte des expositions d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout	38
<b>Carte 11</b>	Carte des altitudes d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout	40

A green scroll graphic with a white outline and a drop shadow. The scroll is unrolled in the middle, revealing the word "RESUMES" in a bold, black, serif font. The scroll has decorative curls at the top and bottom edges.

# **RESUMES**

### Résumé

Cette étude a été effectuée dans la région d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout, elle vise à établir une évaluation pour déterminer les changements de l'écosystème durant 35 ans (1987-2022) par l'application des techniques du Système d'Information Géographique et la télédétection.

La méthodologie suivie dans cette étude est basée essentiellement sur le traitement et l'analyse des images satellitaires Landsat TM 5 et OLI/TIRS 9, pour donner des cartes du couvert végétal durant les années 1987 et 2022. Le résultat obtenu montre que durant 35 ans, le couvert végétal a subi une diminution ou la superficie est passée de 54.63% en 1987 à 51.86% en 2022.

L'élaboration de la carte de la dynamique du couvert végétal à base des cartes d'occupation du sol par la végétation de 1987 et 2022, permis de calculer la superficie de la régression et progression de la végétation, au niveau de la zone d'étude. Les résultats obtenus montre que durant 35 ans, le couvert végétal a connu une régression de 12,50 % et une progression de 9.74% ; alors que la stabilité est autant que 42.12% de la superficie totale.

L'interprétation des images satellitaires de très haute résolution de Google Earth, ainsi que les données recueillies sur terrain permettent d'élaborer la carte des peuplements forestiers de la zone d'étude. Cette région se caractérise par un couvert végétal formé principalement par les groupements à chêne liège, chêne zeen, les maquis denses à base d'oléo-lentisque et d'autres arbustes telle que le myrte et Plantations à Eucalyptus etc. ...

Le traitement du MNT, a permis d'avoir une caractérisation topographique de la zone d'étude par l'élaboration de la carte des pentes, des Expositions et des altitudes. Les résultats obtenus montrent que le terrain de la commune se caractérise par un relief moyennement accidenté. On note que la dominance de la classe des pentes faible et moyenne ( $3^{\circ}$  à  $9^{\circ}$ ) avec 53.87% de la superficie de la commune. Pour le facteur Exposition, les expositions Sud dominant le territoire avec 46.11 %, en ce qui concerne le facteur altitude la zone d'étude est dominée par une plage d'altitude comprise entre 43 à 400 m avec 64% de la superficie totale.

Le géotraitement effectuer par l'intersection de la carte des peuplements avec les cartes thématiques a permis d'avoir des résultats statistiques sur la répartition des peuplements en fonction de la variabilité des milieux physiques.

**Mots clés :** SIG, Télédétection, images satellitaires, Landsat, MNT, cartes thématique, Ain Kechra, Ouldja Boulballout

## Summary

This study was conducted in the Ain Kechra and Ouldja Boulballout region with the aim of conducting an assessment to determine ecosystem changes over a period of 35 years (1987-2022) through the application of Geographic Information System (GIS) techniques and remote sensing.

The methodology followed in this study is primarily based on the processing and analysis of Landsat TM 5 and OLI/TIRS 9 satellite images to generate vegetation cover maps for the years 1987 and 2022. The obtained result shows that over a period of 35 years, the vegetation cover has undergone a decrease, with the area decreasing from 54.63% in 1987 to 51.86% in 2022.

The elaboration of the vegetation cover dynamics map based on the vegetation land use maps from 1987 and 2022 allowed for the calculation of the area of vegetation regression and progression within the study area. The obtained results indicate that over a period of 35 years, the vegetation cover experienced a regression of 12.50% and a progression of 9.74%, while stability accounted for 42.12% of the total area.

The interpretation of very high-resolution satellite images from Google Earth, as well as data collected in the field, allows for the development of a map of forest stands in the study area. This region is characterized by a vegetation cover primarily composed of cork oak, zeen oak, dense maquis formations consisting of lentisk and other shrubs such as myrtle, and Eucalyptus plantations, among others.

The processing of the Digital Elevation Model (DEM) allowed for the topographic characterization of the study area through the creation of slope, aspect, and elevation maps. The obtained results show that the terrain of the municipality is moderately rugged. It is noteworthy that the dominant class of slopes is low to moderate ( $3^{\circ}$  to  $9^{\circ}$ ), covering 53.87% of the municipality's area. Regarding aspect, south-facing slopes dominate the territory with 46.11%. As for the elevation factor, the study area is characterized by an altitude range between 43 and 400 meters, covering 64% of the total area.

The geoprocessing performed by intersecting the stand map with thematic maps has allowed for statistical results on the distribution of stands based on the variability of physical environments.

**Keywords:** GIS, remote sensing, satellite image, Landsat, DEM, thematic maps, Ain Kechra, Ouldja Boulballout

## ملخص

تم إجراء هذه الدراسة في منطقة عين قشرة والولجة بوالبلوط، وتهدف إلى إجراء تقييم لتحديد تغيرات النظام البيئي على مدى 35 عامًا (1987-2022) باستخدام تقنيات نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

يستند المنهج المتبع في هذه الدراسة بشكل أساسي إلى معالجة وتحليل صور الأقمار الصناعية من نوع TM 5 و OLI/TIRS 9 بهدف إنتاج خرائط الغطاء النباتي خلال الفترة من عام 1987 و 2022. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن تغيراً حدث على مستوى الغطاء النباتي خلال 35 عام، حيث تراجعت المساحة من 54.63% في عام 1987 إلى 51.86% في عام 2022.

تم إعداد خريطة ديناميكية للغطاء النباتي باستخدام خرائط توزيع النباتات لعامي 1987 و 2022، مما سمح بحساب مساحة انحسار وتقدم النباتات في منطقة الدراسة. أظهرت النتائج المحصل عليها أن تغيرات في تغطية النباتات خلال 35 عامًا، حيث تراجعت المساحة بنسبة 12.50% وتقدمت بنسبة 9.74%، في حين بقيت المساحة المستقرة ثابتة عند 42.12% من المساحة الكلية.

تفسير الصور الفضائية ذات الدقة العالية جدًا لـ Google earth بالإضافة إلى البيانات المجمع على الأرض، يمكن أن يساهم في إعداد خريطة توزيع الغابات في منطقة الدراسة. تتميز هذه المنطقة بتغطية نباتية تتكون في الأساس من مجموعات من بلوط الفلين، السنديان الزاني، غابات كثيفة أساسها أشجار الزيتون والبطم العدسي، وشجيرات أخرى كالريحان والكافور...

معالجة بيانات النموذج الرقمي للأرض MNT أتاحت توصيفاً تضاريسياً لمنطقة الدراسة من خلال إعداد خريطة المنحدرات والمعارض والارتفاعات. تشير النتائج المحصل عليها إلى أن منطقة الدراسة تتميز بتضاريس معتدلة الانحدار. نلاحظ أن الفئة المهيمنة للمنحدرات الضعيفة والمتوسطة (3° إلى 9°) تشكل 53.87% من مساحة البلدية. بالنسبة لعامل المعارض، تهيمن المعارض الجنوبية على الأراضي بنسبة 46.11%. أما بالنسبة لعامل الارتفاع، فإن منطقة الدراسة تهيمن عليها نطاق ارتفاع يتراوح بين 43 و 400 متر، ويشكل 64% من المساحة الإجمالية.

تمكنت المعالجة الجغرافية المجراة عن طريق تقاطع خريطة التجمعات مع الخرائط الموضوعية من الحصول على نتائج إحصائية حول توزيع التجمعات بناءً على تباين البيئات الفيزيائية.

**الكلمات الرئيسية:** نظام المعلومات الجغرافية؛ الاستشعار عن بعد؛ صور الأقمار الصناعية؛ لاندسات، لنموذج الرقمي للأرض؛ الخرائط الموضوعية، عين قشرة، الولجة بو البلوط

A green scroll graphic with a white outline and a drop shadow. The scroll is unrolled in the middle, showing the word "INTRODUCTION" in a bold, black, serif font. The top and bottom edges of the scroll are rolled up, with the top edge showing a white circular detail. The scroll is positioned horizontally in the center of the page.

# **INTRODUCTION**

## Introduction

Les écosystèmes terrestres et marins jouent un rôle de premier ordre dans la régulation du climat. Ils absorbent la majorité des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et autres gaz dans l'atmosphère. Les écosystèmes forestiers jouent un rôle clé dans la vie quotidienne et l'environnement immédiat des hommes (**Thapa et al., 2014**).

L'Algérie fait partie intégrante du bassin méditerranéen, l'un des berceaux des plus anciennes civilisations au monde et l'une des régions où les ressources naturelles (faune, sol, végétation) ont fait l'objet de sollicitations précoces. Ce qui n'a pas été sans répercussions sur leur bon état et leur pérennité. Comme dans toute la région méditerranéenne, l'Algérie a connu des agressions humaines contre son milieu naturel et par conséquent une destruction de la flore et de la faune. " Situées dans une zone où l'impact humain s'est poursuivi, les forêts méditerranéennes ont été le plus souvent pillées voire détruites par les civilisations successives qui ont trouvé des matériaux indispensables à la survie ou qui les ont considérées comme un obstacle à leur développement" (**Quzel, 1976**).

La commune d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout font partie de la richesse et la diversité faunistique et floristique de la région Nord Algérienne, où elles sont exposées à de nombreuses atteintes naturelles et anthropiques (l'intensification de la déforestation, Incendies. L'expansion urbaine au détriment de la richesse forestière).

La gestion et la caractérisation de cette richesse floristique à l'état actuel ou passe nécessite des moyens et des techniques adéquates pour étudier leur évolution dans l'espace et dans le temps.

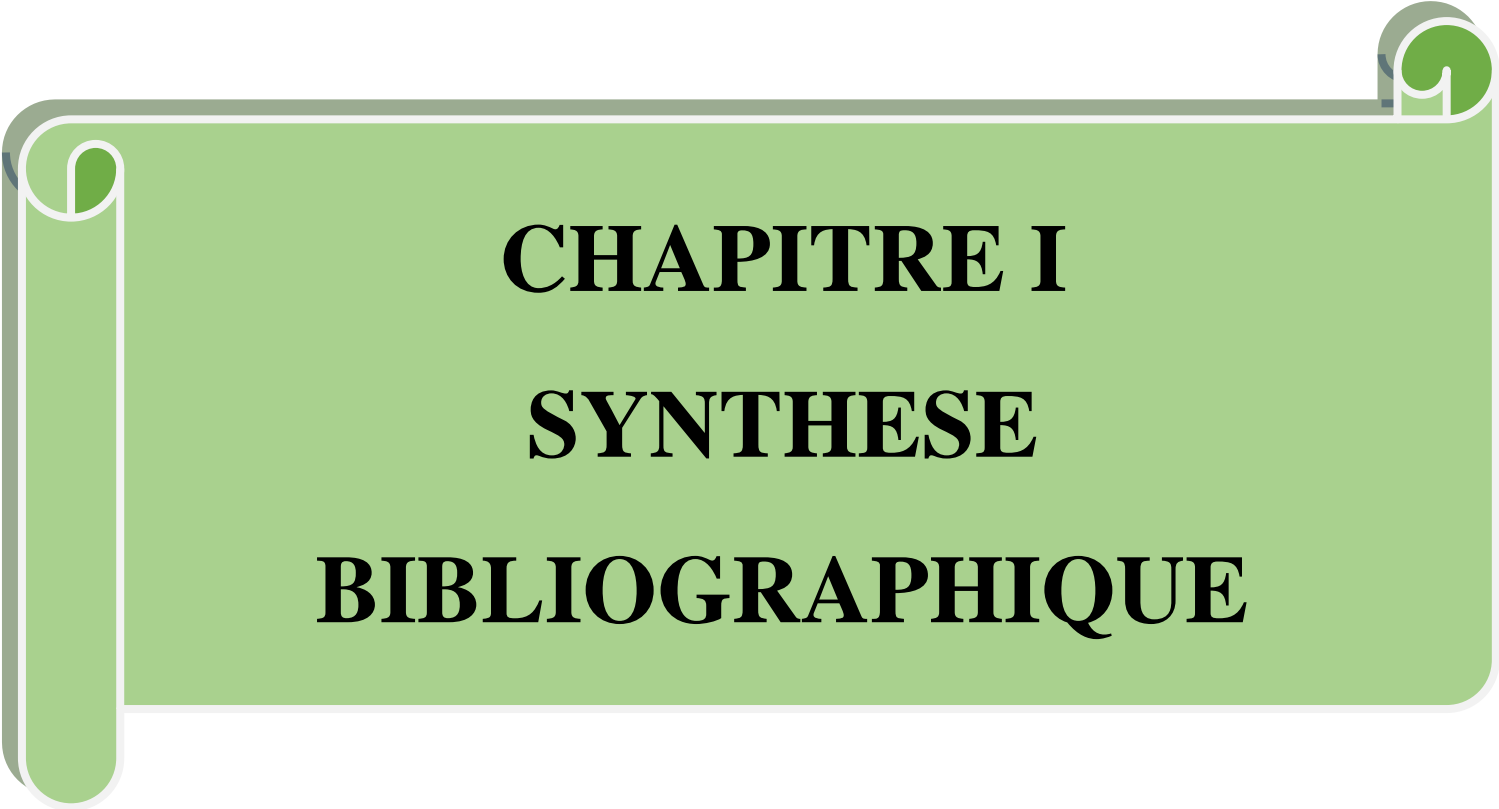
Dans ce travail basé sur les techniques de la géomatique depuis le traitement et la collecte des données satellitaires (Landsat 9 et Landsat TM5, Aster GDEM) jusque au système d'information géographique ou ce dernier exécution une ensemble des cartes thématiques qui réalise le terrain et cartes d'occupation du sol.

Par conséquent, le travail est organisé comme suit :

- Le premier chapitre : comprend généralité sur le SIG et télédétection.
- Le deuxième chapitre : est une présentation de la zone d'étude.
- Le troisième chapitre : consacre la méthodologie et la démarche de la création et

l'élaboration des cartes.

- Le quatrième chapitre : représentant l'interprétation et les résultats obtenu (cartes et des statistiques).



**CHAPITRE I**  
**SYNTHESE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

## I. Généralités sur la cartographie

### I.1. Définition d'une carte

Une carte géographique est une représentation d'une espace géographique. Elle met en valeur l'étendue de cet espace, sa localisation relative par rapport aux espaces voisins, ainsi que la localisation des éléments qu'il contient. Les cartes servent également à représenter des phénomènes géographiques, c'est-à-dire des phénomènes dont la configuration spatiale produit du sens (**Wood et Krygier ,2005**)

### I.2 Définition de la cartographie

La cartographie désigne la réalisation et l'étude des cartes. Le principe majeur de la cartographie est la représentation de données sur un support réduit représentant un espace réel. Ceci se fait par une prise d'informations sur le terrain. 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 (**Girad et Girad, 1999**).

## II. Généralités sur la géomatique

### II.1. Définition

Une discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale par l'intégration des sciences et des technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion (**Bergeron, 1992**).

### II.2. L'objectif de la géomatique

De façon générale, la géomatique vise à :

- Définir les bases de la référence spatiale.
- Développer et utiliser les méthodes, techniques et outils pour localiser et mesurer les différents éléments du territoire, existants ou les mettre en place.
- Intégrer ou rendre intégrables les données obtenues en fonction des systèmes de référence choisis (modélisation mathématique pour transformer un besoin du monde réel).
- Offrir des données et informations de qualité.
- Améliorer leur traitement, stockage et diffusion grâce à l'informatique (**C.C.T, 1999**).

## III. Présentation de système d'information géographique (SIG)

### III.1. Définition du système d'information géographique

D'après **Thériault (1992)**, SIG est un ensemble des principes et méthodes d'instruments et de données à référence spatiale utilisées pour saisir, conserver, extraire, mesurer, transformer, analyser, modéliser, Simuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique.

### III.2. Les objectifs poursuivis par les SIG

Les buts des S.I.G sont nombreux et ne peuvent pas être limités, nous pouvons citer quelques-uns :

- Exécution des requêtes et analyses géographiques.
- Prise des meilleures décisions plus rapidement.
- Production des cartes.
- Stockage des informations de façon claire et définitive.
- Gestion d'une multitude d'informations attributaires sur des objets.
- Établissement rapide des cartographies.
- Localisation dans l'espace et dans le temps (**Chalabi et Boutaleb, 2021**).

### III.3. Les composants des SIG

Un SIG comprend principalement cinq composantes :

- Le matériel informatique.
- Le logiciel SIG.
- Les données organisées en bases.
- Les méthodes.
- Les ressources humaines (les utilisateurs).



Figure 01 : Conception de SIG (Gillot, 2009)

#### III.4. Modes des données dans un SIG

Les Systèmes d'Information Géographique exploitent deux différents types de modèles géographiques (Iaat, 2003).

- **Les données raster**

La structure des données raster est une abstraction du monde réel où les données spatiales sont divisées de manière régulière en ligne et en colonne, à chaque valeur ligne / colonne (pixel) est associées une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace, La discontinuée du modèle de données raster lui qualifié pour certains types d'opérations spatiales telle que la superposition, le calcul de superficie, ou la modélisation de simulation (Skidmore, 2002).

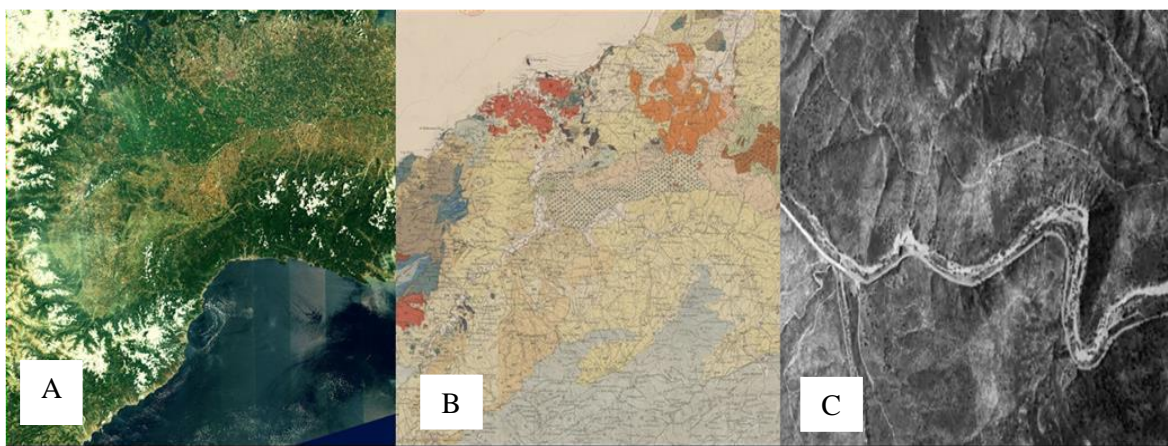
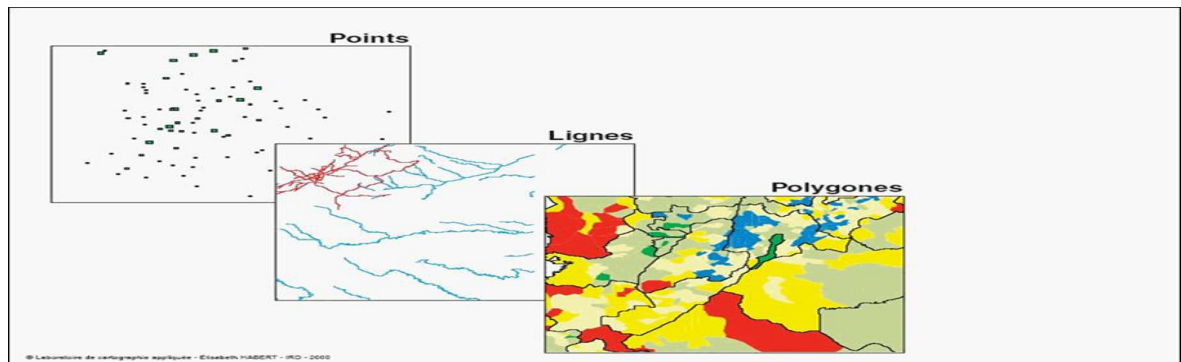


Figure 02 : Exemple de quelques données Raster (a : image satellitaire, b : image scannée, c : ortho Photo aérienne).

- Les données vectorielles

Les éléments géographiques représentés grâce à des données vectorielles sont localisés par des coordonnées (X, Y). Ils sont constitués de trois types d'entités.



**Figure 03** : Exemple des unités de base (**Mode vecteur**)

- Points (ponctuels) : points géodésiques, des observations GPS.
- Lignes (linaires) : les axes de rue, cours d'eau.
- Polygones (surfaciens) : les états, les départements, les parcelles, les communes, les forêts, les lacs, une zone bâtie (**Chalabi et Boutaleb, 2021**).

#### IV. Généralités sur la télédétection

##### IV.1. Définition

La télédétection peut être définie au sens large comme l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci (**Kergomard, 2004**).

Les captures des images se font à l'aide de vecteurs (pigeon, cerfs-volants, ballons, avions, fusées, hélicoptères, satellites, etc.) portant des capteurs (caméras, radars, etc.) (**Abozan, 2020**).

##### IV.2. Principe de la télédétection

Le principe de base de la télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme, donc la télédétection est le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux (**Figure 04**) qui sont une source d'énergie, une cible et un vecteur.

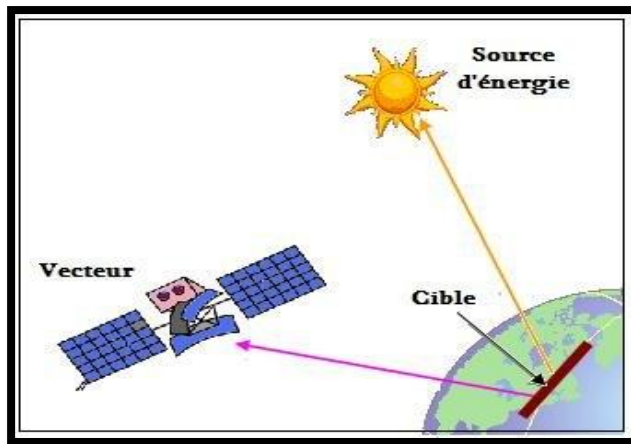


Figure 05 : Principe de base de la télédétection

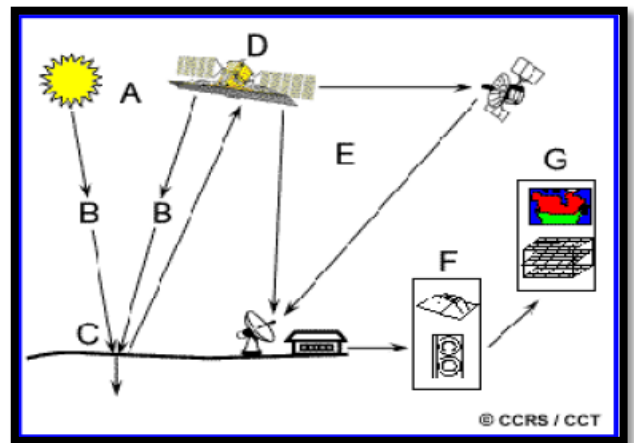


Figure 04 : Les différentes étapes de la télédétection

- **La cible** est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelque dizaine de mètres à plusieurs milliers de kilomètres carrés.
- **La source d'énergie** est l'élément qui éclaire la cible en émettant une onde électromagnétique (flux de photons), la source d'énergie est le soleil. Néanmoins, la technologie RADAR nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite, dans ce cas le satellite lui-même est source d'énergie.
- **Le vecteur ou plateformes** télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible. Le vecteur peut-être un satellite mis en orbite dans l'espace ou bien un avion qui survole la surface de la terre à l'intérieur de l'atmosphère (Choufaoui et al., 2022).

### IV.3. Les capteurs

- **Les capteurs passifs**

Produit sa propre énergie pour illuminer la cible. Il dégage un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible. Il a l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou la saison (Demdoume et Zoubair, 2020).

- **Les capteurs actifs**

Peut seulement percevoir l'énergie réfléchi lorsque le soleil illumine la terre. Il n'y a donc pas d'énergie solaire réfléchi le soir, tandis que l'énergie dégagée naturellement (infrarouge thermique) peut être perçue le jour ou la nuit. (CCT, 2013)

## IV.4. Objectif de la télédétection

La télédétection permet la production d'image ou de photographie qui, par l'interprétation des informations acquises, aboutit à des applications multiples et une meilleure gestion des ressources naturelles de notre planète :

- Surveillance de l'environnement
- Agriculture
- Cartographie
- Aménagement

Les satellites, grâce vision nouvelle des paysages ruraux, ont fait prendre conscience des possibilités immenses offertes par la télédétection dans la connaissance de l'agriculture et l'étude des paysages. On dispose là d'un nouvel outil de prospection qui peut être envisagé en terme de complémentaire ou de substitution à une enquête classique au même titre que photographies aériennes. Actuellement l'imagerie satellite est devenue accessible par une grande souplesse dans son utilisation et son cout acceptable comparé aux techniques cartographiques traditionnelles (**Khaldi, 2006**).



**CHAPITRE II**

**PRESENTATION DE LA**

**ZONE D'ETUDE**

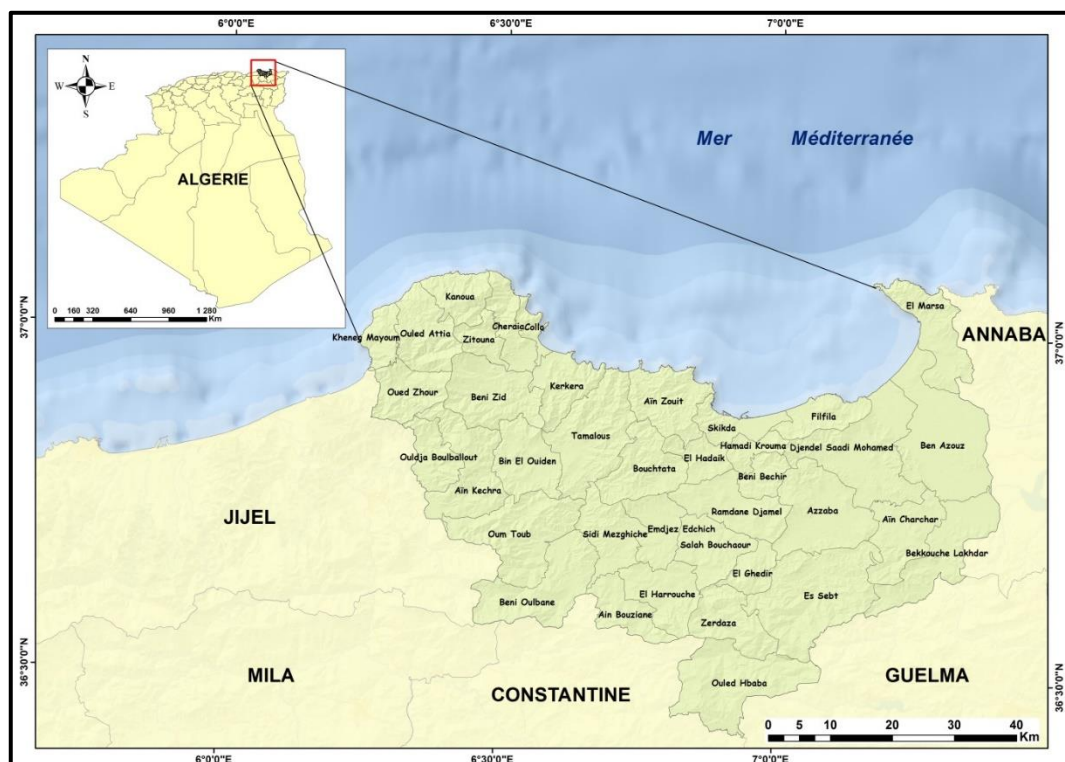
### I. Présentation générale de la wilaya de Skikda

#### I.1 Situation géographique

La wilaya de Skikda s'étend sur une superficie de 4 118 km<sup>2</sup>, se situe dans la partie Nord-Est du pays, elle est comprise entre 36°52' et 36°50' de latitude Nord et entre 6°54' et 6°50' Est des longitudes localisées entre l'Atlas Tellien et le littoral méditerranéen. Elle dispose de 140 km de côtes qui s'étalent d'El Marsa à l'Est jusqu'à Oued Zhour aux fins fonds du massif de Collo à l'Ouest (**Benamira, 2017**).

Elle est limitée :

- Au Nord par la mer Méditerranée.
- Au Sud par les wilayas de Constantine et Mila.
- A l'Est par les wilayas de Guelma et Annaba.
- A l'Ouest par la wilaya de Jijel.



**Carte 01** : Carte de localisation de la Wilaya de Skikda. (**Heouaine et Mihoubi, 2018**).

### I.2 Climatologie

La wilaya appartient aux domaines bioclimatiques humides et subhumides, l'étage humide couvre la zone occidentale montagneuse ainsi que les sommets à l'Est et au Sud (**Belaribi et Halladj, 2015**).

#### • La température

L'action de la température est considérable, elle s'exerce d'une part sur la pédogenèse et d'autre sur la végétation.

- Dans la wilaya de Skikda, la température moyenne minimale du mois le plus froid est enregistrée au mois de février (10.4°C), et la température moyenne maximale du mois le plus chaud est enregistrée au mois d'Août (32.2°C) (**Station météorologique de la wilaya de Skikda de l'année 2014**).

#### • La pluviométrie

Les précipitations sont des données climatiques très variables dans l'espace et dans le temps. L'étude de ce paramètre permet de dégager son influence vis-à-vis des plantes, et son rôle direct sur le sol (**Boulkenafet, 2006**).

La quantité moyenne annuelle est de 737,6mm, juillet et août représente les mois les plus secs.

#### • Le vent

Au niveau de la wilaya de Skikda le maximum observé est (4 m/s) pendant le mois Décembre, le minimum est (2,6 m/s) pendant le mois de septembre.

#### • L'humidité

Dans la journée voisine les 70% sauf pour le mois de janvier où elle dépasse légèrement ce seuil. (**Station météorologique de la wilaya de Skikda de l'année 2014**).

#### • Le brouillard

Est observé essentiellement en février et avril ; il est très faible et inexistant pendant l'automne et l'hiver. (**Amieur, 2005**)

Le territoire de notre zone d'expérimentation Daïra d'Ain Kechra regroupe deux communes : **Ain Kechra et Ouldja Boulballout**.

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

La Daïra d'Ain Kechra située à l'extrême Ouest de la wilaya de Skikda, couvre une superficie totale de 213.21 Km<sup>2</sup> qui englobe deux communes, elle est située géographiquement entre latitude 36°45'et 36°51'Nord et entre 6°30' et 6°20' des longitudes Est.

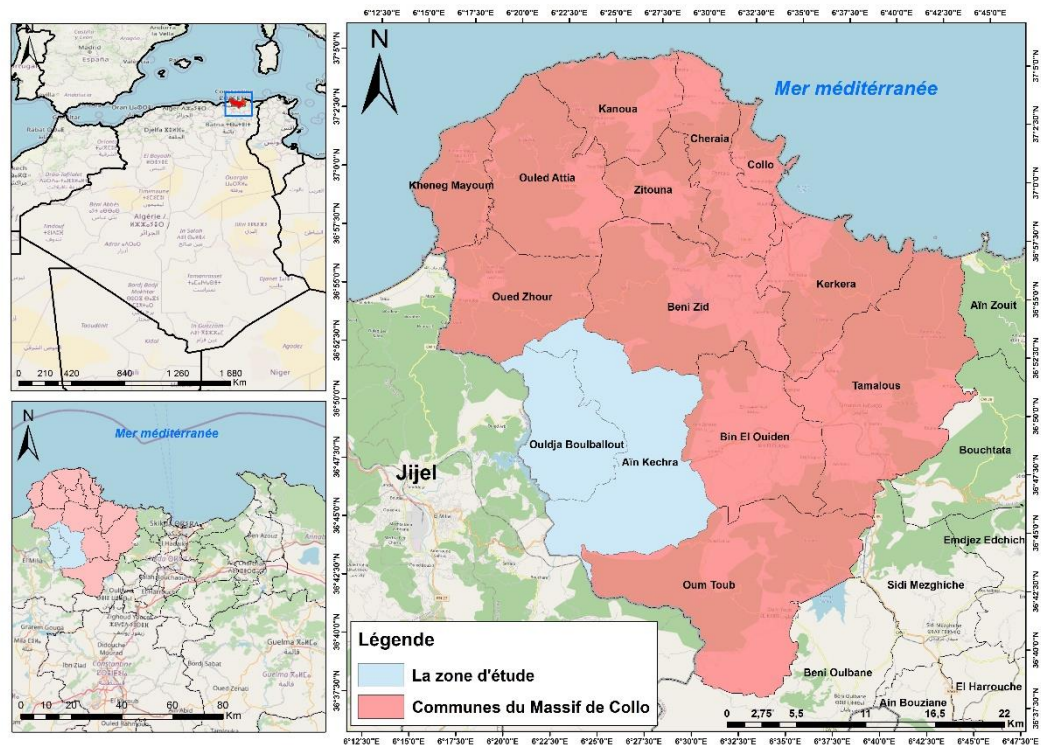
Elle est située administrativement :

- Au Nord : les communes de Beni Zid et Oued Z'hor.
- Au Sud : les communes Oum Toub ; Settara.
- A l'Est : les communes Bin El Ouiden, Beni Zid.
- A l'Ouest : la commune de El Milia la wilaya de Jijel.

La région d'Ain Kechra caractérise par un climat méditerranéen avec un été sec et chaud et un hiver doux et pluvieux, la pluviométrie de la région atteint parfois 1500 mm/an, ce qui permet le développement d'une végétation très dense et souvent impénétrable (**Bouhammara et Chaabna, 2019**).

La pédologie de la région d'étude caractérise par deux catégories (sols podzoliques ; sols insaturé) ou se trouve essentiellement des formations de chênes lièges, chênes zeen, avec de vaste plantation de lentisques, d'oliviers et d'autres arbres fruitiers

Le territoire de la zone d'étude caractérise par des reliefs moyennement accidenté ou se trouve les montagnes **Hadjar Mefrouch** à sommet de **834 m** et **Hadjar Demous** à **828 m**.



**Carte 02** : Situation géographique des communes d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout



**CHAPITRE III**  
**MATERIEL ET METHODES**

### I. L'objectif de l'étude

Dans cette étude, nous tenterons d'appliquer les techniques géomatiques du traitement des images satellitaires à un système d'information géographique pour réaliser une carte des utilisations du sol et de la végétation à l'Ouest de l'état de Skikda. Pour mener notre étude, nous avons défini une démarche visant à :

- Cartographie de toutes les unités (couvert végétal et Hors végétation) dans la partie occidentale de la province de Skikda à partir d'un traitement d'images satellites Landsat avec le logiciel **ArcGIS**.

- Étudier l'évolution spatio-temporelle de l'écosystème de la commune d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout de 1987 à 2022.

- Caractériser la topographie de la zone d'étude par **MNT** (élaboration des cartes des pentes, d'expositions et d'altitudes).

- L'analyse cartographique de la répartition des peuplements forestiers en fonction des paramètres topographiques

- Créer une base des données spatiale pour stocker et interroger des données liées aux objets géo-référencés et à leurs utilisations par traitement informatique.

### II. Matériel utilisé

#### II.1. Les appareils

- Un microordinateur (pour exploitation ArcGIS)
- Un Smartphone pour exploité les applications géographiques (GPS).

#### II.2. Les logiciels utilisés

- **Arc GIS**

ArcGIS est un ensemble de logiciels d'information géographique développés par la société américaine **Esri** (**E**nvironmental **S**ystems **R**esearch **I**nstitute). Système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde. C'est un espace accessible pour tout que ce soit web ; Smartphone ; microordinateur (**Hadef, 2010**).

### • Google Earth Pro

Le logiciel Google Earth est un logiciel qui permet une visualisation de la Terre (et d'autres astres) avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires. Ce logiciel permet à tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix. Nous l'utilisons pour visualiser, valider ou infirmer les classes que nous avons établies. (Sankande, 2018).

Google Earth Pro est un logiciel ouvert qui, bien qu'il ne soit pas un "vrai" SIG, permet la visualisation, l'évaluation, la superposition et la création de données géospatiales.

### III. La méthodologie de travail

#### III.1. Acquisition des données utilisées

##### III.1.1. Images satellitaires

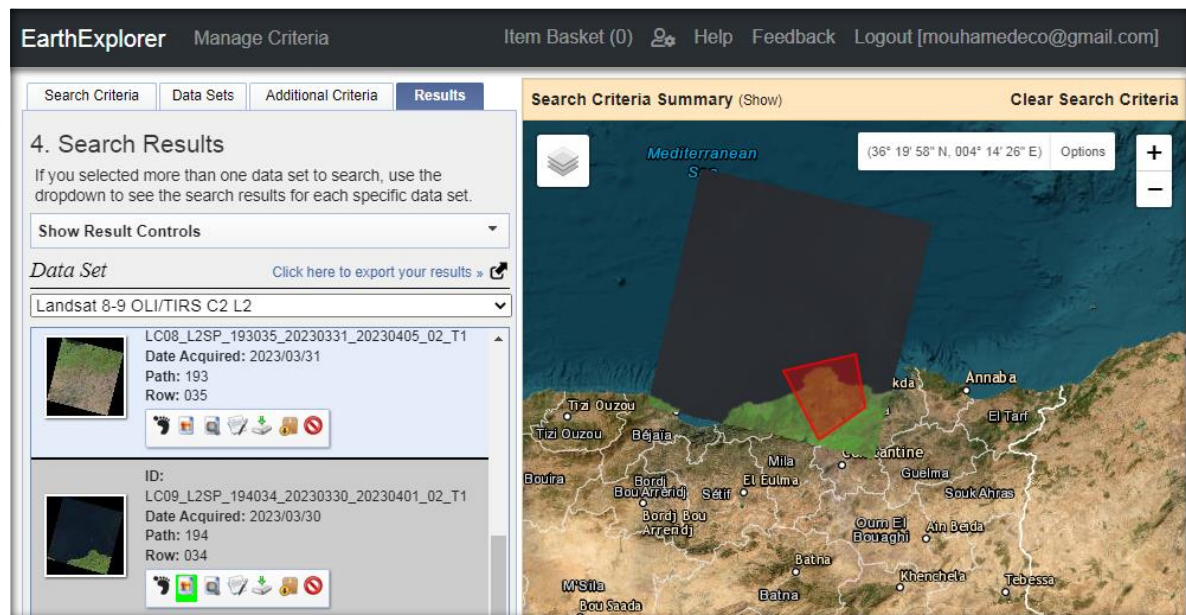
Une image satellitaire est une image numérique, c'est-à-dire un ensemble de valeurs, et non une photographie ; chaque valeur correspond à une réflectance, ou à une luminance, mesurée pour une unité de surface appelée pixel. Pour traduire cette image numérique en image colorée et parlante, il faut utiliser un logiciel de traitement des données. (Sankande, 2018).

### • Earth Explorer

Fournit une recherche en ligne, un affichage de navigation téléchargement des données et exportation de métadonnées pour aider les scientifiques et les utilisateurs à accéder à données sur les sciences de la terre provenant des archives de l'U.S Geological Survey (USGS). (Source :<http://earthexplorer.usgs.gov>).

Les principales fonctionnalités d'Earth Explorer incluent :

- Moteur de recherche géospatiale rapide.
- Les capacités de demande textuelle.
- Interface utilisateur graphique (GUI) simple, rapide.
- sauvegardez ou exportez les requêtes, les résultats et la superposition de cartes pour les réutiliser.



**Figure 06 :** Téléchargement de l'image Landsat depuis le site Earth explorer.

### III.1.2. Les capteurs Landsat

Dans ce travail on a besoin d'une image satellitaire chargée à partir de deux capteurs (LANDSAT 5 TM, LANDSAT 9 OLI/TIRS). Ces données sont une excellente source d'informations pour la recherche, en plus des téléchargements gratuits et faciles à partir du site <https://earthexplorer.usgs.gov> de la USGS. Les bandes sont automatiquement empilées et ré-projetées dans la zone 32 Nord projetée WGS 84 Universel Transverse Mercator (UTM). Ces images spatiales ont été prises pendant l'été. Le choix de ce période pour la couverture de nuage et aussi l'intensité des rayonnements émis par la terre (couvert végétal).

Les tableaux ci-dessous éclaircissent les attributs des capteurs Landsat, domaine spectral, les résolutions et leurs applications.

- **Landsat5 TM (Thematic Mapper) :**

Dans ce satellite les données ont été acquises en sept bandes collectivement. La scène TM a un champ de vision rapide IFOV de 30 m dans les bandes 1 à 5 et 7 alors que la bande 6 a un IFOV (Instrument Field Of View) de 120 m.

**Tableau 01** : Caractéristiques des bandes spectrales de Landsat 5 TM.

Source (Saritürk et al., 2018).

Bandes	Domaine Spectral (µm)	Résolution (mètre)	Application
1	0.45-0.52 bleu	30	Cartographie bathymétrique, distinguant sol de végétation et feuillus de conifères végétation.
2	0.52-0.60 vert	30	Met l'accent sur la végétation de pointe, ce qui est utile pour évaluer la vigueur des plantes.
3	0.63-0.69 rouge	30	Discrimine les pentes de végétation
4	0.76-0.90 proche IR	30	Met l'accent sur la teneur en biomasse et les rivages.
5	1.55-1.75	30	Discrimine la teneur en humidité du sol et végétation ; pénètre les nuages fins
6	10.40-12.50	30	Cartographie thermique et estimation de l'humidité du sol.
7	2.08-2.35	120	Roches altérées hydro-thermiquement associées à gisements minéraux.

**• Landsat 9 OLI-2/TIRS-2 :**

Landsat 9 contient deux capteurs modérés (OLI-2/TIRS-2). Le capteur Oli-2 (Operational Land Imager 2) présente une image de neuf bandes spectrales avec une résolution spatiale de 30 mètres pour les bandes 1 à 7 et 9.

Une résolution spatiale allant jusqu'à 15 mètres pour la bande 8 (panchromatique), les bandes 1 (ultra-bleu ) utilisé pour les études aérosols et les zone côtière et la bande 9 employer pour l' étude de cirrus et nuage, le capteur TIRS-2 (Thermal Infrared Sensor) elle montre plus précision dans la détection des surfaces tempérées et cela grâce à deux bandes développé 10-11 qui a une résolution spatial 100 mètres.

**Tableau 02** : Caractéristiques des bandes spectrales de Landsat 9 OLI/TIRS.

(Source : (<https://usgs.gov/landsat> )

Bandes	Domaine Spectral ( $\mu\text{m}$ )	Résolution (mètre)	Application
1	0.435–0.451	30	Zone côtière et aérosols.
2	0.452–0.512 ( <b>bleu</b> )	30	Pigment -différenciation sol /végétaux zones côtières
3	0.533–0.590( <b>vert</b> )	30	Pigment-zones côtières
4	0.636–0.673( <b>rouge</b> )	30	Pigment- zones côtières
5	0.851–0.879 ( <b>proche IR</b> )	30	Feuillage-Zone côtières
6	1.566–1.651	30	Feuillage
7	2.107–2.294	30	Minéral lithologie
8	0.503–0.676	15	Panchromatique
9	1.363–1.384	30	Cirrus et nuage
10	10.60–11.19	100	Thermique
11	11.50–12.51	100	Thermique



**Figure 07** : Landsat TM5.



**Figure 08** : Landsat 9 OLI-2/TIRS-2.

#### IV. Prétraitements

Les prétraitements sont des opérations réalisées sur les images de télédétection avant l'analyse et l'interprétation des images. Les corrections visent à compenser les perturbations de la radiométrie et la géométrie de l'image intervenant lors de la prise de vue (Escadafale et al., 1999).

- **Les corrections radiométriques**

Les données radiométriques obtenues par le capteur satellite sont affectées par un certain nombre de facteurs tels que les caractéristiques du capteur et l'état de l'atmosphère (Bouzi, 1999).

- **Les corrections géométriques**

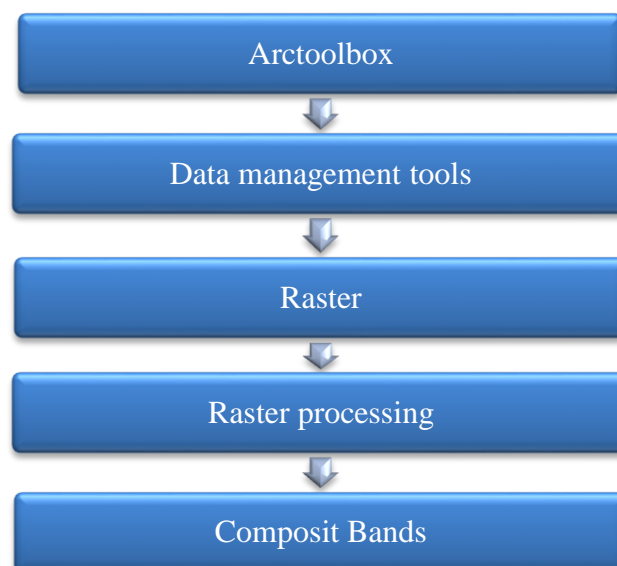
Correction des distorsions géométriques de l'image dues à plusieurs sources d'erreurs telles que les données enregistrées par le capteur du satellite ne sont pas présentées dans une projection cartographique courante, (Bouzi, 1999).

Les données satellitaires téléchargées sont prétraitées et rectifiées au préalable par USGS.

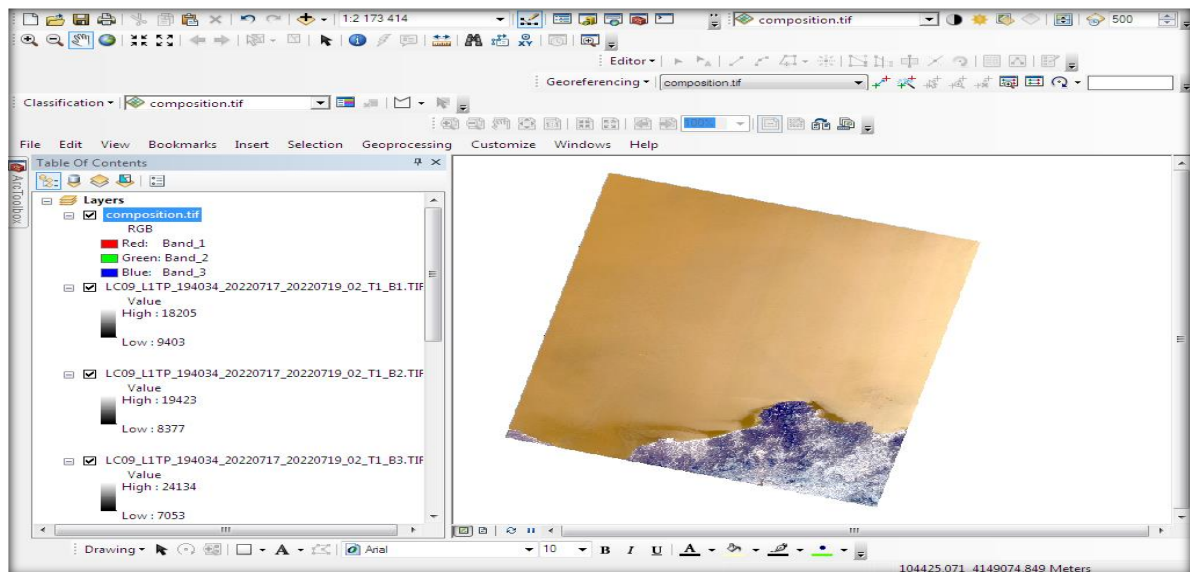
#### V. Traitement des images satellitaires

##### V.1. Assemblage des bandes

L'assemblage consiste à associer les bandes de la même résolution spatiale de chaque scène en un seul fichier, pour créer ce dernier on utilise l'outil ArcToolbox (composite bands). Les étapes figurent ci-dessous :



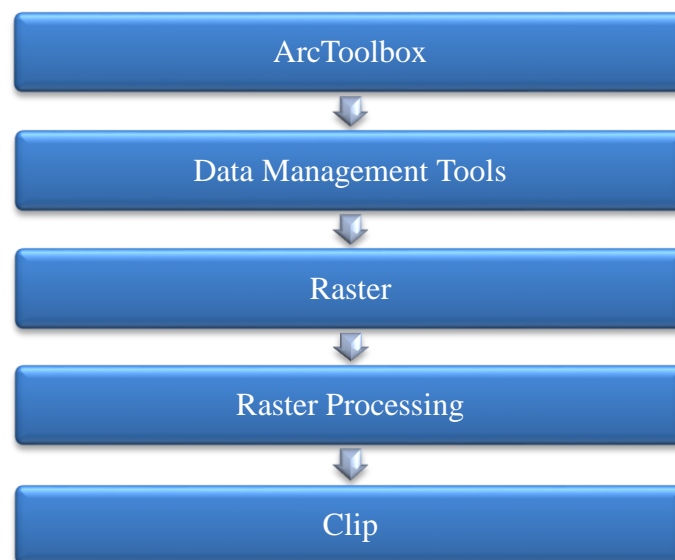
**Figure 09** : La procédure de l'assemblage des bandes (Composite Bands)



**Figure 10 :** Assemblage des bandes de l'image Landsat 9 dans Arc Gis 10.4.

## V.2 Découpage de la zone d'étude

Cet outil permet de découper une partie d'un ensemble de données avec un vecteur qui limite la zone d'étude. Il est particulièrement utile pour la création d'un jeu de données, également appelé zone d'intérêt. Cette étape est réalisée par clip raster de l'Arctoolbox (**Figure 11**).



**Figure 11 :** La procédure de clip.

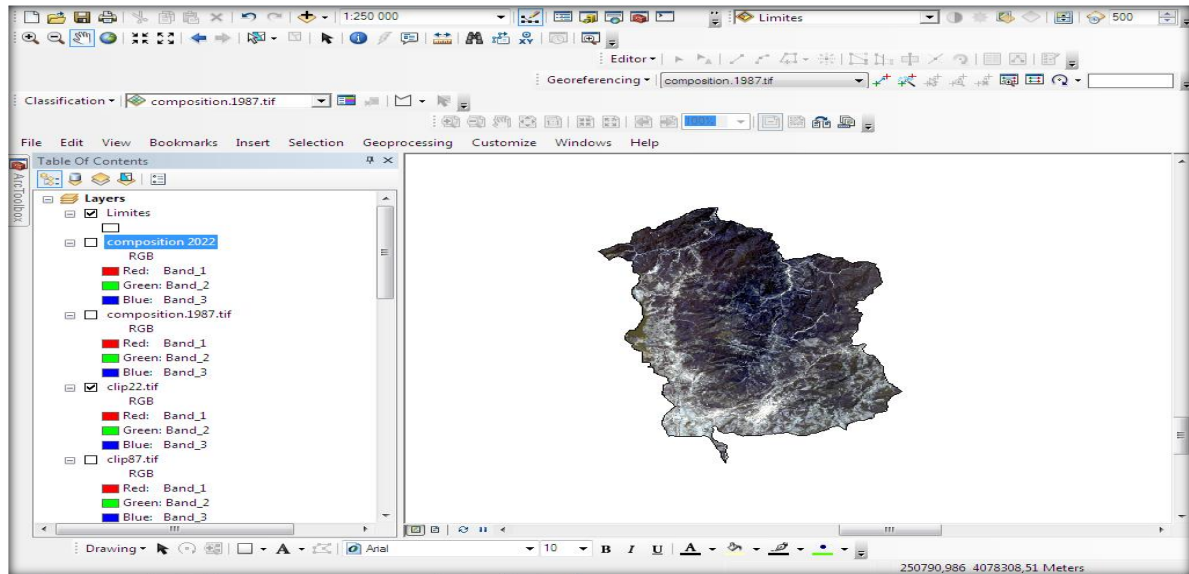


Figure 12 : Découpage de la zone d'étude de Landsat 9 ArcGis 10.4

### V.3 Combinaison des couleurs

Les données multi spectrales sont obtenues par des enregistrements simultanés dans un petit nombre des bandes spectrales (3 à 8), celles-ci n'étant pas nécessairement contiguës.

La représentation par combinaison de ces bandes d'information numérique en utilisant les trois couleurs primaires (**rouge, vert, bleu**) permet d'obtenir des images en couleurs. Les données de chaque bande sont représentées comme une couleur primaire et, selon la luminosité relative (c'est-à-dire valeur numérique) de chaque pixel dans chaque bande, les couleurs primaires se combinent en proportions différentes pour produire des couleurs distinctes.

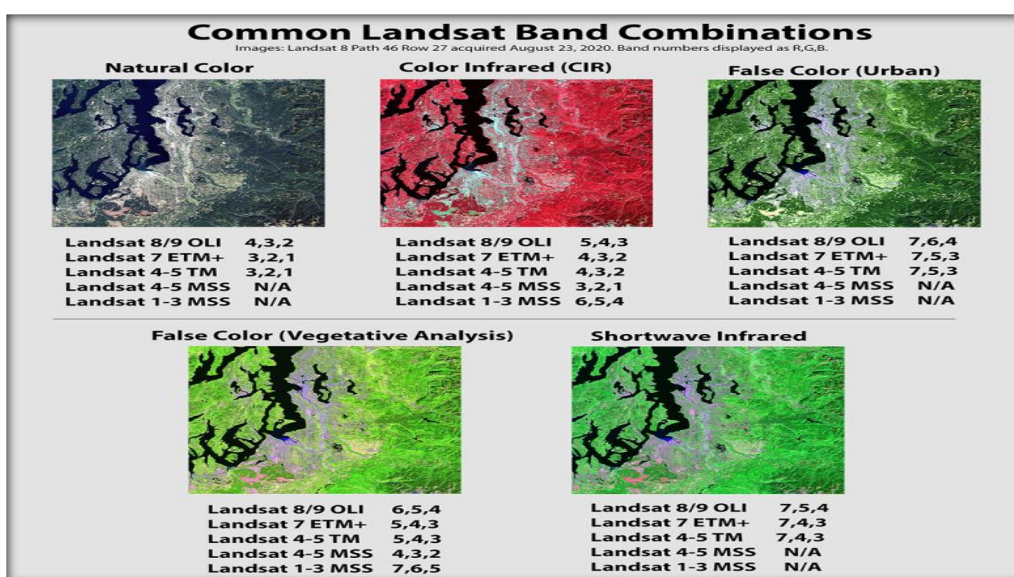


Figure 13 : Les différences dans la composition des bandes.

Source (<https://www.usgs.gov>).

#### V.4. La classification des images satellitaires

La classification est un processus de reconnaissance des formes. En télédétection, elle consiste à effectuer la correspondance entre une scène de l'image matérialisée généralement par leurs valeurs radiométrique et des classes connues a priori ou non par l'utilisateur. La correspondance est réalisée par des fonctions discriminantes sous forme de règles de décision ou des distances géométriques (**Ducrot, 2005**).

Selon **Caloz (1991)** la classification de l'image comme étant « l'opération qui regroupe au mieux de leur ressemblance spectrale, les divers objets au sol ». La classification se base principalement sur l'emploi des différentes méthodes statistiques ; on distingue deux types de classification :

- La classification non supervisée ou non dirigée.
- La classification supervisée ou dirigée, dans ce travail on utilise la classification supervisé.

##### • La classification non supervisée

C'est une méthode probabiliste destinée à obtenir des groupes homogène de réponses spectrales de pixels d'une image ; son intérêt est d'être une méthode de recherche originale pour détecter certains phénomènes. Mais l'interprétation des groupes constitués est délicate car plusieurs types de variables thématiques interviennent dans la formation des groupes et certaines ne sont pas forcément recherchées. Finalement ce type de classification ne fournit qu'un nombre peu élevé de classes intéressantes pour un thème donné et la cartographie obtenue est à reprendre après interprétation des groupes en fusionnant ou en éclatant certaines classes (**Hadef, 2010**).

##### • La classification supervisée

Les approches automatiques sont des techniques relativement primitives, dans la mesure où elles s'effectuent sans aucune connaissance a priori ni sur le nombre des classes ni sur la structure de ces classes (**Smara, 1998 in Khedam, 2008**).

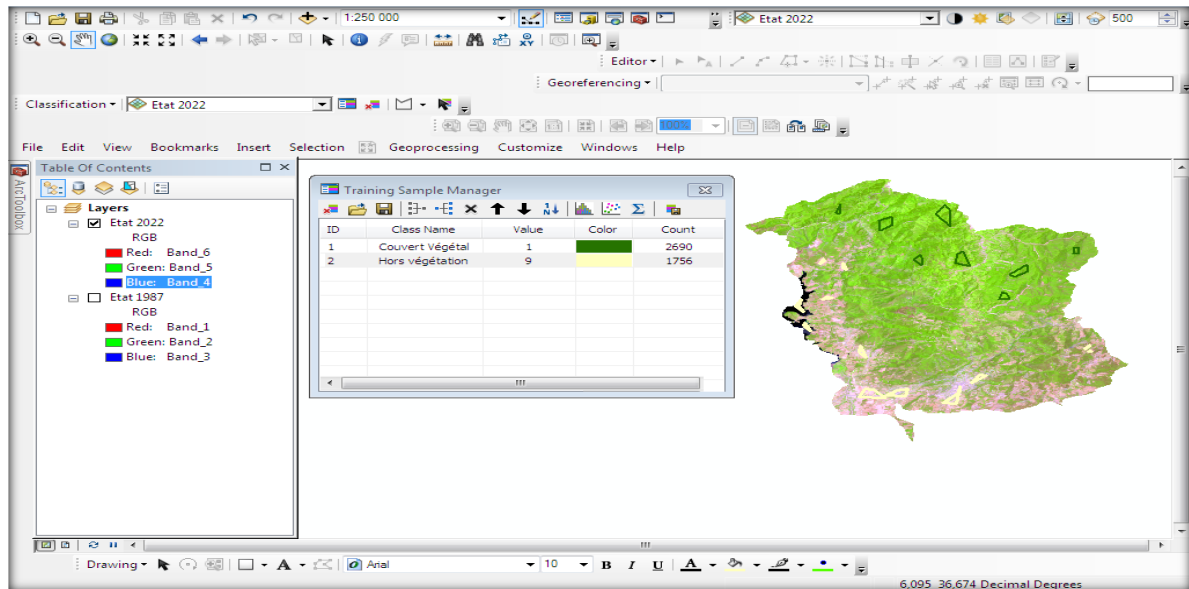
Le but de cette méthode est d'arranger les pixels qui contiennent les mêmes intérêts qui est composant l'image par rapport à des pixels prédéfinies.

Selon **Hadef (2010)** le choix des zones d'apprentissage est basé sur les critères suivants :

- Les zones tests doivent contenir des pixels de valeurs radiométriques les plus homogènes.
- Les réponses spectrales des thèmes, représentées par les zones tests, doivent correspondre aux valeurs radiométriques données par les bandes spectrales de l'image traitée.
- Chaque zone test est définie par deux ou plusieurs polygones.

- Le nombre de pixels pour chaque zone d'apprentissage ne doit pas être inférieur à 30 pixels, et de préférence doit être supérieur à 100 pixels (**Girad et Girad, 1999**).

Au premier lieu il faut créer la (signature file) puis utilisé l'outil (Maximum Likelihood Classification) pour la classification supervisé.

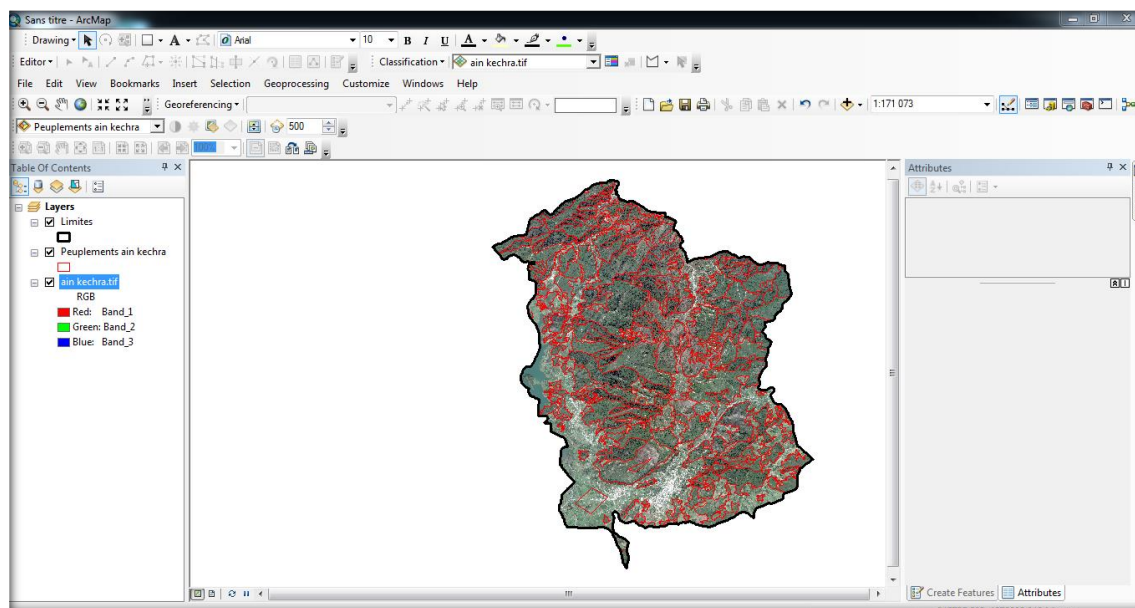


**Figure 14** : La classification supervisée sous ArcGis 10.4

## VI. La vectorisation des unités d'occupation (peuplements)

Inférence d'information géographique d'image satellitaire Google Earth très Haute résolution (mode raster) se convertiront (transforme au mode vecteur).

La vectorisation implique la création manuelle et l'analyse visuelle d'entités géographique à travers l'outil éditeur dans l'arcgis où l'utilisateur identifie les zones qui ont la même résolution spectral (la même signification).



**Figure 15** : La vectorisation d'occupation des sols à l'aide de l'outil Editor dans ArcGis.

- **La vérification de l'interprétation de la vectorisation de l'image satellitaire à travers la base des données du district forestier d'Ain Kechra**

Grâce à la base des données des agents forestiers (district Ain Kechra), pour la validation des résultats et obtenir des informations pour le but de :

- Savoir plus sur le couvert végétal dans la zone d'étude.
- Validation des résultats obtenus qui sont difficile a interprété visuellement sur le traitement des images à travers les données de district.
- Déteçté les différents problèmes et abus auxquels les forêts sont confrontées.

- **Taux de déforestation**

Le taux annuel de déforestation est le pourcentage que perd la forêt chaque année dans un territoire forestier bien défini (Mikwa, 2010). Le variable considéré ici est la superficie (S). Ainsi, pour S1 et S2, représentent la superficie forestière obtenue par des traitements statistique au cours des périodes 1987 et 2022. Le taux De déforestation spatiale moyen annuel T, il se présent par l'équation de Catalan (1991) :

$$Td\% = \frac{(A_1 - A_2)}{A_1 \times n} \times 100$$

Ou : **A1** = Superficie forestière dans l'année initiale (ha)

**A2** = Superficie forestière dans l'année finale de la période analysée (ha)

**n** = le temps entre A1 et A2

## VII. Élaboration de l' MNT

Le modèle numérique de terrain fournit une information altimétrique, c'est une représentation numérique simplifiée de la surface du territoire. Intégrée dans le SIG cette information joue un rôle très important dans les méthodes d'analyse spatiale en particulier pour la prise en compte de la morphologie du terrain. Il existe de nombreuses représentations possibles des surfaces sous forme de **MNT** dans les SIG, les deux formes essentielles recouvrent celles vues précédemment à savoir raster et vecteur. (J-M Gilliot, 2000).

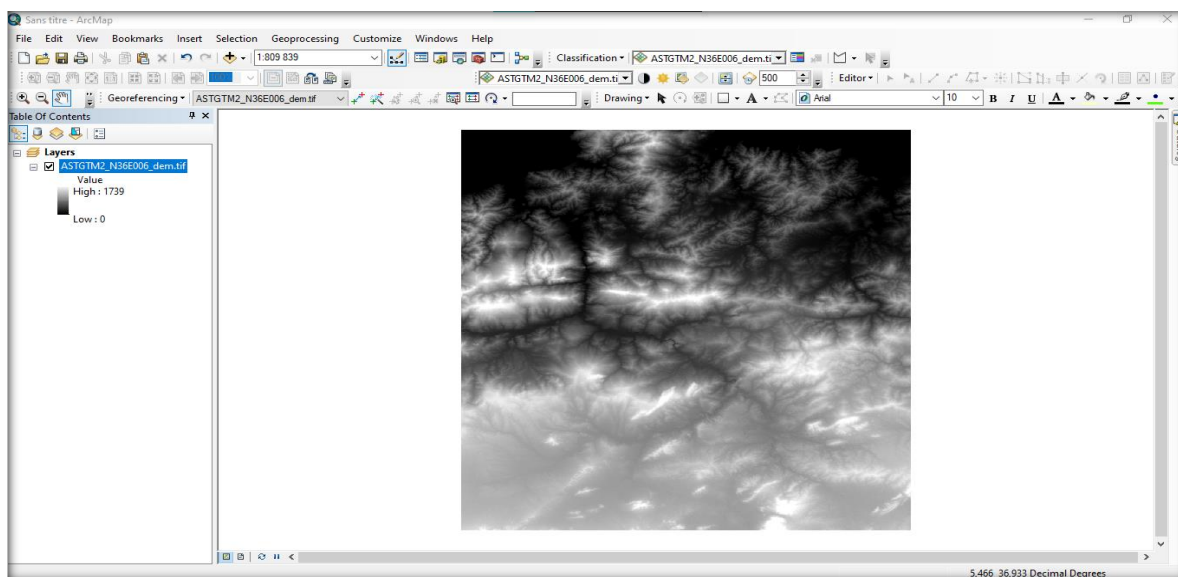


Figure 16 : Model numérique du terrain

### VII.1. Projection de MNT

Après le téléchargement du raster **ASTER GDEM**, doit être projeté dans le système de coordonnées **WGS-1984-UTM Zone 32 Nord**.

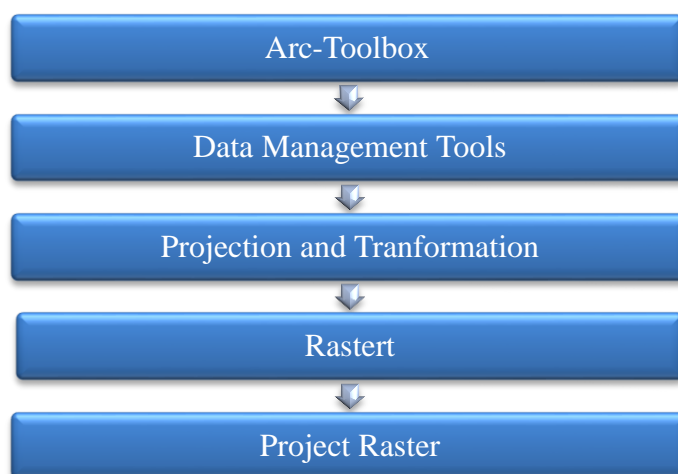


Figure 17 : La procédure de la projection MNT dans ArcGis 10.4

## VII.2. Découpage de MNT

Après projection, puis à l'étape de découpage du raster on utilise le vecteur qui limite la zone d'étude comme un moule pour l'élimination des entités excédentaires.

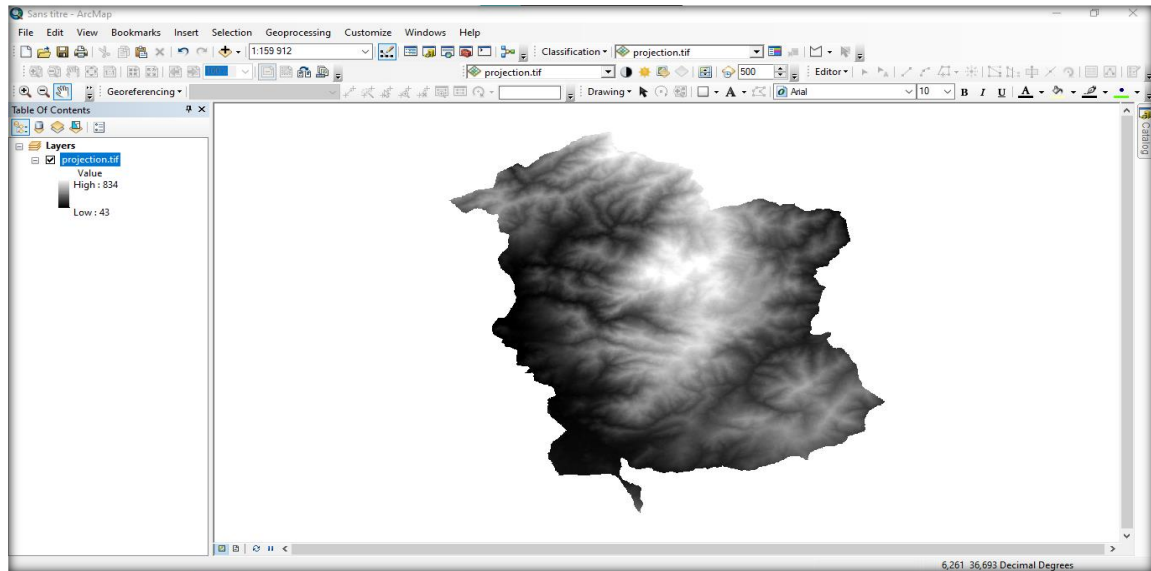


Figure 18 : Découpage du modèle numérique de terrain

## VII.3. Création des cartes thématiques

A partir du modèle numérique de terrain projeté et découpé, on peut créer les cartes thématiques (pentes, d'exposition et d'altitude) de notre zone d'étude.

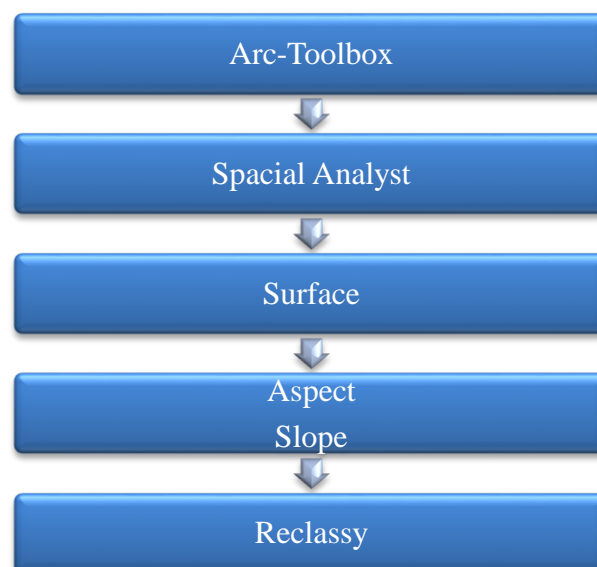
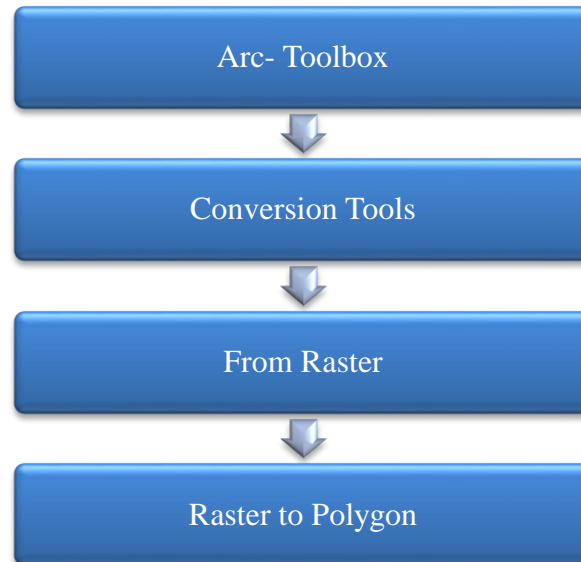


Figure 19 : La méthodologie de création des cartes (pente-exposition) dans ArcGis 10.4

**VII.4. La digitalisation (La transformation des données du mode raster au mode vecteur)**

L'extraction des données à partir d'une image satellitaire (mode raster) se fait par la vectorisation (mode vecteur).

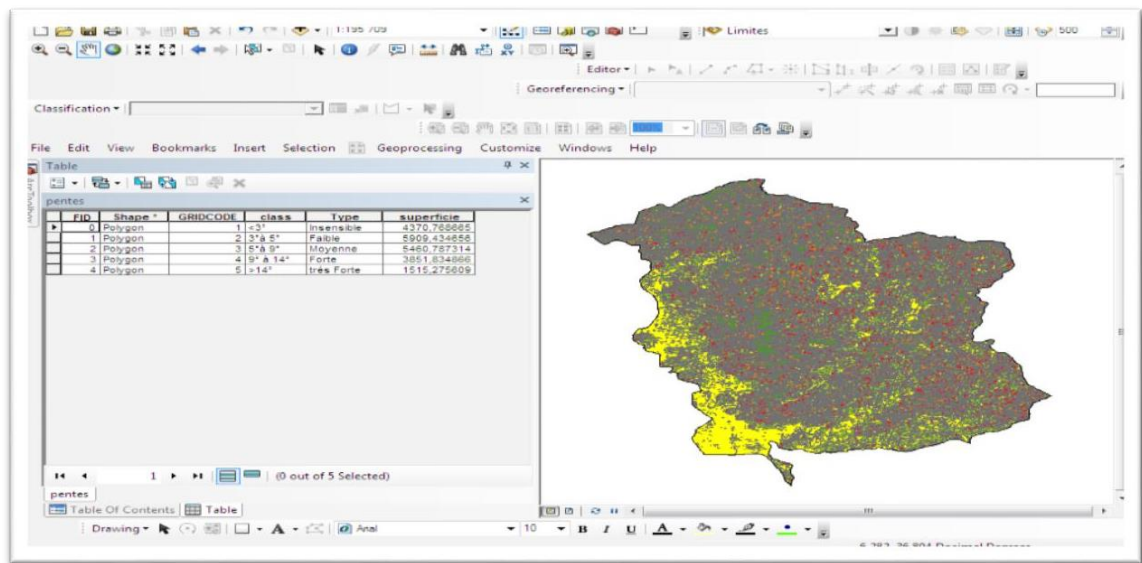


**Figure 20 :** La procédure de la vectorisation d'un raster

- **L'analyse statistique**

L'analyse statistique aide à extraire des renseignements supplémentaires des données du SIG qui peuvent ne pas être clairs lorsqu'on regarde la carte. Il peut s'agir sur la répartition des valeurs des traits, des tendances spatiales dans les données ou des modèles spatiaux, ainsi que de la création de champs qui nous permettent de réguler ou d'assembler les données l'un avec les autres.

Les traitements statistiques appliquent par l'outil (Attribute table) puis (Table option) afin de créer une base des données de tous les résultats qui pourront être comparés ultérieurement.



**Figure 21** : Méthode d'attribut les analyses statistiques

L'étude diachronique de l'évolution de la végétation des forêts est fondée sur une analyse spatiale et temporelle et le traitement des images satellitaires.

L'organigramme ci-dessous présente les différentes étapes d'analyse et de traitement réalisées au cours de cette étude :

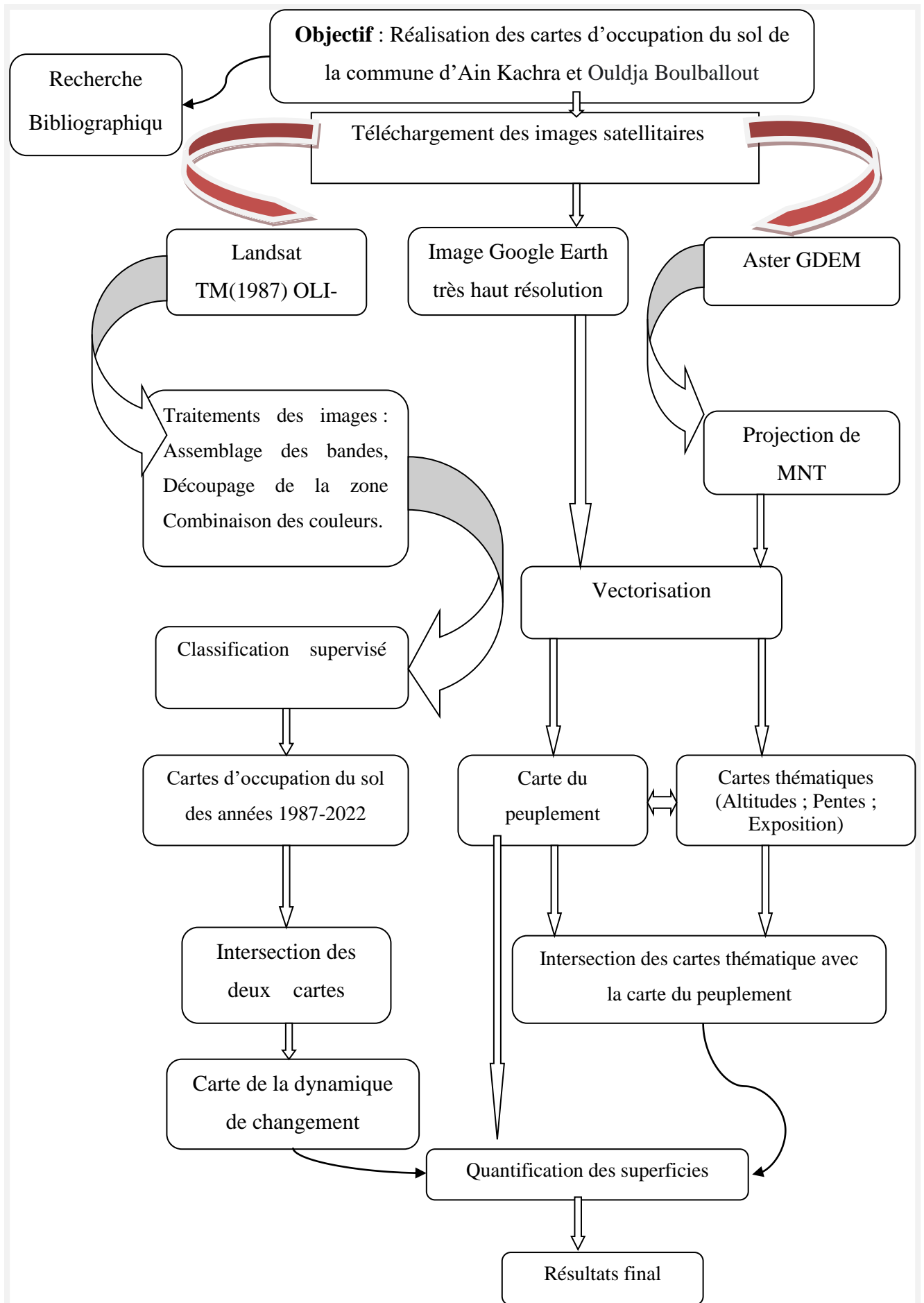


Figure 22 : Organigramme de la démarche méthodologique

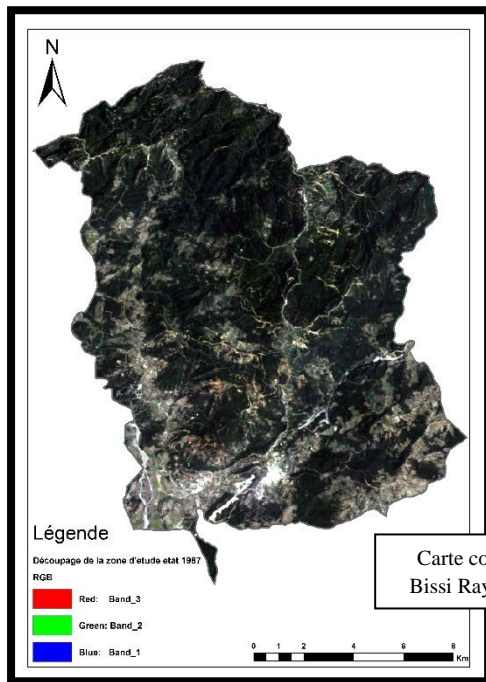
A large green scroll graphic with a white outline and a drop shadow, featuring decorative scroll-like corners. The text is centered within the scroll.

**CHAPITRE IV**  
**RESULTATS ET**  
**DISCUSSION**

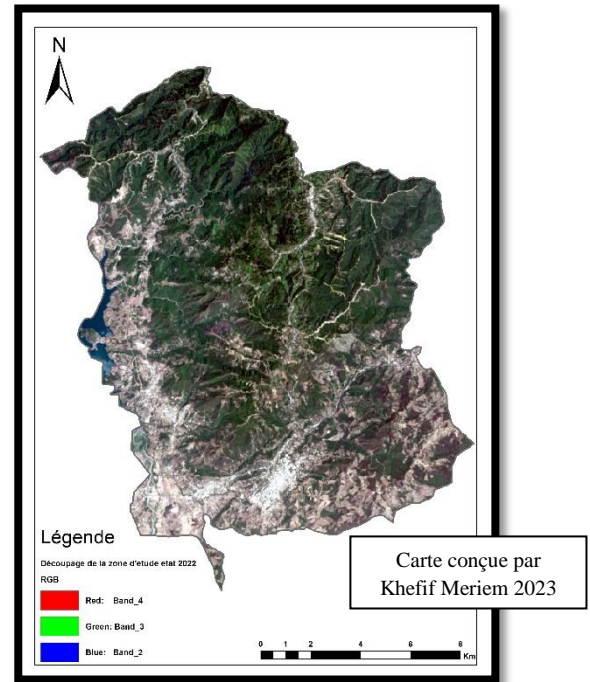
## I. Résultats du traitement des données

### I.1. Résultat de prétraitement des images

Les résultats des prétraitements (Assemblage et Découpage) effectués sur les images satellitaires Landsat, ont données les cartes 03 et 04 de la commune d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout durant les années 1987 et 2022.



**Carte 03** : carte de la commune d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout de l'année 1987



**Carte 04** : carte de la commune d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout de l'année 2022

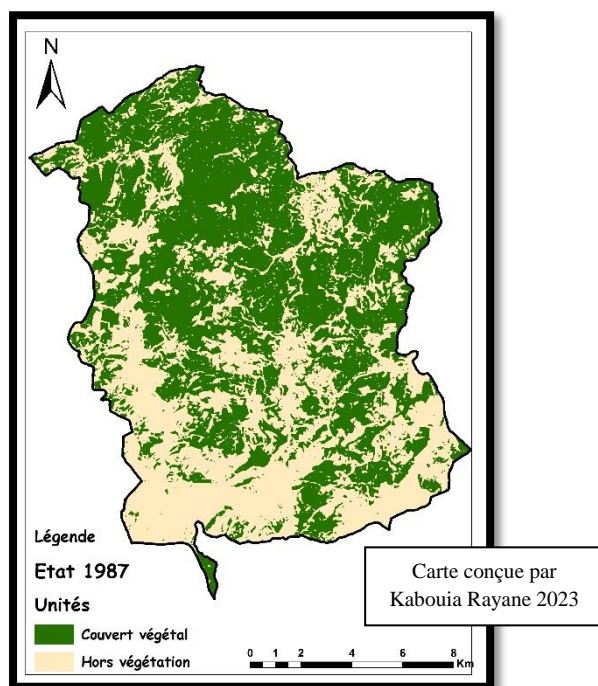
### I.2. Résultats de la classification supervisée des images satellitaires

Dans le but de la caractérisation cartographique de l'évolution des écosystèmes forestiers dans la région d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout, nous avons retenus 2 classes d'occupations du sol :

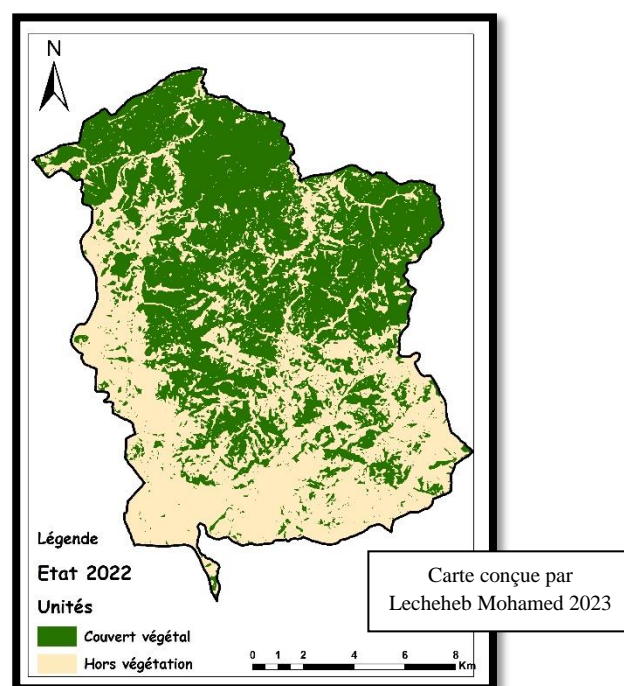
- **Classe 1** : Couvert végétal qui englobe tous types de végétation forestières (Foret, maquis et broussailles).
- **Classe2** : Hors végétation qui englobe le reste des unités (Sol cultivé, Sol nu, Bâti,...).

Le traitement des images satellitaires TM5 et Oli9 de la zone d'étude des années 1987 et 2022 à donner respectivement les cartes 05 et 06 de l'état du couvert végétal de la zone d'étude.

Le traitement statistique des cartes, a permis d’obtenir les superficies des deux unités pour chaque année. Le résultat de ce traitement est présenté par le tableau 03.



**Carte 05** : Carte du couvert végétal en 1987.



**Carte 06** : Carte du couvert végétal en 2022.

**Tableau 03** : Répartition des surfaces Couvert végétal /Hors végétation en 1987 et 2022

Unité	1987		2022	
	Sup en (ha)	Sup en (%)	Sup en (ha)	Sup en (%)
<b>Hors végétation</b>	9575.36	45.37	10159.34	48.14
<b>Couvert végétal</b>	11528.32	54.63	10944.33	51.86
<b>Total</b>	<b>21103.67</b>	<b>100</b>	<b>21103.67</b>	<b>100</b>

D’après le tableau 03, on remarque que la zone d’étude est dominée par la végétation malgré que le couvert végétal a subi une diminution durant 35 ans ou la superficie est passée de 54.63% en 1987 à 51.86% en 2022.

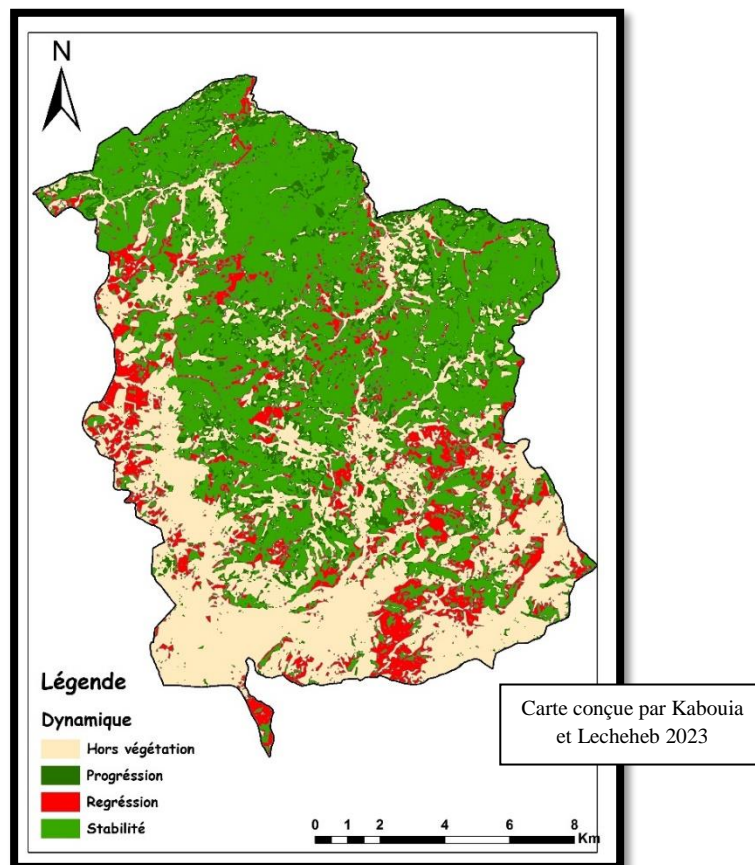
### I.3. La dynamique du couvert végétal entre 1987 et 2022

A base des cartes d’occupation du sol par la végétation de 1987 et 2022 nous avons produit la carte de la dynamique du couvert végétal. La carte 07 illustre, spatialement et quantitativement, les

changements importants de la végétation, survenus dans la région d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout sur une période de 35 ans.

Ces changements, peuvent être de trois types :

- Progression des zones où la végétation s'est développée.
- Régression des zones où la végétation a subi une dégradation.
- Stabilité des zones qui n'ont subi aucun changement.



**Carte 07** : La dynamique du couvert végétal entre 1987 et 2022

Le traitement statistique de la carte 07 de la dynamique du couvert végétal a permis de calculer la superficie de la régression et progression de la végétation, au niveau de la zone d'étude ainsi que le taux de déforestation entre les années 1987 et 2022. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 04.

**Tableau 04 :** La dynamique du couvert végétale entre 1987 et 2022 à l'échelle de la zone d'étude

<b>Dynamique de la végétation 1987-2022</b>	<b>superficie en (ha)</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>Hors végétation</b>	7520,84	35,64
<b>Progression</b>	2054,52	9,74
<b>Régression</b>	2638,50	12,50
<b>Stabilité</b>	8889,81	42,12
<b>Taux de déforestation</b>	0.0014	0.14

Durant les 35 ans, le couvert végétal a connu une régression de 2638,50 ha soit 12,50% et une progression de 2054,52 ha soit 9.74% ; alors que la stabilité est autant que 8889.81 ha soit 42.12% de la superficie totale.

Eu égard à la perte nette du couvert forestier est évaluée à 583.99 ha Cela correspond à un taux de déforestation de 0.14% pour la période 1987-2022.

Selon **Catalan (1991)**, on remarque que l'écosystème forestier a connu des taux de déforestation bas pendant les 35 ans passée.

**Tableau 05 :** Qualification du taux de déforestation selon **Catalan (1991)**

<b>Taux annuel de déforestation (%/an)</b>	<b>Qualification</b>
<0.5	Basse
0.5-1.5	Moyenne
1.5-3.0	Haute
>3.0	Plus haute

La régression de la superficie du couvert végétal est liée principalement aux activités anthropiques exercées dans la zone : le défrichement, les incendies et le surpâturage.

- **Le défrichement :**

L'une des causes de dégradation de la végétation naturelle par le passé, a été la coupe des forêts pour se procurer le bois de chauffage et de construction, le bois pour les meubles, les charrettes, les bateaux ainsi que pour les mines (**Boulenouar, 2012**).

Le défrichement est une action de destruction totale et irrémédiable de la végétation en place, une disparition définitive de l'état boisé pour un autre usage, essentiellement pour satisfaire en

terrain les besoins de l'agriculture et de l'élevage que tous les défrichements opérés à l'intérieur des formations végétales (**Benabdeli, 1996**).

- **L'incendie :**

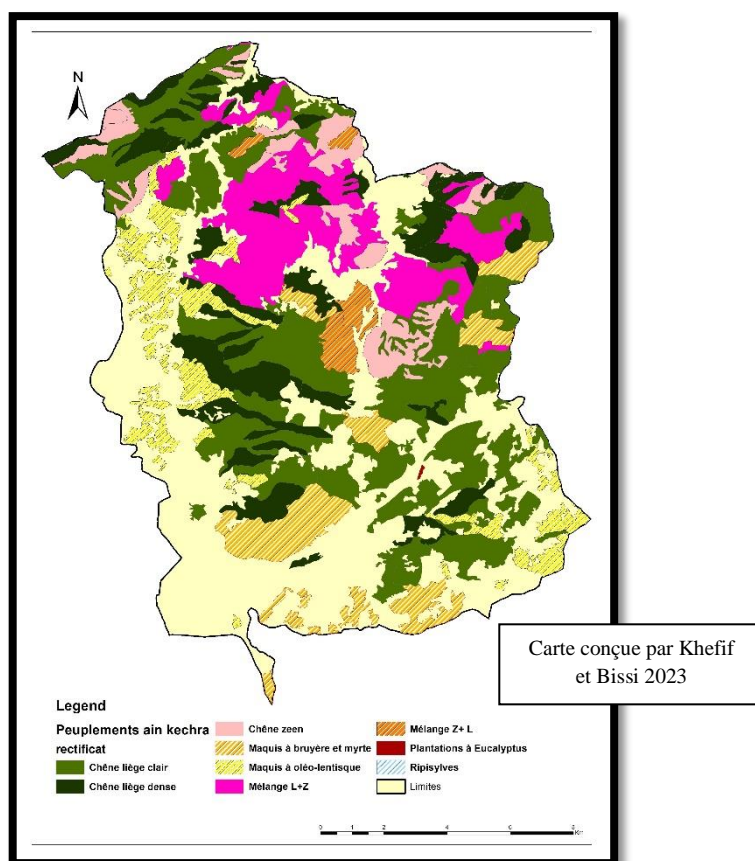
On parle d'incendie de forêt lorsque le feu concerne une surface minimale d'un hectare d'un seul tenant détruisant au moins une partie des étages arbustifs et/ou arboré. C'est un phénomène qui échappe au contrôle de l'homme, tant en durée qu'en étendue. Pour qu'il y ait inflammation et combustion, trois facteurs doivent être réunis, chacun en proportion convenable : un combustible, une source externe de chaleur et de l'oxygène nécessaire pour alimenter le feu : cela s'appelle triangle de feu (**Mettai, 2019**).

- **Le surpâturage :**

Le pâturage est une perturbation complexe ; les herbivores domestiques causent des pertes de la biomasse végétale, directement par défoliation, et indirectement par le piétinement (**Mekideche, 2018**).

#### **I.4. La cartographie du peuplement forestier de la zone d'étude**

La carte des peuplements forestiers a été élaborée par l'interprétation des images satellitaires de très haute résolution de Google Earth, ainsi que les données recueillies sur terrain. La carte 08 représente les peuplements forestiers, qui existent dans la région d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout.



**Carte 08 :** Carte des peuplements forestiers d’Ain Kechra et Ouldja Boulballout

Le traitement statistique de la carte 08, a permis d’obtenir la superficie des différents peuplements au niveau de la zone d’étude. Les résultats sont présentés par le tableau 06 :

**Tableau 06 :** Les superficies du peuplement forestier d’Ain Kechra et Ouldja Boulballout.

Peuplement	Superficie en ha	Pourcentage %
Chêne liège clair	5197,35	36,83
Chêne liège dense	2482,65	17,59
Chêne zeen	1122,06	7,95
Maquis à bruyère et myrte	1341,05	9,5
Maquis à oléo-lentisque	1350,90	9,57
Mélange L+Z	2260,12	16,02
Mélange Z+ L	353,50	2,5
Plantations à Eucalyptus	4,50	0,03
Ripisylves	0.0053	$3 \cdot 10^{-5}$

Les résultats de la carte 08 et le tableau 06, montre que 54 % de la superficie du peuplement forestier de la zone d'étude est recouverte par le chêne liège avec une superficie estimée à 7680 ha.

Les maquis et le chêne zeen représente respectivement 19 % et 8 % de la superficie totale du peuplement forestier.

La formation mixte à chêne liège et chêne zeen représente 18 % soit 2613.62 ha.

La plantation à Eucalyptus et les ripisylves occupent les superficies les plus petites de la superficie totale du peuplement forestier de la zone d'étude qui est estimée à 4.50 ha.

### **I.5. La diversité du couvert végétal dans la commune d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout**

- **Formation à chêne liège (*Quercus suber*)**

Le Chêne-liège est une espèce endémique du bassin méditerranéen ; il présente une plasticité écologique quand à la température et la pluviométrie ; il s'étale entre les bioclimats humide et subhumide avec une superficie de (450 000ha) depuis l'Oranie jusqu'en Kabylie. Il occupe une place importante dans le patrimoine forestier Algérien. (**Beldjazia, 2006**).

Le chêne liège est répartie presque sur l'ensemble de la zone d'étude sur tout dans l'Est de la commune, on note le chêne liège clair avec une superficie estimée à 5197.35 ha soit 36.83 % et le le chêne liège dense avec une superficie estimée à 2482.65 ha soit 17.59 % de la superficie totale du peuplement forestier de la zone.

- **Formation à chêne zeen (*Quercus faginea*)**

Le chêne zeen est présent dans les variantes tempérée et fraîche du bioclimat humide, mais il s'aventure, avec un rôle souvent subordonné, dans les peuplements forestiers de la variante froide. Il peut aussi se développer dans le subhumide frais, et il n'est pas absent de l'humide chaud (**Abdenbi, 1988**).

On rencontre le chêne zeen dans le nord-ouest de la région d'Ouldja Boulballout, l'est d'Ain Kechra et le centre de la zone d'étude avec une superficie de 1122,06 ha.

- **Formation mixte à chêne liège et chêne zeen**

C'est une formation caractérisée par la présence de deux espèces de chêne : le chêne liège et le chêne zeen, dans cette formation le chêne zeen se trouve sous forme d'arbres isolés ou par petits groupes mélangé avec le chêne liège dans les zones fraîches de l'étage subhumide (**Hadef, 2010**).

On trouve cette formation dans la partie Est de la zone d'étude où le mélange L+Z occupe 2260,12 ha de la superficie alors que les 353.50 ha est pour le mélange Z+L.

- **Maquis à oléo-lentisque**

Ce sont des formations basses ou des broussailles élevées ou hautes à base d'*Olea europaea* et des *Pestacia lentiscus*, Cette formation est xérophile et très thermophile ; elle est très tolérantes au sol, et constitue la seule formation qui peut de s'accommoder des argiles et marne calcaires. Elle occupe une petite patrie au sud-est et Est de la zone d'étude avec une superficie de 1350,90 ha où elle donne un couvert végétal dense et impénétrable surtout dans la région d'Ouldja Boulballout.

- **Maquis à bruyère et myrte**

Qui sont dominées par la bruyère (*Erica arborea*) et le Myrte (*Myrtus comminus*). On note la présence de cette formation dans le sud et l'Est où il occupe 1341,05 ha de la superficie totale du peuplement forestier de la zone d'étude.

- **Plantations à Eucalyptus**

Dans la zone d'étude, on trouve un seul type d'espèce introduite qui est l'Eucalyptus ; cette espèce a été plantées dans la zone pour le maintien du sol et la lutte contre l'érosion.

On trouve ces plantations dans le sud de la région d'Ain Kechra à une petite superficie de 4,50 ha de la superficie totale du peuplement forestier.

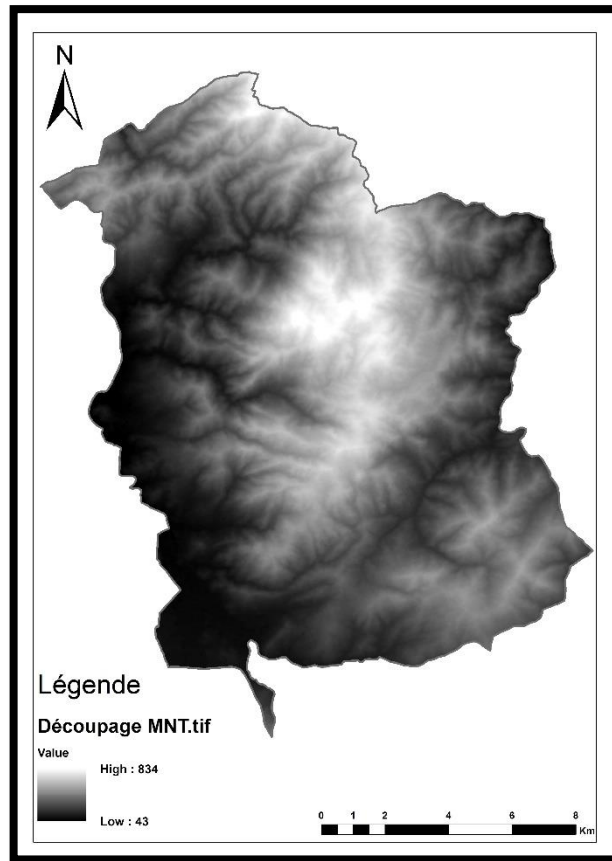
- **Les ripisylves**

Dans la zone d'étude on trouve les ripisylve à l'extrême Est avec les frontières sud de la commune de Beni Zid. Dans cette formation on note la présence d'espèces hydrophiles.

## **II. Caractérisation topographique de la zone d'étude**

Pour une caractérisation topographique bien déterminée de la commune d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout, l'élaboration des différentes cartes telle que la carte des pentes, la carte des expositions et la carte des altitudes permet de compléter la caractérisation cartographique du relief de la zone d'étude. L'élaboration de ces cartes, est essentiellement basée sur un traitement des données satellitaires appelées **Model Numérique du Terrain (MNT)** ou **(DEM)**.

La figure 23 représente le model numérique du terrain d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout.



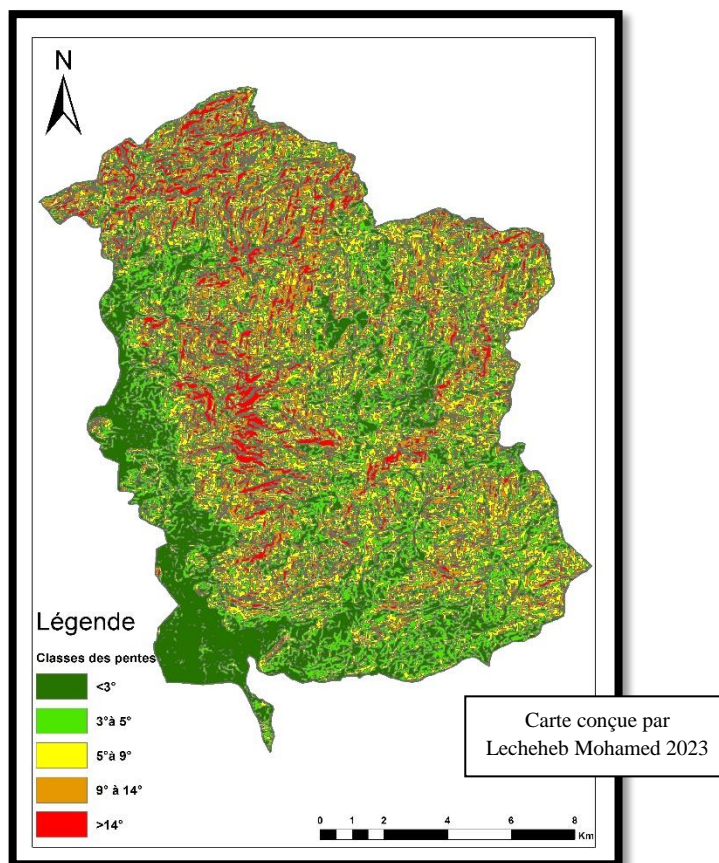
**Figure 23** : le model numérique du terrain de la zone d'étude

### II.1. La carte des pentes

Selon **Tir (2016)**, La pente est l'inclinaison d'une surface exprimée en degrés ou en pourcentage par rapport au plan de l'horizon. Le changement de pente est une réalité terrain qui a une grande importance aux elle est accélérée les phénomènes d'érosion et l'écoulement des sols.

La carte des pentes d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout permet de déterminé les déférentes classes des pentes de la zone d'étude, ou l'inclinaison est une caractéristique des reliefs.

La carte des pentes de la zone d'étude produite à partir du **MNT** est représentée par la carte 09.



**Carte 09** : carte des pentes d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout

La vectorisation des classes des pentes pour calculer leurs superficies a permis d'obtenir les résultats présentés dans le tableau 07 :

**Tableau 07** : les statistiques des classes des pentes d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout

Classe des pentes	Type	Superficie ha	Pourcentage %
$<3^\circ$	Insensible	4370,77	20,71
$3^\circ \text{ à } 5^\circ$	Faible	5909,43	28,00
$5^\circ \text{ à } 9^\circ$	Moyenne	5460,79	25,87
$9^\circ \text{ à } 14^\circ$	Forte	3851,83	18,25
$>14^\circ$	Très Forte	1515,28	7,18

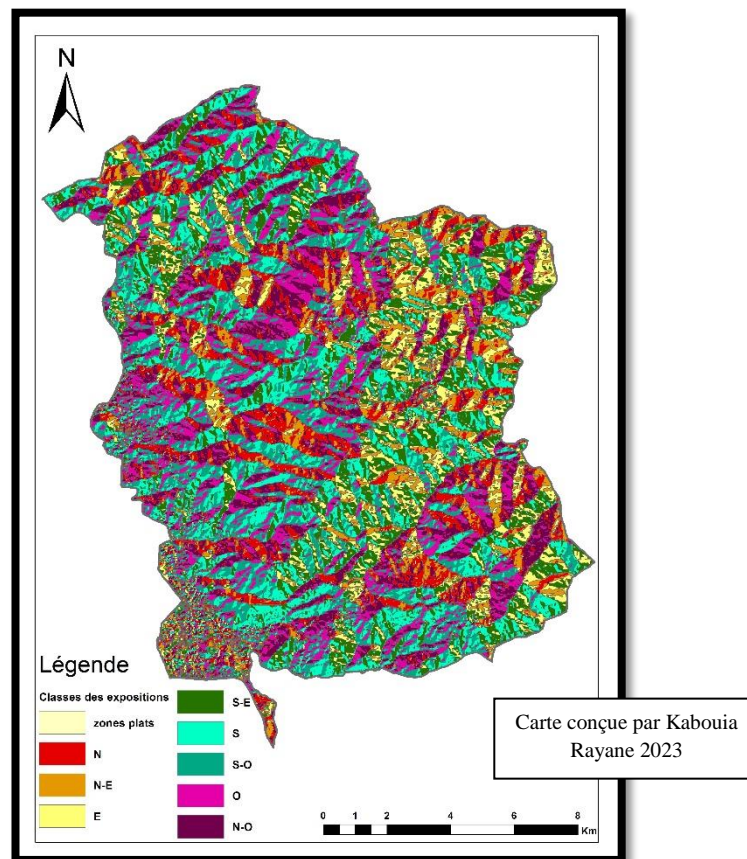
D'après le tableau 07, on remarque que la majorité de la superficie 11370.22 ha soit 53.87% prévaut par la classe des pentes faible et moyenne ( $3^\circ$  à  $9^\circ$ ). les terrain insensible ou les zones plates estimée à 4370.77 ha soit 20,71 %, alors que les terrains accidentés ou la pente forte et très forte

(9° à supérieure de 14 °) représente 5367.11 ha soit 25,43%, donc en remarque que le relief de la région d'étude est moyennement accidenté.

**II.2. La carte des expositions**

La carte d'exposition de la zone d'étude permet d'identifier les différentes expositions ainsi que la direction des inclinaisons influence la croissance des arbres et la qualité de leur bois, en raison des différences d'ensoleillement, de pluie, de vent, alors que les versants nord attirent des vents froids et humides depuis la méditerranée par contre la rampe sud exposée au vent chaud ou sous trouve les plantes résistent aux climats extrêmes.

La carte des expositions de la zone d'étude produite à partir du MNT est représentée par la carte 10.



**Carte 10** : carte des expositions d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout

La vectorisation des classes des expositions pour calculer leurs superficies a permis d'obtenir les résultats présentés dans le tableau 08 :

**Tableau 08** : Les statistiques des classes des expositions d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout.

<b>Classes d'exposition</b>	<b>Superficie en (ha)</b>	<b>Proportion %</b>
<b>zones plats</b>	78,04	0,39
<b>N</b>	1022,26	5,14
<b>N-E</b>	1829,69	9,2
<b>E</b>	2236,24	11,24
<b>S-E</b>	2923,71	14,7
<b>S</b>	3451,06	17,35
<b>S-O</b>	2796,61	14,06
<b>O</b>	2695,93	13,55
<b>N-O</b>	2859,52	14,37

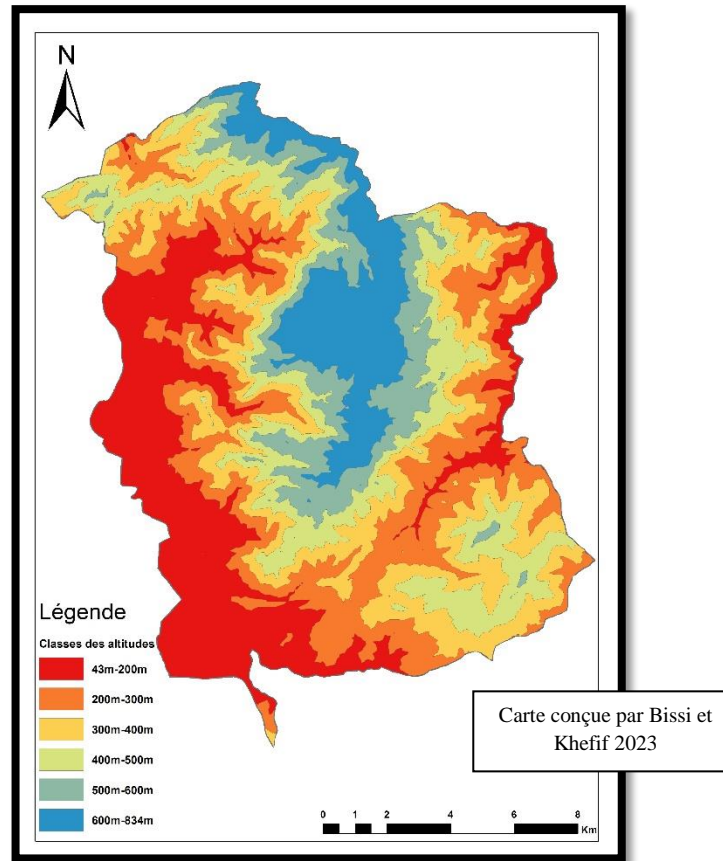
D'après le tableau 08, la majorité de la superficie occupé par les expositions Sud avec 46.11 %, suivi par les expositions Nord au quel est estimé à 28.71 %, puis les expositions Ouest avec 13.55 %, avant dernier les estimations de la superficie des expositions Est est 11.24 %, alors que les zones plates ne représenté seulement 0.39 %, donc la région de Ain Kechra et Ouldja Boulbalout à un alignement Est-Ouest.

### **II.3. La carte des altitudes**

Selon **Delvaux (2002)**, C'est l'élévation verticale d'un lieu ou d'un objet par rapport à un niveau de base. C'est une des composantes géographique et biogéographique qui explique la répartition de la vie sur Terre.

La carte des altitudes d'Ain Kechra et Ouldja Boulballout permet d'identifier les différentes classes d'altitude qui représente qualitativement la région d'étude.

La carte des expositions de la zone d'étude produite à partir du **MNT** est représentée par la carte 11.



**Carte 11** : carte des altitudes d’Ain Kechra et Ouldja Boulballout

Après avoir élaboré la carte 11, un traitement statistique a été établi pour obtenir les différentes superficies des classes des altitudes, les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessus :

**Tableau 09** : Les statistiques des classes des altitudes d’Ain Kechra et Ouldja Boulballout.

Classe des altitudes	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
<b>43m-200m</b>	4604,83	21,81
<b>200m-300m</b>	4651,73	22,04
<b>300m-400m</b>	4278,46	20,27
<b>400m-500m</b>	3180,10	15,06
<b>500m-600m</b>	2143,24	10,15
<b>600m-834m</b>	2252,16	10,67

D’après le tableau 09, on observe qu’environ 64% de la superficie globale de la zone d’étude se trouve dans la plage d’altitude comprise entre 43 à 400 m, environ 15.06% de la superficie de la zone se trouve dans la plage d’altitude comprise entre 400 à 500 m, et 20.82% de la superficie se

trouve dans la plage d'altitude comprise entre 500 à 834 m qui présentent les sommets de Djebel Hadjar Mefrouch **834m** et Hadjar Demous avec **828m**. Le facteur écologique d'élévation joue un rôle important sur les répartitions des peuplements végétaux et la création des microclimats.

### III. L'analyse cartographique de la répartition des peuplements forestiers en fonction des paramètres topographiques

La conjonction des cartes thématiques avec la carte du peuplement forestier de la zone d'étude, permet d'identifier la superficie de la flore et la répartition de ces dernières en fonction de la variabilité des milieux physiques.

#### III.1. La répartition par rapport aux altitudes

Le géotraitement effectué par l'intersection de la carte des peuplements avec la carte d'altitudes a permis d'avoir des résultats sur la répartition des peuplements par rapport aux altitudes. Les résultats sont présentés dans le tableau 10 :

**Tableau 10** : la répartition des peuplements forestiers en fonction des tranches d'altitudes

Altitude peuplement	43m- 200m	200m- 300m	300m- 400m	400m- 500m	500m- 600m	600m-834m
<b>Chêne liège clair</b>	438,15	1246,34	<b>1424,01</b>	1202,35	625,02	258,31
<b>Chêne liège dense</b>	145,75	565,00	<b>689,91</b>	591,32	232,86	257,04
<b>Chêne zeen</b>	3,67	105,09	182,97	268,56	<b>339,04</b>	222,63
<b>Maquis à bruyère et myrte</b>	287,03	<b>461,11</b>	292,37	158,73	43,30	96,04
<b>Maquis à oléo-lentisque</b>	<b>495,56</b>	396,50	365,18	78,43	10,81	3,47
<b>Mélange L+Z</b>	191,99	<b>575,12</b>	429,80	281,82	411,33	370,00
<b>Mélange Z+ L</b>		1,14	18,75	25,54	96,39	<b>211,67</b>
<b>Plantations à Eucalyptus</b>	1,24	<b>3,26</b>				
<b>Ripisylves</b>		<b>0,002</b>				

D'après le tableau 10 :

- Le chêne liège dominant dans les altitudes moyennes (300 m à 400 m) avec une superficie estimée à 2113.92 ha, donc en déduire que *Quercus suber* répartie dans les classes d'altitude moyenne. Selon **El Antry et al., (2008)** , **Adouane, (2008)**, le chêne liège liée aux variantes non froides des bioclimats humides et subhumides, voire semi-aride en cas de compensation hydrique telle que la nappe phréatique ou une forte humidité de l'air.

- Le chêne zeen répartie dans les hautes altitudes (500 m à 600 m) avec une superficie 339,04 ha. Selon **Quezel (1956, 1985)** et **Quezel et al (2003)**, le chêne zeen trouve son optimum de développement entre 800 m et 1500 m dans un niveau altitudinal supra méditerranéen, ou il trouve les conditions idéal d'humidité et fraîcheurs.

- Les maquis sont dominés au niveau altitudinal (43m à 300m) avec 956.67 ha ou les conditions climatiques caractérisent par des températures élevées. Selon **Hadef, (2010)** les maquis qui caractérisent la zone d'étude sont xérophiles et très thermophiles ne dépasse pas 1000 m.

- En dernier lieu on trouve la formation de l'Eucalyptus dont la strate est arborisant avec 4.5 ha et formation rare de ripisylves dans la classe d'altitude 43 m à 300m.

Au cour de cet analyse on résulte que l'altitude est un facteur qui agir sur la répartition de la diversité floristique soit par les conditions climatiques tel que la température, la pluviométrie et l'humidité ou bien diminution de la vitesse de décomposition de la litière.

### **III.2. La répartition par rapport aux pentes**

Le traitement statistique de l'intersection de la carte du peuplement avec la carte des pentes permet d'obtenir le tableau 11 qui montre le peuplement forestier dans la zone d'étude et leur répartition en fonction de la variabilité des pentes.

Tableau 11 : la répartition des peuplements forestiers en fonction des classes des pentes

Peuplement	Pentes				
	<3°	3° à 5°	5° à 9°	9° à 14°	>14°
Chêne liège clair	527,40	1318,23	<b>1583,37</b>	1248,07	516,02
Chêne liège dense	166,70	476,62	692,35	<b>712,87</b>	432,94
Chêne zeen	153,67	291,12	<b>305,51</b>	255,72	115,87
Maquis à bruyère et myrte	201,37	<b>419,80</b>	398,76	253,65	64,28
Maquis à oléo-lentisque	220,18	<b>410,21</b>	396,16	244,90	77,95
Mélange L+Z	219,59	531,31	<b>677,74</b>	609,26	222,12
Mélange Z+ L	55,92	<b>120,15</b>	108,21	55,97	13,23
Plantations à Eucalyptus	0,16	0,93	<b>2,26</b>	0,90	0,24
Ripisylves	<b>0.0032</b>				

Le tableau 11 identifie :

- Le chêne liège répartie dans toutes les classes des pentes, mais domine dans l'inclinaison 5° à 14° grâce à son système racinaire développé. Selon **Khalla, (2006)** le chêne liège est muni d'un système racinaire pivotant avec des ramifications latérales puissantes, permettant un enracinement profond qui fixe l'arbre sur des sols légers peu profonds et même rocheux.

- Le chêne zeen domine dans l'inclinaison moyenne 5° à 9° avec 305.51 ha, donc il est moins fréquent que le chêne liège, Selon **Amaral, (1990)** le chêne zeen est un arbre à feuilles caduques atteignant 20 m de hauteur ; cependant, il se présente également sous forme arbustive dont la morphologie dépend probablement de la nature du sol.

- Les maquis, cette formation occupe considérablement les pentes faibles 3° à 5° avec 430 ha. ainsi que sa prolifération dans les pentes est égale et ceci est dû à sa longueur courte et à la nature de son bureau ramifié, qui permet de s'accrocher au sol. Selon **Doris, (2022)** on trouve les maquis sur les arrière-dunes, les pentes littorales rocheuses, les garrigues.

- Les restes des formations végétales présentent une faible répartition du l'Eucalyptus et ripisylves. Selon **Pauline, (1989)** Eucalyptus sempervirent à croissance rapide et pouvant atteindre entre 30 et 60 mètres de hauteur.

On résulte que le facteur de l'inclinaison a une influence important sur la dynamique d'adaptation des peuplements floristiques car il affecte essentiellement le sol en accélérant ses processus de dérive, en changeant l'épaisseur et la qualité du sol qui affecte négativement sur les matières nutritives des plantes.

**III.3. Le répartition par rapport aux expositions**

Selon **Almomani et Abu Sammour, (2019)** la direction des contreforts des montagnes influe sur la quantité d'humidité et de précipitations, La direction du pied détermine également combien de rayonnement solaire un site obtient, qui à son tour affecte la température du sol, l'air ambiant, l'humidité relative et la gravité' de l'évaporation et affecte donc durée de la sécheresse.

Le croisement de la carte du peuplement avec la carte des expositions permis d'obtenir les résultats présentés dans le tableau 12 :

**Tableau 12** : la répartition des peuplements forestiers en fonction des classes d'expositions

Exposition Peuplement	Zones plats	N	N-E	E	S-E	S	S-O	O	N-O
Chêne liège clair	10,63	364,63	380,31	620,92	918	<b>1095,79</b>	802,34	558,81	441,96
Chêne liège dense	11,1	<b>688,47</b>	344,65	170,3	91,33	125,46	139,83	293,46	616,8
Chêne zeen	4,53	169,44	149,45	141,51	118,25	95,15	54,31	133,58	<b>255,69</b>
Maquis à bruyère et myrte	2,01	60,84	45,52	121,69	299,09	<b>352,92</b>	223,41	131,68	100,79
Maquis à oléolentisque	2,1	90,04	74,97	136,93	209,35	<b>268,23</b>	234,83	191,84	141,25
Mélange L+Z	5,39	217,18	206,66	266,04	286,48	268,26	275,59	<b>358,47</b>	375,98
Mélange Z+ L	0,79	22,59	10,45	15,26	36,98	51,88	57,1	<b>86,65</b>	71,78
Plantations à Eucalyptus		0,36					0,05	<b>2,59</b>	1.5
Ripsisylves			0,00015	<b>0,003</b>					

Grâce à l'analyse numérique du tableau 12, la répartition des peuplements forestiers est la suivante :

- Le chêne liège répartie dans la majorité de la superficie des inclinaisons qui expose au Sud avec 1095.79 ha on trouve une densité claire, par contre au l'exposition Nord le chêne liège dense est estimé à 688.47 ha. on juge cette répartition par la disponibilité des facteurs abiotiques tels que les vents humide, et la nature du sol. Selon **Saccardy (1938)**, le chêne liège besoin de la lumière, de la chaleur, et l'humidité et d'un sol dépourvu de calcaire et de sel marin.

- Le chêne zeen repartie dans les expositions Nord avec une densité élevée dans la partie Nord-Ouest ou il y a un climat tempéré avec des superficies estimé à 255,69 ha, on montre que le *Quercus faginea* présent dans les conditions moyennes du gradient sécheresse-humidité et l'ensoleillement pour la photosynthèse.

- La répartition des maquis basé sur l'exposition Sud avec 621.15 ha, où le vent chaud vient du côté sud, et la température élevée. Mais grâce à ces propriétés des feuillages petites qui minimise l'évaporation et les pertes d'eau.

D'après l'analyse des données numériques on note que les expositions des versants et les inclinaisons agissent de façon directe ou indirecte sur la répartition de peuplements forestiers. Elle agit sur :

- L'insolation Principale source d'énergie des écosystèmes.
- La durée d'exposition.
- La formation de la matière organique.
- Le degré de l'évapotranspiration.

A green scroll graphic with a white border and a white shadow. The scroll is unrolled in the middle, revealing the text. The top and bottom edges of the scroll are curled up, and the left edge is also curled up, creating a three-dimensional effect.

# **CONCLUSION**

### Conclusion :

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'application des techniques de la géomatique pour le traitement des images satellitaires Landsat TM5 et Landsat OLI9 des années 1987 et 2022, de l'image satellitaire de très hautes résolution de Google earth et le model numérique du terrain MNT de la zone d'étude couplé par les données de terrain dans le but d'établir une caractérisation cartographique des peuplements forestiers de la région d'Ain-Kechra et Ouledja-boulbalout.

Les résultats de la classification supervisée des images satellitaires des années 1987 et 2022 a permis d'extraire l'état du couvert végétale de la zone d'étude ou il a passé de 11528,31 ha en 1987 à 10944,33 en 2022 soit une perte de 16,68 ha/ans. L'étude de la dynamique du couvert végétal, a permis de déterminer l'évolution spatio-temporelle du couvert végétal durant 35ans. Cette dynamique concerne les zones qui ont subis une progression, les zones qui ont connus une régression et les zones qui n'ont subi aucun changement.

Vu sa position géographique dans l'une des régions les plus arrosées en Algérie, La zone d'étude est caractérisée par une diversité forestière très remarquable. L'étude cartographique a montré que les formations de chêne liège et du chêne zéen couvrent 82.89 % de la superficie, le reste du couvert est occupé par les maquis.

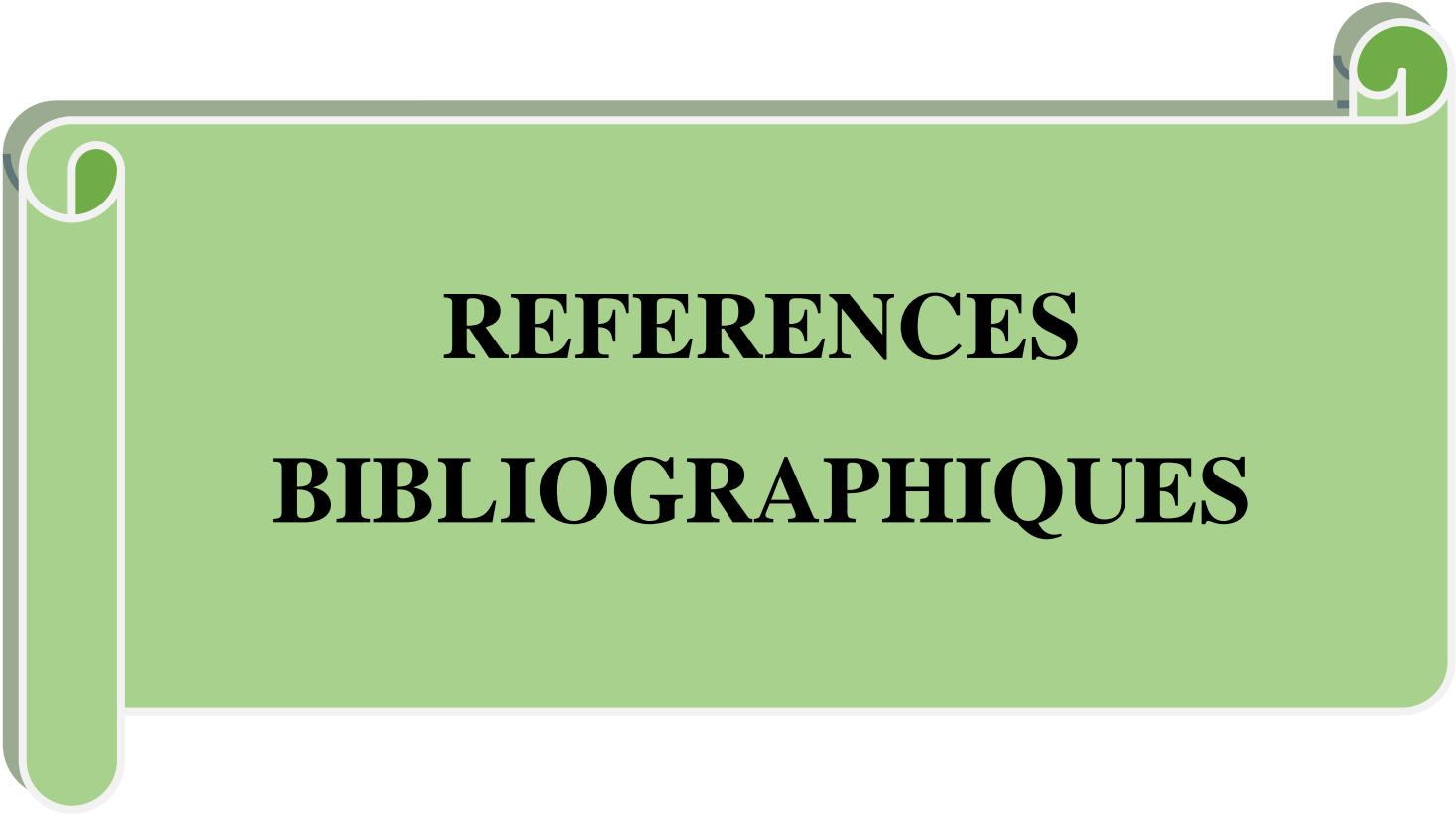
Ainsi le traitement effectué par le système d'information géographique sur le modèle numérique du terrain MNT à permis de donner une caractérisation cartographique du relief ou nous avons conçu les différents cartes thématiques de la topographie de la zone d'étude à savoir la carte des altitudes ; la carte des pentes et la carte des expositions. Les résultats obtenus montrent que la tranche altitudinale de 43m à 400m est la tranche dominante. Concernant la pente, La région d'étude est dotée d'une pente faible avec 28% et moyenne qui constitue 25,87%. Tandis que les expositions des versants les plus dominants sont l'exposition sud et l'exposition Nord.

L'analyse cartographique de la répartition des formations forestières en fonction des facteurs topographiques (pentes, Exposition et altitude) a permis de déterminer la relation entre les peuplements et ces paramètres topographiques des résultats qui peuvent données un aperçus sur la notion d'étage de végétation de la zone d'étude.

Enfin l'utilisation des outils de la Géomatique ont permis d'avoir une vision sur l'état des forêts :

- Les SIG et la Télédétection peuvent fournir des renseignements utiles au l'écologue.

- Elle assistés les responsables à la prise de décision dans la gestion des écosystèmes.
- Définition d'une politique et des protocoles à la protection forestière.
- Créer une collaboration entre la recherche scientifique universitaire et divers Organismes nationaux de protection de l'environnement.

A green scroll graphic with a white border and a white shadow. The scroll is unrolled in the middle, revealing the text. The top and bottom edges of the scroll are curled up, and the left edge is also curled up. The text is centered on the unrolled portion.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

### Références bibliographiques

- **Abdenbi Z., 1988.** Analyse de la diversité phytoécologique des forêts du chêne zeen (*Quercus jaginea* Lamk.) au Maroc. Bull. Inst. Sci., Rabat, 1988, n° 12, 69-77p.
- **Abozan E., 2020.** Etude comparée des transformations spatiales de la forêt classée du Haut-Sassandra et de sa périphérie de 1997 à 2018. Mémoire de master. Université Jean Lorougnon Guede.54p.
- **Adouane M., 2008 :** Etat mycorhizien du chêne-liège (*Quercus suber* L.) et influence des acacias et eucalyptus sur son développement dans la région d'El-Kala (cas du Canton Boumalek Mémoire d'Igénieur en Ecologie et Environnement Université de Annaba.76p.
- **Almomani J., Abu Sammour H., 2019.** Analysis of plant cover in Ajloun governorate/ Jordan (study on plant geography). Geography Department, College of Arts, University of Jordan.36(2) : 310p.
- **Amaral F., 1990.** *Quercus* L. In : Castroviejo S., Laínz M., López G.G., Montserrat P., Muñoz G.F., Paiva J., Villar L. (eds) Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares [Plantes vasculaires de la Péninsule ibérique et des îles Baléares]. Vol. II. Platanaceae - Plumbaginaceae (partim). Real Jardín Botánico, CSIC : 15-36. Madrid, España [En espagnol].
- **Amiour A., 2005.** Les zones préférentielles de la mondialisation en Algérie Exemple de Skikda. Mémoire du diplôme de Magister Université Mentouri Constantine. 156p.
- **Belaribi F., Halladj M., 2015.** Etude éco-éthologique des cochenilles des agrumes dans un verger d'oranger à la wilaya de Skikda. Mémoire de master. Université 8 mai 1945 Guelma.92p
- **Beldjazia A., 2006.** Effet des basses températures sur l'accumulation de la proline et des sucres solubles et la chlorophylle chez les semis du chêne liège (*Quercus suber* L). Thèse ingéniorat, Université Mentouri Constantine, 111p.
- **Benabdeli K., 1996.** Impact socio-économique et écologique de la privatisation des terres sur la gestion des espaces et la conduite des troupeaux : cas de la commune de Téléga (Algérie). Options méditerranéennes, 32 : 185-194p.
- **Benamira F., 2017.** Etude diachronique de l'évolution de la végétation forestière par télédétection : cas de la wilaya de Skikda. Mémoire de master. Université des frères Mentouri Canstantine.29p
- **Bergeron M., 1992.** Vocabulaire de la géomatique : terminologie technique et

## Références bibliographiques

---

- industrielle, Les Publications du Québec. 325p.
- **Bouhammara S., Chaabna Z., 2019.** Contribution à l'étude de l'impact environnemental d'un site minier abandonné sur la qualité des sédiments : cas de l'ancienne mine de Boudoukha. Mémoire de Master. Université de Jijel. 36p.
  - **Boulououar Y., 2012.** Etude de la végétation pré-forestière de la zone Ouest de Mont Chenoua. Th. Ing. Agr. ENSA. El Harrach. Alger.
  - **Boulkenafet F., 2006.** Contribution à l'étude de la biodiversité des phlébotomes (Diptera : Psychodidae) (Diptera : Culicidae) dans la région de Skikda. Thèse Magister. Université Constantine.190P.
  - **Bouziri S., 1999.** Méthodes de détection de changements en télédétection spatiale.Exemple d'application au suivi de la désertification en Afrique du nord. Mémoire d'ingénieur. CUST, EC- Centre Commun de Recherche, Ispra (Italie).
  - **C.C.T, 1999.** Cours de télédétection du Centre canadien de télédétection (C.C.T.).
  - **Caloz R., 1991.** Télédétection satellitaire, Lausanne, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Institut d'aménagement des terres et des eaux (hydrologie et aménagement), p 127.
  - **Catalan A., 1991.** Processus de déforestation en Venezuela entre 1975-1988.Marn, direction général sectoriel d'investigation de végétation. Caracas-Venezuela.
  - **CCT, 2019.** Centre Canadien de Télédétection, Notions fondamentales de télédétection, 266p.
  - **Chalabi L., Boutaleb A., 2021.** Contribution de la géomatique au suivi de l'évolution des écosystèmes dans la région du Nord-est de la wilaya de Skikda. Mémoire de Master. Université 20 aout Skikda.46p
  - **Choufaoui I., Mahfoud B., Matmed H., Mechtouf I., 2022.** La contribution de la géomatique à la cartographie de l'évolution des écosystèmes forestiers dans la région de Tamalous et Kerkra. Mémoire de master. Université 20 aout Skikda.42p
  - **Delvaux M., Nys C., 2002.** Géographie : Lire le monde. De Boeck Edition,Bruxelles. 296 p. ISBN : 2-8041-4075-X.
  - **Demdoume S., Zoubair H., 2020.** Apport de la télédétection dans le suivi des changements d'occupation de sol dans le bassin versant du Chélif. Mémoire de Master. Université de Medea. 101p.
  - **Doris, 2022.** Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques. N° 5174.

## Références bibliographiques

---

- **Ducrot D., 2005.** Méthodes d'analyses d'interprétation d'images de télédétection multi-sources, Extraction de caractéristiques du paysage. Mémoire d'habilitation à Diriger des Recherches. INP Toulouse. 240 p.
- **El Aanry Tazi S., Abourouh M et Aafia., 2008 :** Etat des connaissances scientifiques sur les subéraies : bilan et perspectives. Ann. Rech. For. Maroc. Tome spécial 39 : 9-18P.
- **Escadafal R et al, 1999.** Annual progress report-years 1999 contribution of Partner, CAMELEO, centre of the European Commission, Ispra, Italy, 21 p.
- **Gilliot M., 2000.** Revue, Introduction aux SIG « Systèmes D'informations Géographiques ».
- **Gillot M., 2009.** Introduction aux systèmes d'information géographique. Agro Paris Tech, Paris. 19p.
- **Girad, M.C., Girad, C.M., 1999.** Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris. 529p.
- **Hadef A., 2010.** Cartographie de l'occupation du sol par la végétation à partir des données satellites dans la région d'Annaba (Chétaibi). Thèse de Magistère. Université Badji Mokhtar. Annaba. 89p.
- **Heouaine S., Mihoubi M., 2018.** Cartographie des Incendies de Forêts dans la Wilaya de Skikda par l'Utilisation des Techniques de la Géomatique. Mémoire de master. Université 20 aout Skikda. 53p.
- **Iaat, 2003.** Cahier méthodologique sur la mise en œuvre d'un SIG. Territoires numérique. 10p.
- **Kergomard C., 2004.** La télédétection aérospatiale : une introduction. Cours de l'École Normale Supérieure Paris, (France), 74p
- **Khalidi N., 2006.** Apport de la géomatique pour la cartographie de la végétation de la région de Mascara. Thèse Magister. Centre Universitaire de Mascara, 118p.
- **Khalla A., 2006.** Étude des facteurs de dépérissement dans la subéraie d'El-Kala (Nord-est algérien) cas de la subéraie sanobari, Mém. Ing. Université d'Annaba. 37 P.
- **Khedam R., 2008.** Contribution au développement de méthodologies de fusion /classification Contextuelles d'images satellitaires multi-sources. Application à la cartographie thématique du milieu urbain de la ville d'Alger. Thèse de doctorat. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 198p.
- **Mekideche S., Brakchi-Ouakour L., Kadik L., 2018.** Impact des perturbations

## Références bibliographiques

---

- anthropiques sur la diversité végétale de la subéraie de Chréa, au nord de l'Algérie. Bois et Forêts des Tropiques. 1 juillet 2018, Vol 337, 53-66p.
- **Mettai L., 2019.** Contribution à l'étude de quelques paramètres de sol après l'incendie. Mémoire de Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- B.B.A.34p
  - **Mikawa G.F., 2010.** Evaluation par télédétection des effets de la déforestation et de la dégradation des forêts à Kisangani (Cas de la Région forestière de Masako). Diplôme d'Etude Approfondies en aménagement durable des forêts congolaises. FSA, UNIKIS. 42p.
  - **Pauline E., 1989.** L'Eucalyptus : botanique, composition chimique, utilisation thérapeutique et conseil à l'officine. Thèse de doctorat en pharmacie. Faculté de pharmacie –Marseille. 197p.
  - **Quézel P., 1956.** Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algérie. Mémoires de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord, nouvelle série, Vol 44 (2) 142 p.
  - **Quézel P., 1976.** Les forêts du pourtour méditerranéen. In : Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement. Notes techniques du MAB 2. Les Presses de l'UNESCO, Paris : 391 p.
  - **Quézel P., Médail F., 2003.** Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier (collection environnement), Paris : 573 p.
  - **Saccardy L., 1938.** Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée. Le Chêne-Liège et le Liège en Algérie. Année 1938.497p.
  - **Sankande M., 2018.** Analyse de la dynamique d'occupation du sol à travers une classification d'images Landsat (1990-2007-2017) du bassin Mouhoun Supérieur au Burkina Faso. Institut International d'Ingénierie-Burkina Faso-pp18-21.
  - **Sarıtürk B., Atik M.E., Algancı U., Öztürk O., Duran Z et Şeker D.Z., 2018.** Analyse du changement de la couverture naturelle des terres à l'aide de séries temporelles (cas d'Istanbul). Congrès international de l'eau et de l'environnement, Actes du SUCEV.22-24p, Bursa.
  - **Skidmore, 2002.** Environmental Modelling with GIS and Remote Sensing, First published 2002 by Taylor & Francis 11 New FetterLanc, London EC4P 4EE, 55-173p.
  - **Thapa R., Shimada M., Itoh T., Motooka M., Watanabe M., Shiraishi T., Lucas R., 2014.** New global forest/non-forest maps from ALOS PALSAR data (2007–2010), j.rse.31 P.

## Références bibliographiques

---

- **Thérault M., 1992.** Les systèmes d'information géographique, entre le mythe et l'utopie. Journées d'études SIG et gestion des sols : potentialités et limites d'application. Institut d'aménagement des terres et des eaux - Société Suisse de pédologie. EPFL. Lausanne.388p
- **Tir E., 2016.** Analyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post-incendie dans la wilaya de Tissemsilt. Mémoire de Magister. Université Aboubakr Belkaid Tlemcen. 62p.
- **Wood D., Krygier J., 2005.** Making maps, (a visual guide to map design for gis).New York.

### Sites web

<http://earthexplorer.usgs.gov>

<https://asterweb.jpl.nasa.gov/>

<https://earth.google.com/web/>

<https://doris.ffessm.fr/>