

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences Biologiques



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Ecologie

Intitulé

**Contributions à l'élaboration de la carte de l'occupation du
sol du la forêt de Zemmoura (Wilaya de Relizane)**

Présenté par :

- BEHLOUL Hafida.
- BEGHALIA Fatima.
- SELMA Ymina.

Devant les membres de jury :

Président : M. BENCHIHA Walid	Maître de conférences (A). (U. Relizane)
Encadrant : M. MEGHARBI Ahmed	Maître de conférences (A). (U. Relizane)
Examineur : M. BENKADDOUR Benyekhlef	Maître de conférences (A). (U. Relizane)

Année universitaire : 2023/2024

REMERCIEMENTS

On remercie ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la force et la patience et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire. Je tiens à remercier très chaleureusement Dr. MEGHARBI Ahmed qui nous a permis de bénéficier de son encadrement les conseils qu'il nous a prodigués, la patience, la confiance qu'il nous a témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail de recherche.

Nous souhaitons également remercier Dr. BENCHIHA Walid pour avoir accepté de présider le jury. Merci à Dr. BENKADDOUR Benyekhlef d'avoir accepté d'évaluer notre travail au sein du jury de soutenance.

Nos remerciements s'adressent également à tous les membres du département de Biologie, enseignants et administratifs, pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles. Merci pour tous ceux qui, m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.



DEDICACE

Je tiens tout d'abord à remercier « الله » qui m'a donné la force et la volonté pour terminer ce modeste travail

À mes chers parents

Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études et pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver où j'en suis aujourd'hui.

À mes très chers frères

pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, Je ne peux exprimer à travers ses lignes tous mes sentiments d'amour et de tendresse envers vous. Je vous souhaite la réussite dans votre vie, avec tout le bonheur.

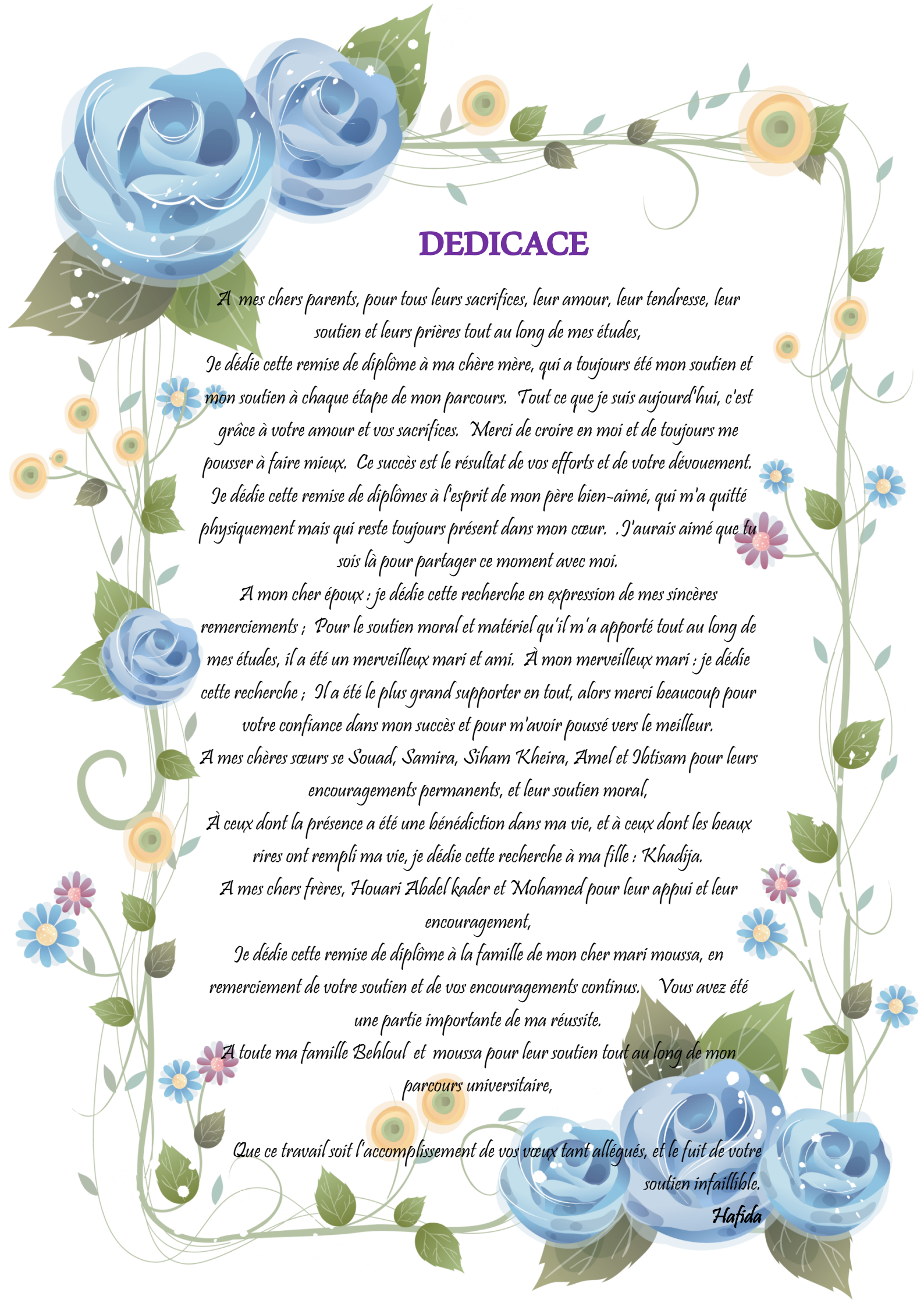
À tous mes amis de toujours

Il me serait difficile de vous citer toutes, vous êtes dans mon cœur.

En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

Merci d'être toujours là pour moi.

Amina



DEDICACE

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,
Je dédie cette remise de diplôme à ma chère mère, qui a toujours été mon soutien et mon soutien à chaque étape de mon parcours. Tout ce que je suis aujourd'hui, c'est grâce à votre amour et vos sacrifices. Merci de croire en moi et de toujours me pousser à faire mieux. Ce succès est le résultat de vos efforts et de votre dévouement.
Je dédie cette remise de diplômes à l'esprit de mon père bien-aimé, qui m'a quitté physiquement mais qui reste toujours présent dans mon cœur. .J'aurais aimé que tu sois là pour partager ce moment avec moi.*

A mon cher époux : je dédie cette recherche en expression de mes sincères remerciements ; Pour le soutien moral et matériel qu'il m'a apporté tout au long de mes études, il a été un merveilleux mari et ami. À mon merveilleux mari : je dédie cette recherche ; Il a été le plus grand supporter en tout, alors merci beaucoup pour votre confiance dans mon succès et pour m'avoir poussé vers le meilleur.

A mes chères sœurs se Souad, Samira, Siham Kheira, Amel et Ibtisam pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

À ceux dont la présence a été une bénédiction dans ma vie, et à ceux dont les beaux rires ont rempli ma vie, je dédie cette recherche à ma fille : Khadija.

A mes chers frères, Houari Abdel kader et Mohamed pour leur appui et leur encouragement,

Je dédie cette remise de diplôme à la famille de mon cher mari moussa, en remerciement de votre soutien et de vos encouragements continus. Vous avez été une partie importante de ma réussite.

A toute ma famille Behloul et moussa pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible.

Hafida

DEDICACE



A ma très chère Maman

Tu représentes pour moi la source de tendresse, le symbole de la bonté, et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Tes prières m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

A mon très cher Papa

Pour tes sacrifices pour mon éducation, ma formation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes efforts.

Aucune dédicace pour mes chers parents ne saurait être assez éloquente pour exprimer tous les sacrifices que vous n'avez donné depuis ma naissance jusqu'à l'âge adulte. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder longue vie, santé et bonheur Inshallah

je dédie ce travail à ma force à mon grand frère hassaine daouadji hadj.

Je dédie ce travail à ma très chère sœurs waliya et louiza .

But mes très chers frères avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mes chères tantes

Qui m'encourage toujours et qui m'a beaucoup aidé A mes cousines

Fatima

Résumé

Le but de ce travail est de proposer une cartographie des groupements végétaux de l'espace forestier dite Zemmoura (Relizane). L'utilisation de l'imagerie satellitaire (LandsAT, 2024) ; nous a permis l'élaboration de la carte des groupements forestiers. Le modèle numérique de terrain (MNT) permet la création des cartes suivantes : la carte hypsométrique, la carte des pentes et la carte d'exposition. Ce support révèle que la forêt de Zemmoura est principalement composée d'un plateau avec des pentes modérées et des altitudes allant de 340 à 660 m. L'exposition est caractérisée par la dominance des orientations sud et nord-est. par ailleurs, le réseau hydrographique est très dense avec la présence de dizaine de micro bassin versant. Le NDVI indique la présence de végétation faible à modérée. Les classifications non-supervisée et supervisée identifient plusieurs classes de sol et de végétation, nécessitant une seconde vérification sur le terrain.

Mots clés : cartes ,pentes, altitudes, expositions, réseau hydrographique, NDVI et classifications.

Abstract:

This work analyzes the study site through several thematic maps (slopes, altitudes, exposures, hydrographic network, NDVI). It reveals that the area is mainly composed of a plateau with moderate slopes and altitudes ranging from 340 to 660 m. The exposure of the land varies, with a dominance of southern and northeastern orientations. The hydrographic network is homogeneous, and the NDVI analysis indicates areas of low to moderate vegetation. The unsupervised and supervised classifications identify several classes of soil and vegetation, requiring a second verification in the field.

Key words: maps, slopes, altitudes, exposures, hydrographic network, NDVI and classifications.

La liste des tableaux :

Tableau 1: Avantages et inconvénients des deux modes raster et vecteur 9

La liste des figures :

Figure 1 :composantes d'un SIG	6
Figure 2: exemple de données raster.	8
Figure 3: exemple de données vecteur.	9
Figure 4: mode de représentation de l'information géographique dans un SIG.	9
Figure 5: Structure de l'information géographique dans un SIG.	12
Figure 6: Architecture générale de l'Arc GIS.	13
Figure 7: situation géographique de zemmora	15
Figure 8: Température moyenne maximale et minimale à zemmora.	16
Figure 9: Pluviométrie mensuelle moyenne à zemmora.	16
Figure 10: Niveaux de confort selon l'humidité à zemmora.	17
Figure 11: Vitesse moyenne du vent à zemmora.	18
Figure 12: la carte des pentes du site d'étude	26
Figure 13: Les classes des pentes du site d'étude	26
Figure 14: la carte hypsométrique du site d'étude	27
Figure 15: les classes hypsométriques du site d'étude.....	27
Figure 16: la carte des expositions du site d'étude	28
Figure 17: Les classes des expositions du site d'étude	28
Figure 18: la carte des expositions du site d'étude	29
Figure 19: la carte des expositions du site d'étude	29
Figure 20: la carte du Ndvi du site d'étude.....	30
Figure 21: Les classes du Ndvi du site d'étude.....	30
Figure 22: la classification non-supervisée	31
Figure 23: Répartition des points GPS	32
Figure 24: la classification supervisée	32

Table de matière :

Résumé :	I
La liste des tableaux :	III
La liste des figures :	IV
Table de matière :	V
Introduction :	Error! Bookmark not defined.

Partie I : Synthèse Bibliographique

CHAPITRE I : Système d'information géographique SIG

I.1. Concept	5
I.2. HISTORIQUE	5
I.3.Définition.....	6
I.4.Fonctionnement des SIG	6
I.5.Domains d'application des SIG.....	7
I.6.Mode de présentation des données dans un SIG	7
I.7.Structure de l'information géographique dans un SIG :	10
I.8. SIG avec Arc GIS :	12

CHAPITRE II : Présentation la zone D'étude

II.1.Présentation de forêt de Zemmora	15
II.2.Situation géographique	15
II.3.Coordonné géographique.....	15
II.4.Facteur thermique	15
II.4.1.Climat :	15
II.4.2.Température moyenne à zemmora	15
II.4.3.Précipitation	16
II.4.4.Humidité	17
II.4.5.Vent	17

Partie II : Partie expérimentale

CHPITRE III : Matériel et Méthodes

III.1 Description de la démarche du travail	21
III.1.1 Le Modèle Numérique du terrain (MNT)	21
III.2 Classification d'occupation du sol	21

III.3 Création des partitions	22
III.4 Prétraitement des données	22
III.5 Sélection des attributs.....	23
III.5.1 Ajustement, optimisation et validation du modèle.....	23
III.6 Classification non supervisée	23
III.7 Classification supervisée.....	23
CHPITRE IV : Résultats et discussions :	
IV .1 Résultats :.....	26
IV .1.1 La carte des pentes	26
IV .1 .2 La carte des altitudes.....	27
IV .1.3 La carte des expositions	28
IV .1.4 Le réseau hydrographique.....	28
IV .1.5 Le NDVI	30
IV .1.6 Classification non-supervisée	30
IV .1.7 Classification supervisée	31
IV .2 Discussions:.....	33
IV .2.1 Carte des pentes et risques géologiques :	Error! Bookmark not defined.
IV .2.2Altitudes et distribution des écosystèmes :.....	Error! Bookmark not defined.
IV .2.3 Exposition et dynamique microclimatique :	Error! Bookmark not defined.
IV .2.4 Réseau hydrographique et gestion des ressources en eau	Error! Bookmark not defined.
IV .2.5 NDVI et couverture végétale :	Error! Bookmark not defined.
IV .2.6 Classification supervisée et non-supervisée :	Error! Bookmark not defined.
Conclusion.....	Error! Bookmark not defined.
Référence bibliographique	36

Introduction

INTRODUCTION

Les ressources naturelles subissent des pressions anthropiques croissantes qui entraînent des dysfonctionnements des écosystèmes terrestres et des pertes de biodiversité (Roche, 1998). Les forêts Algérienne qui connaissent une régression progressive, les sols qui perdent leurs fertilité qui entraînent une réduction de la production végétale gronomique, et un déficit hydrique qui favorise la raréfaction des points d'eau et la baisse des niveaux des nappes phréatiques. (Benabdeli, 2012).

Les massifs forestiers de la wilaya de Relizane avec ses principales essences forestières (chêne vert, pin d'Alep, thuya de Berberie et le chêne liège), n'ont jamais fait l'objet d'une étude de typologie et de cartographie des groupements végétaux. Les nouvelles approches de la gestion forestière passent nécessairement par une étude fine des formations végétales et leurs milieux.

Alors que la carte de la végétation exprime la distribution des relations entre les êtres vivants et les autres variables du milieu (Loisel, 1976 ; Babali, 2014). La cartographie des groupements végétaux en espace naturel s'est beaucoup développée depuis le début des années 2000 pour devenir aujourd'hui un outil quasi incontournable pour la planification et la gestion d'un espace naturel (Laurent et al., 2017).

L'objectif essentiel l'étude de la typologie, la cartographie des principaux groupements et la modélisation des peuplements forestiers selon trois approches complémentaires

La forêt de Zemmoura joue un rôle crucial dans la conservation de la biodiversité de la région. Elle abrite de nombreuses espèces de plantes, d'oiseaux, de mammifères et d'insectes, contribuant ainsi à la richesse biologique de la zone.

Cette forêt sert également de barrière naturelle contre l'érosion des sols et contribue à la régulation du climat local. Les arbres et autres végétations capturent le dioxyde de carbone, aidant ainsi à atténuer les effets du changement

La forêt de Zemmoura, comme beaucoup d'autres écosystèmes forestiers, est soumise à des pressions anthropiques et naturelles qui menacent sa biodiversité et son intégrité écologique. Ces pressions incluent l'urbanisation, l'agriculture, les incendies de forêt, et les changements climatiques. Dans ce contexte, disposer d'une carte précise de l'occupation du sol est essentiel pour identifier les zones sensibles, planifier les interventions de conservation, et suivre l'évolution des paysages forestiers.

Pour ce faire on l'a divisé en 4 parties:

INTRODUCTION

1. Une synthèse bibliographique représentant les informations essentielles sur le Système d'information géographique SIG et une présentation la zone D'étude.
2. Une illustration du matériel, des méthodes utilisées on faire une Description de la démarche du travail.
3. Résultats et discussions
4. Une conclusion qui résume l'ensemble des résultats obtenus et les perspectives.

Partie I :

Synthèse Bibliographique

CHAPITRE I

Systeme d'information géographique (SIG)

CHAPITRE I : Système d'information géographique (SIG)

CHAPITRE I : Système d'information géographique SIG

I.1. Concept

Le concept SIG a été né en 1963, proposé par le topographe canadien R.F.Tomlinson. Le SIG a commencé à pénétrer et d'appliquer dans les différents pays, dans les différents domaines. Avec le support du matériel et logiciel de informatique, traiter et manipuler les données géo spatiales, utiliser les modèles géographiques à analyser les données. Cette technologie a permis aux SIG de s'impliquer rapidement dans la science informatique, la télédétection, la géographie, la cartographie, les études de ressources. Le SIG couvre une grande variété, donc sa définition a différentes manières. (Mouchene, S.Amri, D, 2019)

I.2. HISTORIQUE

Des années 1960 aux années 1970 l'avènement des systèmes d'information géographiques a été marqué par des applications militaires, des études sur les ressources naturelles, des systèmes d'information urbains, Le développement de systèmes raster, l'essor de la géométrie algorithmique et des progrès significatifs en technologie informatique. Cette époque a également vu la création de systèmes de cartographie automatique et le lancement de la télédétection spatiale. (kharichi, I.medjenech, D.legouirch, A, 2022)

Dans les années 1980, la consolidation de la technologie SIG s'est manifestée par l'expansion des grandes bases de données, le développement de la théorie des bases de données incluant le modèle relationnel, l'amélioration de l'interactivité graphique. Les années 1990 ont été caractérisées par la diffusion et l'industrialisation généralisées de la technologie de SIG, les Micro-ordinateurs dépassent le poste de travail, avènement d'un matériel graphique abordable et l'intégration de diverses sources de données. (Ouamara, A, 2013)

Les années 2000 se sont concentrées sur la représentation des connaissances et la modélisation du monde réel, y compris les développements des SIG 3D, de la gestion du temps, des animations graphiques, des simulations et de la modélisation. Au cours de cette période, les SIG ont également adopté Internet pour la consultation et la diffusion des données, parallèlement à la disponibilité de logiciels et de métadonnées gratuits. (HIDAOU, H, 2020)

CHAPITRE I : Système d'information géographique (SIG)

I.3.Définition

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace (Mehdaui and Chekhaba, 2020).

Un système d'information géographique est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées (Fig.1). C'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision. (Mellat,2014)

Un système d'information géographique, comme le montre la figure 1, est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée, destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision. (Boulghiti, et Maamir, 2023)



Figure 1 :composantes d'un SIG

I.4.Fonctionnement des SIG

selon Larbi, 2022, les SIG sont classiquement définis selon les règles des 5A :

CHAPITRE I : Système d'information géographique (SIG)

I.4.1.Archivage : structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.

I.4.2.Acquisition : intégration et échange de données.

I.4.3.Abstraction : modélisation du réel selon une certaine vision du monde.

I.4.4.Analyse : analyse spatiales (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématique..., etc.)

I.4.5.Les outils d'analyse

-Requêtes sémantique (sur les attributs des objets).

-Requêtes géométriques ou spatiales.

-Carte thématiques (appréhension visuelles du terrain et du problème traité).

I.4.6.Affichage : représentation et mise en forme, notamment sous forme cartographique avec la notion d'ergonomie et de convivialité.

I.5.Domainses d'application des SIG

De nos jours, le SIG est utilisé dans plusieurs type d'organisation tels les administrations nationales et locales, les agences d'environnement, les banque, l'université ...etc.

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés citons cependant :

I.5.1.Tourisme : (gestion des informations, itinéraires touristique)

I.5.2.Marketing : (localisation des clients, analyse de site)

I.5.3.Planification urbaine : (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement)

I.5.4.Protection civile : (gestion et prévention des catastrophes)

I.5.5.Transporte : (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)

I.5.6.Hydrologie

I.5.7.Foret : (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)

I.5.8.Géologie : (prospection minière)

I.5.9.Biologie : (études du déplacement des populations animal)

I.5.10.Télécoms : (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)

I.6.Mode de présentation des données dans un SIG

I.6.1.Modes raster

Les données raster sont principalement constituées de pixels, provenant soit de la numérisation d'une carte, soit d'images numériques, telles que des photos satellites. Ces pixels sont répartis uniformément dans une grille, ce qui signifie que les lignes et

CHAPITRE I : Système d'information géographique (SIG)

les surfaces sont représentées par des séquences de pixels, conduisant à des représentations seulement approximatives des objets. La taille des pixels détermine la précision de ces représentations (Fig.2).

(<https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/latest/manage-data/geodatabases/raster-basics.htm>)

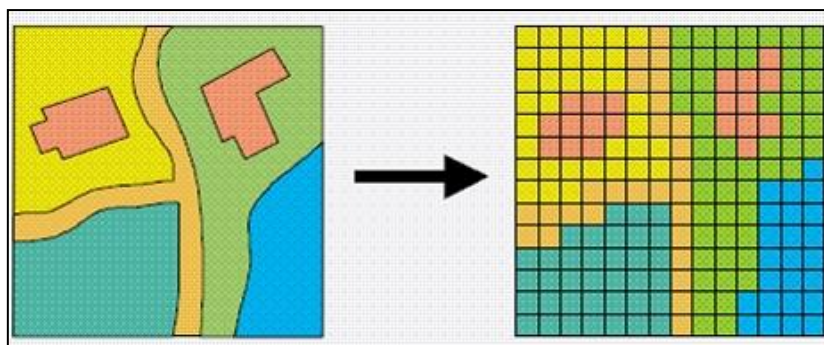


Figure 2: exemple de données raster

I.6.2 Mode vecteur

Il représente le monde réel sous forme de points, de lignes ou de polygones, chaque objet spatial étant lié à une table attributaire via un identifiant.

-**Les points** : Ils définissent des emplacements pour de petits phénomènes géographiques impropres à une représentation par des lignes ou des polygones, ou pour des éléments dépourvus de véritable surface, comme des points marqués.

- **Les lignes** : Les lignes représentent des objets géographiques étroits, trop minces pour une description de surface, comme des rues ou des rivières, et des objets linéaires avec seulement une longueur, comme des courbes de niveau.

-**Les polygones** : Représenter la forme et l'emplacement d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols. (BITAT, B, 2021)

CHAPITRE I : Système d'information géographique (SIG)

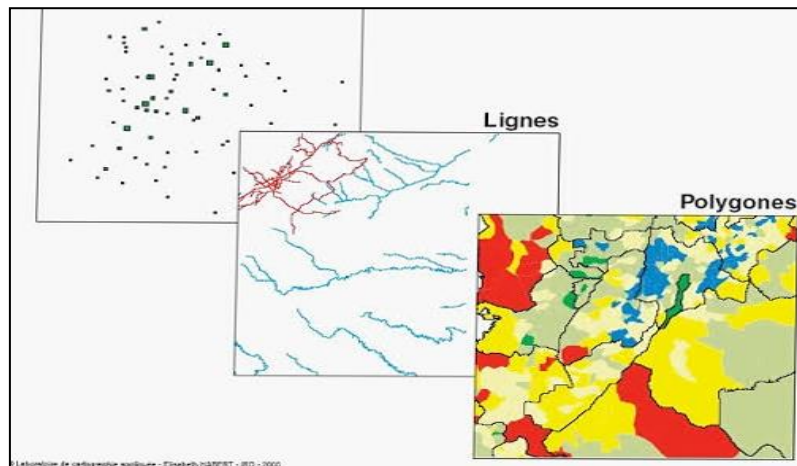


Figure 3: exemple de données vecteur.

I.6.3.Comparaison des modes vecteurs et rasters

Bien qu'ils organisent les données différemment, les deux modes se complètent, permettant aux utilisateurs d'élargir leur champ d'investigation pour diverses applications et traitements (Fig.3).

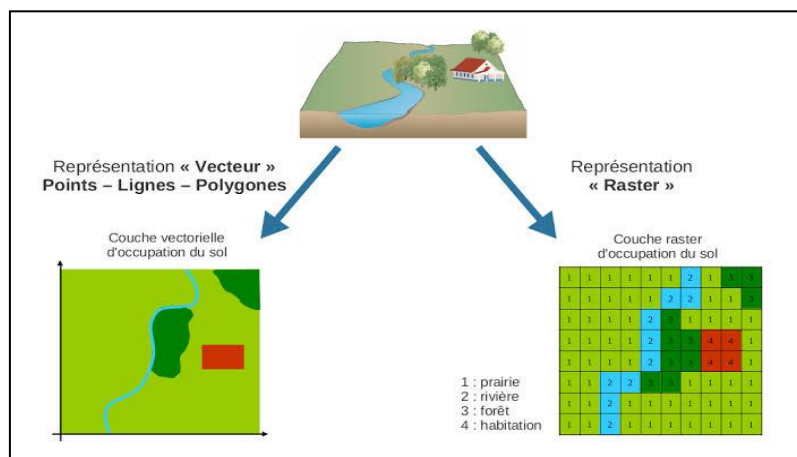


Figure 4: mode de représentation de l'information géographique dans un SIG.

Chaque mode a ses avantages et ses inconvénients, et choisir entre eux n'est pas simple, car les objectifs du projet et les sources de données guident principalement le choix de l'utilisateur (Tab.1). (Boulghiti, et Maamir, 2023)

Tableau 1: Avantages et inconvénients des deux modes raster et vecteur

MODE	AVANTAGE	INCONVENIENT
------	----------	--------------

CHAPITRE I : Système d'information géographique (SIG)

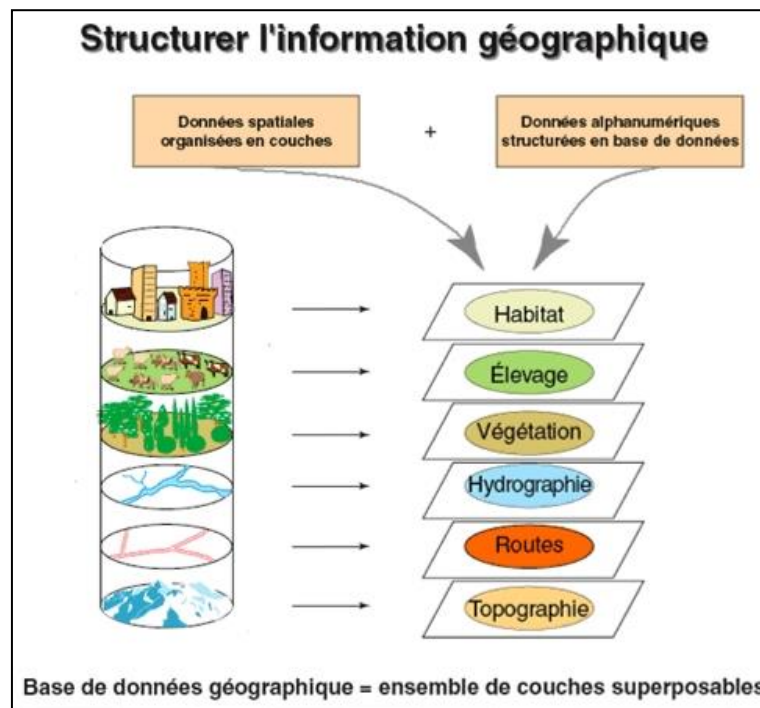
RASTER	- Structure de donnée simple. - Compatible avec des données à distance senties ou analysées - Procédures spatiales simples d'analyse	- Exige un plus grand espace mémoire sur ordinateur. - Selon la taille de pixel, le rendement graphique peut être moins agréable. - Les transformations de projection sont plus difficiles. - Plus difficile de représenter des rapports topologiques
VECTEUR	- Exige moins d'espace de mémoire à disque. - Les rapports topologiques sont aisément maintenus. - Le rendement graphique ressemble plus étroitement aux cartes tirées par la main.	- Structure de données plus complexes. - Non compatible avec des données à distance senties. - Le logiciel et le matériel sont souvent plus chers. - Quelques procédures spatiales d'analyse peuvent être plus difficiles. - Recouvrement des multiples cartes de vecteur est souvent long

I.7. Structure de l'information géographique dans un SIG :

La structure des données SIG est organisée en couches, chacune contenant des éléments connexes, notamment des données géographiques et attributaires. Un calque peut être constitué d'une image raster ou d'une collection d'objets vectoriels, généralement regroupés par thème. Par exemple, une couche « tectonique » pourrait inclure des objets linéaires comme des feuilles et des sentiers, tandis que d'autres éléments linéaires tels que des rivières et des canaux seraient organisés dans une couche « hydrologique » distincte.

CHAPITRE I : Système d'information géographique (SIG)

La capacité
et de

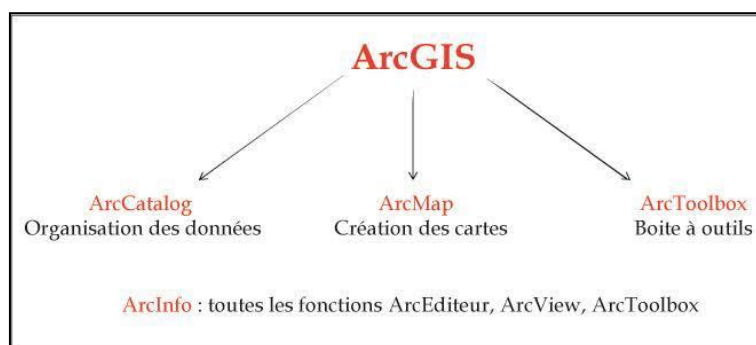


d'empiler
visualiser

simultanément ces couches thématiques est un point fort du SIG (Fig.5). Cette superposition de différentes couches de données permet des représentations visuelles complexes et riches en informations qui facilitent une analyse approfondie des interactions spatiales et thématiques, permettant essentiellement une analyse multicritères et multicouches complète. (Khaddari, A, 2020)

CHAPITRE I : Système d'information géographique (SIG)

Figure 5:
de



Structure

L'information géographique dans un SIG.

I.8. SIG avec Arc GIS :

I.8.1. Définition du logiciel Arc GIS

L'Arc GIS est un logiciel de cartographie SIG qui permet l'utilisation de systèmes d'information géographique. Il fournit des capacités pour entrer, manipuler, gérer, analyser et éditer des données géo spatiales. Les utilisateurs peuvent manipuler différentes couches d'informations spatiales, permettant l'analyse d'une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. La connexion entre ces couches est leur lien spatial partagé, ce qui signifie qu'ils appartiennent à la même zone géographique et au même système de coordonnées. (Ouamara, 2013)

I.8.2 Architecture générale de l'Arc GIS

Le logiciel Arc GIS peut être réparti en trois grands compartiments (Fig.6):

1. **Arc Catalog** assure l'organisation et la gestion des données SIG.
2. **Arc Mapp** est l'application principale d'Arc GIS, facilitant la visualisation et le traitement des données (analyse, édition, etc.) dans la fenêtre « vue des données », avec des mises en page de cartes créées dans la fenêtre « vue de mise en page ». Arc Globe est similaire mais propose une visualisation de données 3D.
3. **ArcToolbox** est une collection d'outils de géo traitement disponibles en trois niveaux progressifs : Arc, Arc Editeur et Arc Info, Arc Info étant le plus avancé. (Menad, 2018)

CHAPITRE I : Système d'information géographique (SIG)

Figure 6: Architecture générale de l'Arc GIS.

I.8.3.Principes de fonctionnement de l'Arc GIS (tout SIG)

L'acquisition de données implique à la fois des méthodes non numériques (numérisation de cartes, géo référencement, numérisation et création de tables attributaires) et numériques (importation de fichiers, coordonnées GPS).

L'analyse des données est une fonction principale du SIG, notamment l'interrogation de zones spécifiques (par exemple, l'emplacement des écoles) et l'exécution de tâches d'analyse spatiale ou de géo traitement telles que la création de zones tampons et le calcul de zones. Pour la représentation des données, les outils de visualisation permettent d'interagir avec les cartes via le zoom et le panoramique. (Mouchene, Amri, 2019)

CHPITRE II

Présentation la zone D'étude

CHAPITRE II : Présentation la zone d'étude

CHAPITRE II : Présentation la zone D'étude

II.1.Présentation de forêt de Zemmora

La commune de zemmora située à 20km à l'est de Relizane, à 150km à l'est et à 280km au l'ouest d'Alger (Fig.7). Tire son nom du berbère thazemmourt, qui signifie les oliviers ou plus logiquement ici, le pays des oliviers. (Mairin, 1896)

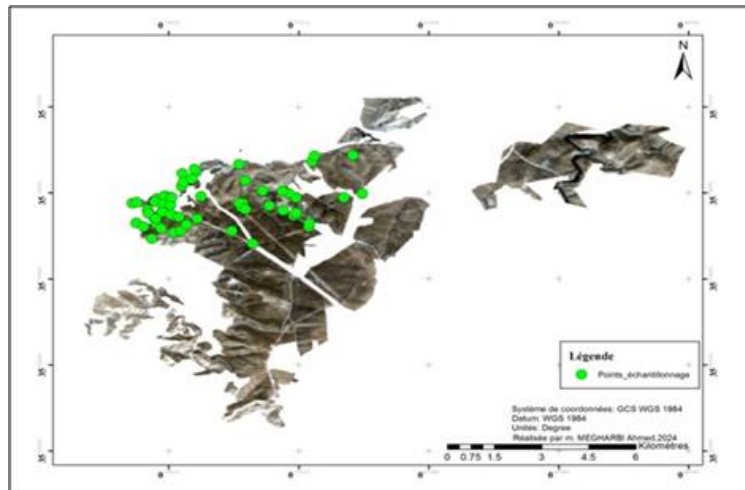


Figure 7: situation géographique de Zemmoura

II.2.Situation géographique

La commune de Zemmora est située à l'est de l'Etat de Relizane. Elle est bordée au sud par la commune de Dar Ben Abdullah, à l'ouest par la commune d'Oued Al-Jumaa, au nord par la commune d'Oued Al-Jumaa. Ouled Sidi Aich, et à l'est par la commune de Mendas.

II.3.Coordonné géographique

Altitude : 35.7167

Longitude : 0.75

35° 43 ' 0" Nord, 0°45' 0" Est

II.4.Facteur thermique

II.4.1.Climat :

Situés à 60 km de la mer méditerranée, la ville possède un climat chaud et sec, à légère tendance montagnarde. Les hivers sont souvent pluvieux, parfois neigeux.

II.4.2.Température moyenne à zemmora :

La saison très chaude dure 2,8 mois, du 16 juin au 10 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 33 °C. Le mois le plus

CHAPITRE II : Présentation la zone d'étude

chaud de l'année à Zemmora est juillet, avec une température moyenne maximale de 37 °C et minimale de 21 °C.

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 16 novembre au 16 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 19 °C. Le mois le plus froid de l'année à Zemmora est janvier, avec une température moyenne minimale de 5 °C et maximale de 15 °C (Fig.8).

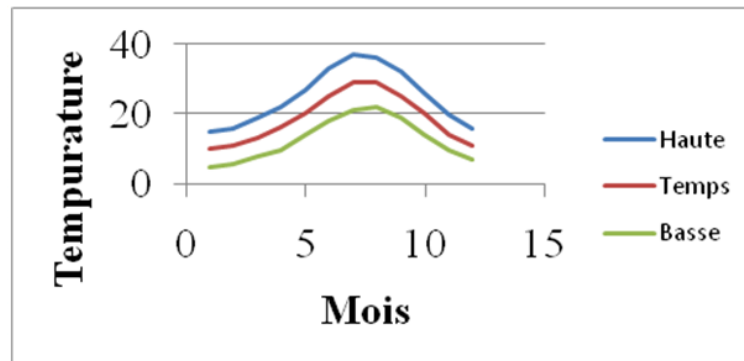


Figure 8: Température moyenne maximale et minimale à Zemmoura.

II.4.3.Précipitation

Zemmora connaît des variations saisonnières considérables en ce qui concerne les précipitations de pluie mensuelles.

La période pluvieuse de l'année dure 9,2 mois, du 2 septembre au 10 juin, avec une chute de pluie d'au moins 13 millimètres sur une période glissante de 31 jours. Le mois le plus pluvieux à Zemmora est février, avec une chute de pluie moyenne de 56 millimètres (Fig.9).

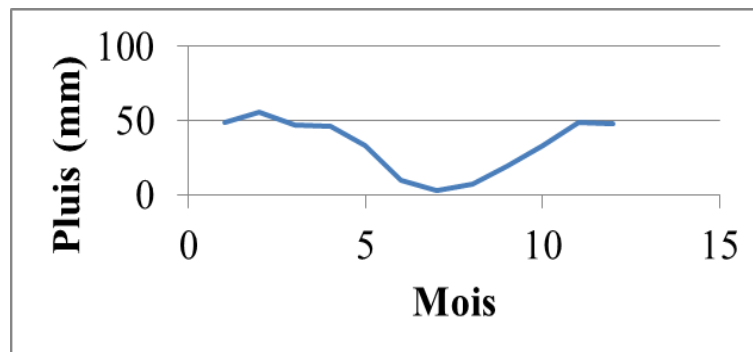


Figure 9: Pluviométrie mensuelle moyenne à Zemmoura.

CHAPITRE II : Présentation la zone d'étude

La période sèche de l'année dure 2,8 mois, du 10 juin au 2 septembre. Le mois le moins pluvieux à Zemmora est juillet, avec une chute de pluie moyenne de 3 millimètres.

II.4.4.Humidité

Nous estimons le niveau de confort selon l'humidité sur le point de rosée, car il détermine si la transpiration s'évaporerait de la peau, causant ainsi un rafraîchissement de l'organisme. Les points de rosée plus bas sont ressentis comme un environnement plus sec et les points de rosée plus haut comme un environnement plus humide. Contrairement à la température, qui varie généralement considérablement entre le jour et la nuit, les points de rosée varient plus lentement. Ainsi, bien que la température puisse chuter la nuit, une journée lourde est généralement suivie d'une nuit lourde. Zemmora connaît des variations saisonnières modérées en ce qui concerne l'humidité perçue (Fig.10).

La période la plus lourde de l'année dure 3,5 mois, du 17 juin au 3 octobre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 3 % du temps. Le mois ayant le plus grand nombre de jours lourds à Zemmora est août, avec 3,7 jours lourds ou plus accablants.

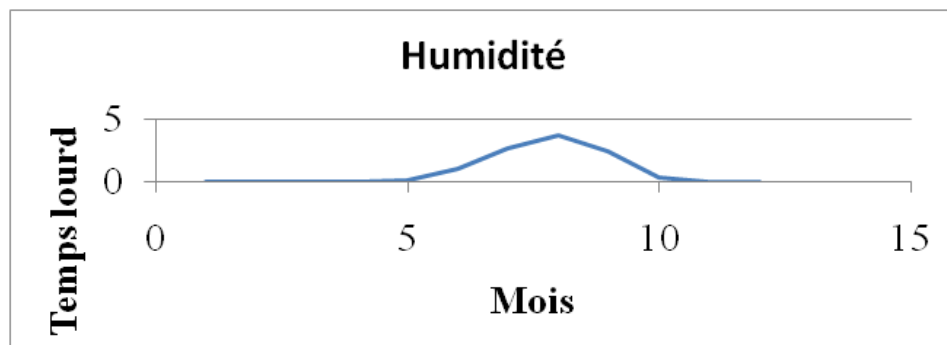


Figure 10: Niveaux de confort selon l'humidité à Zemmora.

II.4.5.Vent

La vitesse horaire moyenne du vent à Zemmora connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année.

La période la plus venteuse de l'année dure 6,6 mois, du 31 octobre au 18 mai, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 13,7 kilomètres par heure. Le mois le plus venteux de l'année à Zemmora est décembre, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 15,1 kilomètres par heure.

CHAPITRE II : Présentation la zone d'étude

La période la plus calme de l'année dure 5,4 mois, du 18 mai au 31 octobre. Le mois le plus calme de l'année à Zemmora est août, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 12,2 kilomètres par heure.

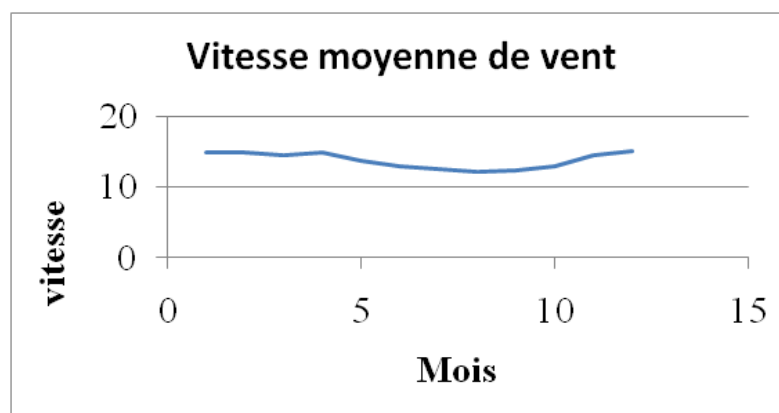


Figure 11: Vitesse moyenne du vent à Zemmoura.

Partie II

Partie expérimentale

CHPITRE III

Matériel et Méthodes

CHPITRE III : Matériel et Méthodes

III.1 Description de la démarche du travail

III.1.1 Le Modèle Numérique du terrain (MNT)

Un modèle numérique de terrain est une représentation numérique simplifiée de la surface d'un territoire, en coordonnées altimétriques (le plus souvent exprimées en mètres par rapport au niveau de la mer) et planimétrique, calée dans un repère géographique (Koussa, 2017). Les ingénieurs utilisent les MNT pour différentes études. Ils peuvent étudier la pente du relief, l'exposition, les altitudes et déterminer le champ de visibilité.

- a. Réalisation de la carte des pentes
- b. Réalisation de la carte des expositions
- c. Réalisation de la carte hypsométrique
- d. Réalisation de la carte du réseau hydrographique

3.3 Acquisition des images satellites

III.1.1.1 Acquisition et traitement des images Landsat

Les données Landsat ont souvent été appliquées à la classification de la couverture terrestre, principalement en raison de leurs longues périodes de disponibilité (des décennies de données d'archives), de leur résolution spatiale fine (30 m) et de la proximité des observations au nadir (Zhu, 2017; Zhu and Woodcock, 2014).

III.1.1.2 Calcul du NDVI

L'NDVI (Normalized difference vegetation index) permet de détecter les variations de la biomasse verte en inférant des changements dans la fraction de l'activité photosynthétique (Rouse Jr et al., 1974). NDVI représente la proportion normalisée (entre -1 et 1) dans les longueurs d'onde proche infrarouge et rouge. La première est très sensible à l'activité de la végétation, tandis que la seconde tient compte de l'absorption des pigments rouges.

$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$$

PIR : bande Infrarouge R : bande rouge

III.2 Classification d'occupation du sol

La procédure de la classification est basée sur des techniques d'apprentissage supervisées, qui intègrent plusieurs informations que sont :

- Les Informations relatives aux classes d'occupation du sol de la zone steppique (points d'apprentissages)
- Les informations spectrales (séries temporelles de Landsat, les indices spectraux)

-Les informations spatiales.

Cette partie se réalise en cinq étapes essentielles sous R et ArcGIS :

- 1) Création des partitions
- 2) Prétraitement des données
- 3) Sélection des attributs
- 4) Ajustement, optimisation et validation du modèle
- 5) Evaluation du modèle

III.3 Création des partitions

Pour évaluer la capacité prédictive d'un modèle de classification, nous avons divisé nos données d'une manière aléatoire en deux ensembles avec une taille qui dépend en grande partie de la quantité des données disponibles et de la sécurité nécessaire pour estimer l'erreur (Amat Rodrigo, n.d.). Les deux ensembles sont :

- Ensemble d'entraînement : Il présente 70% des données, qui forment le modèle de classification.
- Ensemble de test : Il présente 30% des données, du même type que celles qui composent l'ensemble d'apprentissage, mais qui n'ont pas été utilisées dans la création du modèle. Ce sont des données que le modèle n'a pas «vues».

Sous le logiciel R, la fonction `creat Data partion` assure une distribution approximative des données, c'est-à dire, elle assure que l'ensemble d'entraînement et l'ensemble de test sont similaires en termes de variables de réponse.

III.4 Prétraitement des données

Cette étape regroupe l'ensemble des transformations des données effectives afin qu'elles puissent être acceptées lors de la classification par la méthode des séparateurs à vaste marge (SVM), pour se faire, nous sommes passés par deux étapes essentielles que sont :

- L'imputation des valeurs manquantes : Elle présente l'action d'estimer les valeurs manquantes en utilisant les informations disponibles. Dans notre cas aucune donnée manquante n'a été identifiée. Nous avons eu 20 prédicteurs (Bande 1, Bande 2, Bande3, Bande 4, Bande 5, Bande 7, NDVI, NDMI, MSAVI2).
- La Standardisation et la mise à l'échelle : Elle consiste à transformer les données pour que tous les prédicteurs soient approximativement à la même échelle, donc pour notre cas toutes les variables sont normalisées.

Après avoir effectué les prétraitements sur l'ensemble des données, nous sommes passés à l'étape d'exécution des transformations, qui a été réalisée sur les partitions d'entraînement et test.

III.5 Sélection des attributs

C'est la partie où il faut sélectionner les prédicteurs qui contiennent des informations utiles pour le modèle. Dans notre cas, cette étape est réalisée grâce à la méthode d'emballage basée sur l'élimination récursive. Elle évalue plusieurs modèles générés en ajoutant ou en éliminant des prédicteurs afin d'identifier la combinaison optimale qui maximise la capacité du modèle.

Selon la précision moyenne pour chaque taille de modèle, nous pouvons dire que nous avons eu 08 variables importantes (Bande 1, Bande 4, Bande 2, TCB, Bande 3, Moyenne, Bande 5, Bande 7).

III.5.1 Ajustement, optimisation et validation du modèle

Les paramètres SVM ont été optimisés, en sélectionnant la combinaison qui a permis l'obtention de la plus grande précision de classification. Nous avons utilisé un noyau de fonction de base radiale (RBF), qui est la stratégie la plus couramment appliquée dans la classification de la couverture terrestre en raison de ses bonnes performances (Thanh Noi and Kappas, 2018). Les paramètres de coût (C) et de gamma ont été ajustés en explorant respectivement toutes les valeurs comprises entre 1-700 et 0,001-1.

L'optimisation du modèle a été réalisée en utilisant une validation croisée de 10 fois telle que mise en œuvre dans le package « caret » (Kuhn, 2008). En outre, nous avons utilisé le package « raster » pour générer des prédictions et des sorties spatiales. Cette procédure a été répétée pour étudier plusieurs combinaisons de prédicteurs comme détaillé dans le Tableau 5 ci-dessous.

III.6 Classification non supervisée

Au cours de la classification non supervisée, les divers éléments de l'image (pixels) sont automatiquement classés en fonction de leurs caractéristiques spectrales et du nombre de classes fixé par l'opérateur. Ce qui permet d'effectuer une première segmentation des images en grands thèmes d'occupation des sols.

III.7 Classification supervisée

Après la vérification sur terrain, nous avons validé la classification avec un maximum de vraisemblance sur l'image satellite 2019 nous avons regroupé les unités homogène en classes d'occupation après leur digitalisation à la souris, ces classes représentent les

unités d'occupation des sols qui nous ont servis à l'élaboration de la carte d'occupation des sols 2024.

CHPITRE IV

Résultats et discussions

CHPITRE IV : Résultats et discussions

IV.1 Résultats

IV.1.1 La carte des pentes

La carte de la pente est utile pour la classification et l'explication de la surface du relief, ainsi que pour la catégorisation des montagnes, des piémonts et des plaines. Actuellement, l'étude des pentes est considérée comme l'une des études importantes pour la connaissance des régions exposées aux risques géologiques (Fig.12).

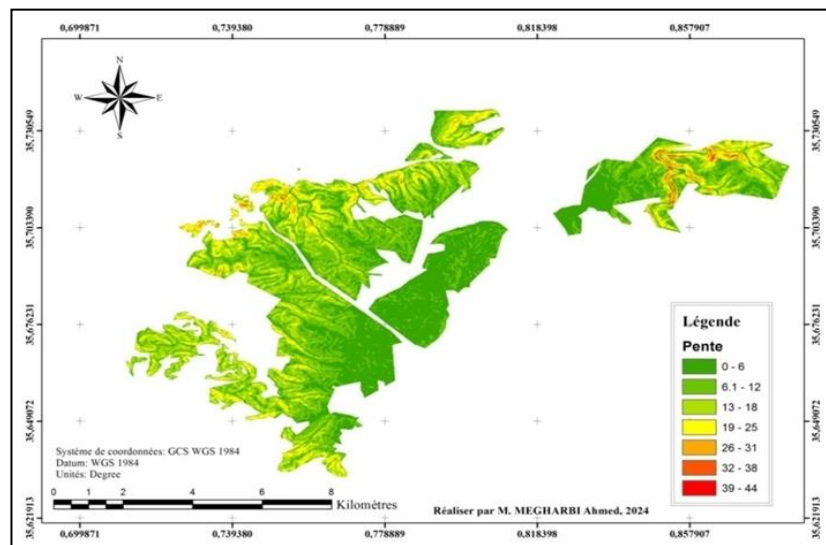


Figure 12: la carte des pentes du site d'étude

Le site d'étude est formé de 65% d'un plateau bordé par des versants en pente qui ne dépasse pas 12%. Sur les bas piémonts, dominent des collines avec des reliefs accidentés, dont la pente dépasse les 31 %. (Fig.13)

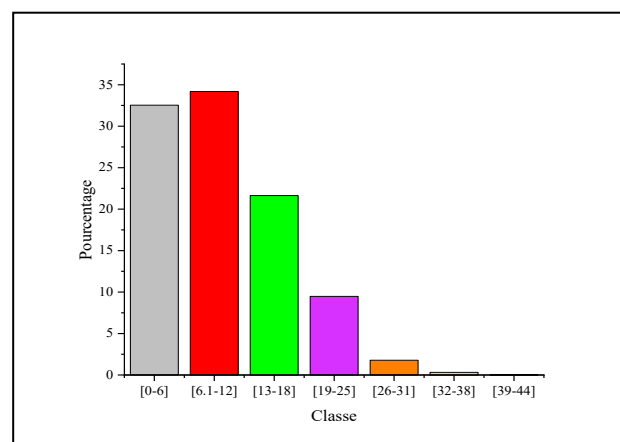


Figure 13: Les classes des pentes du site d'étude

IV.1 .2 La carte des altitudes

Le massif forestier occidental de la wilaya de Relizane est situé dans la partie méridionale de l'Atlas tellien, avec des altitudes allant de 340 à 660 m. Les altitudes comprises entre 340 et 480 m correspondent aux terrains bas, et elles sont localisées dans la zone nord-est et sud-ouest. (Fig.14).

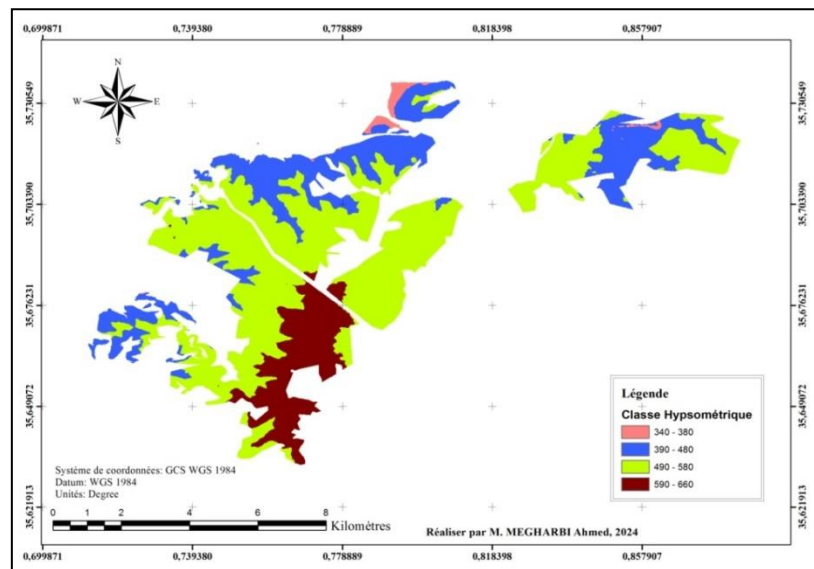


Figure 14: la carte hypsométrique du site d'étude

Les altitudes moyennes, comprises entre 480 et 580 m, sont localisées dans la zone nord, Sud-ouest et une petite partie à l'est dont la portion est d'ordre (58.31%). Les altitudes supérieures à 600 m sont localisées dans le versant sud. le gradient altitudinal est de type nord-sud (Fig.15).

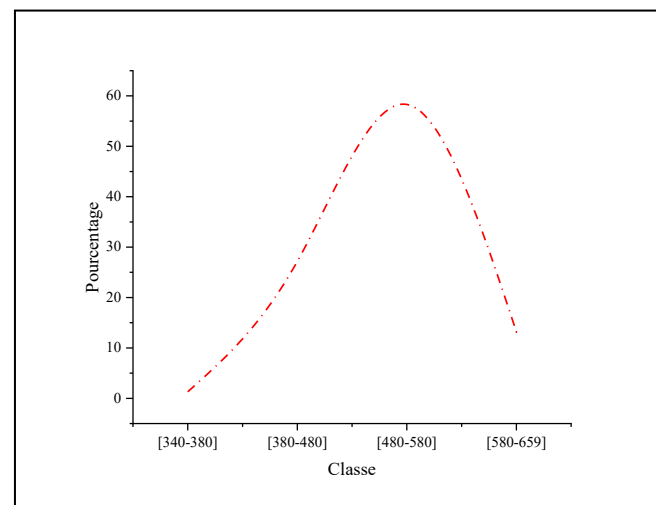


Figure 15: les classes hypsométriques du site d'étude

IV.1.3 La carte des expositions

L'effet de l'exposition est particulièrement important et se traduit par la différence entre le versant nord et versant sud des montagnes, ou entre les deux flancs d'une vallée lorsque celle-ci à une direction générale est –ouest (Ozenda, 1986).

le massif forestier occidental de la wilaya de Relizane est caractérisée par la présence de 10 classes distinctes (Fig.16)

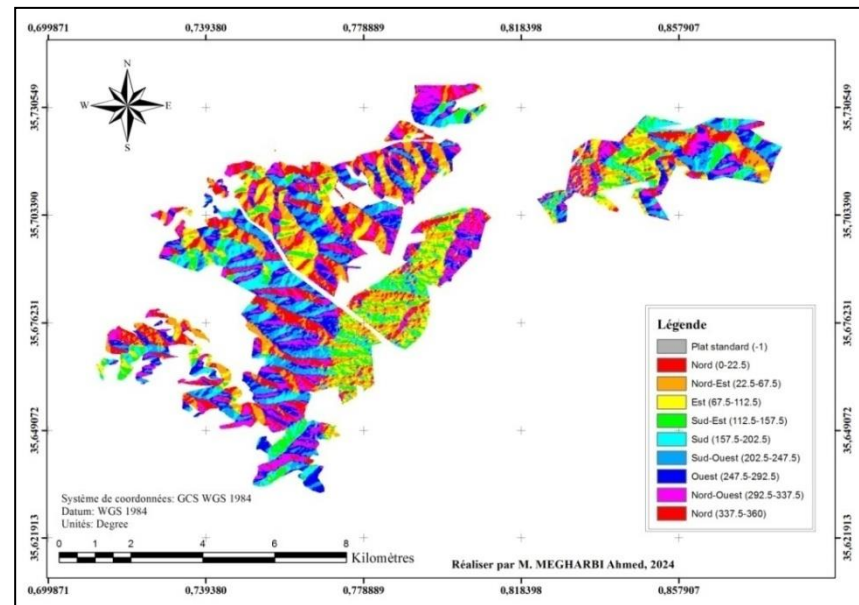


Figure 16: la carte des expositions du site d'étude

Les expositions dominantes sont respectivement Sud (15%), Nord-est (14.7%), Ouest (14%) et le sud-ouest (11.8%) (Fig.17).

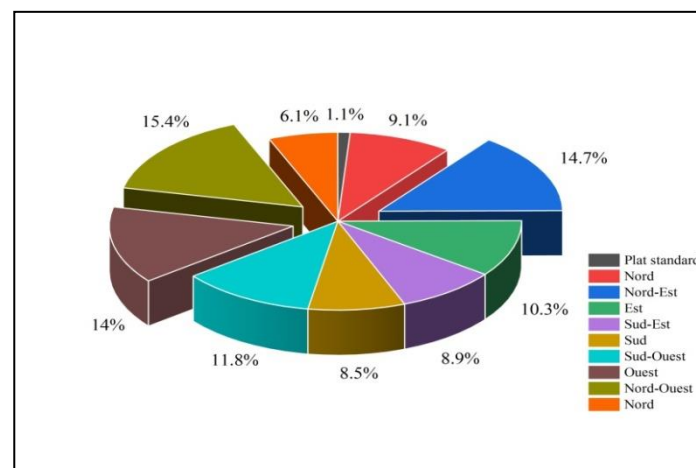


Figure 17: Les classes des expositions du site d'étude

IV.1.4 Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est très homogène sur la totalité de la superficie du massif (Fig.18).

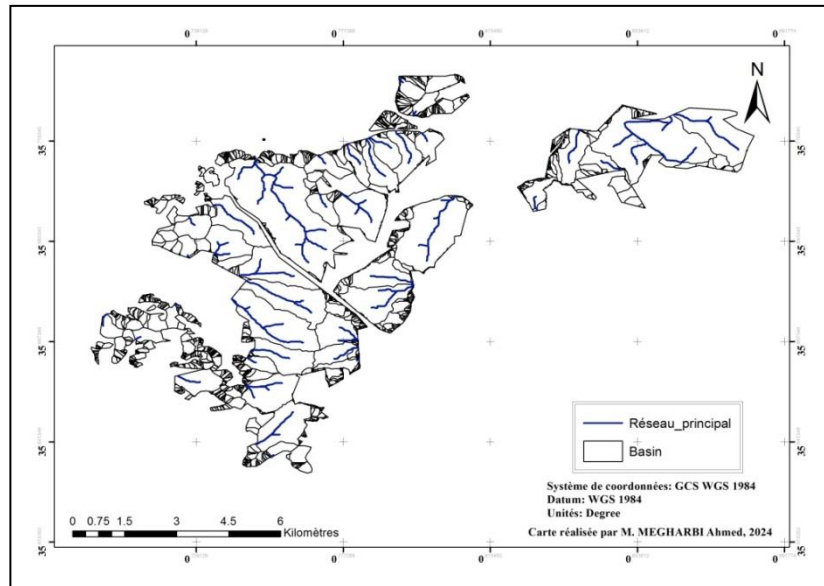


Figure 18: la carte du réseau hydrographique du site d'étude

IV.1.5 Les expositions

La figure 19 révèle que le massif forestier est très riche du point de vue micro bassin d'accumulation des eaux de pluies.

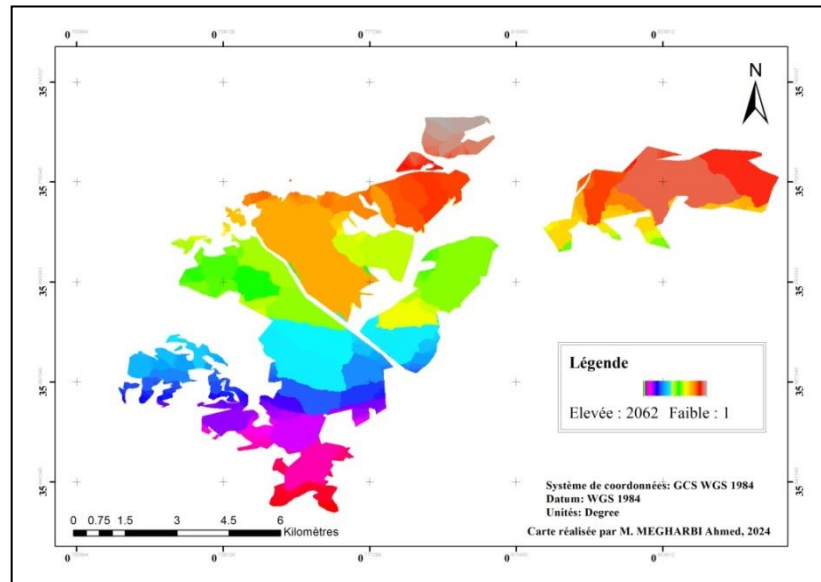


Figure 19: la carte des expositions du site d'étude

IV.1.6 Le NDVI

Le résultat d'un NDVI prend la forme d'une nouvelle image, la valeur de chaque pixel étant comprise entre 0 (sol nu) et 1 (couvert végétal maximal). C'est l'analyse de la palette de nuances s'étendant entre ces valeurs extrêmes (très peu fréquentes) qui va renseigner l'observateur sur la densité du couvert végétal et la quantité de biomasse verte (Fig.20).

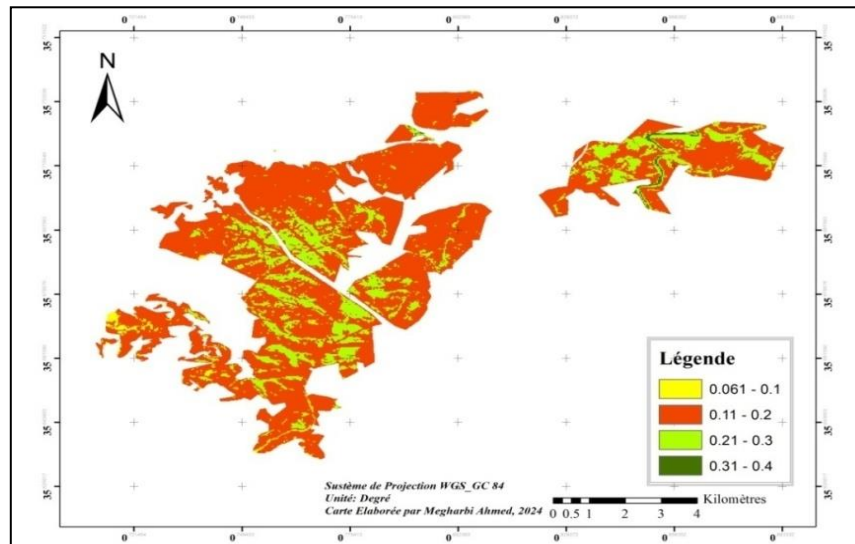


Figure 20: la carte du Ndpi du site d'étude

Les figure 20 et 21 révèle que (32.54%) est un terrain stérile rocheux dont la couverture végétale est inexistante. la seconde classe ((34.19%)) correspond à un sol clair-semi parfois terrains agricoles après récolte ou bien la présence des chaméphytes avec une faible densité.

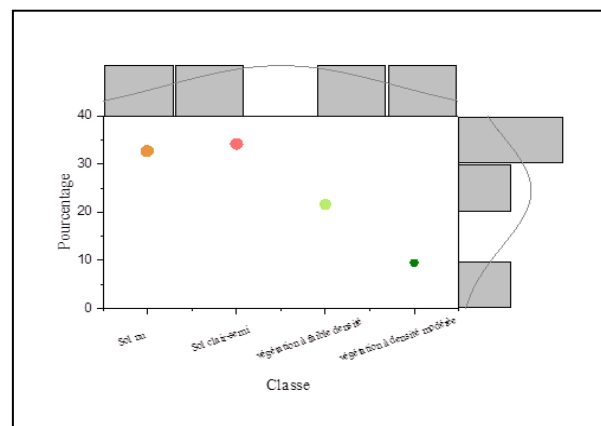


Figure 21: Les classes du Ndpi du site d'étude

La troisième classe dont leur portion est d'ordre (21.63%), correspond à une végétation peu dense composée principalement aux arbustes et/ou prairie. La quatrième classe est un indicateur d'une présence de biomasse végétale plus ou moins modérée. La superficie de cette classe ne guère 10% de la superficie totale du massif.

IV.1.7 Classification non-supervisée

La classification non-supervisée révèle l'obtention de quatre classes à savoir: le sol nu, végétation claire, l'agro-écosystème et la végétation dense (Fig.22).

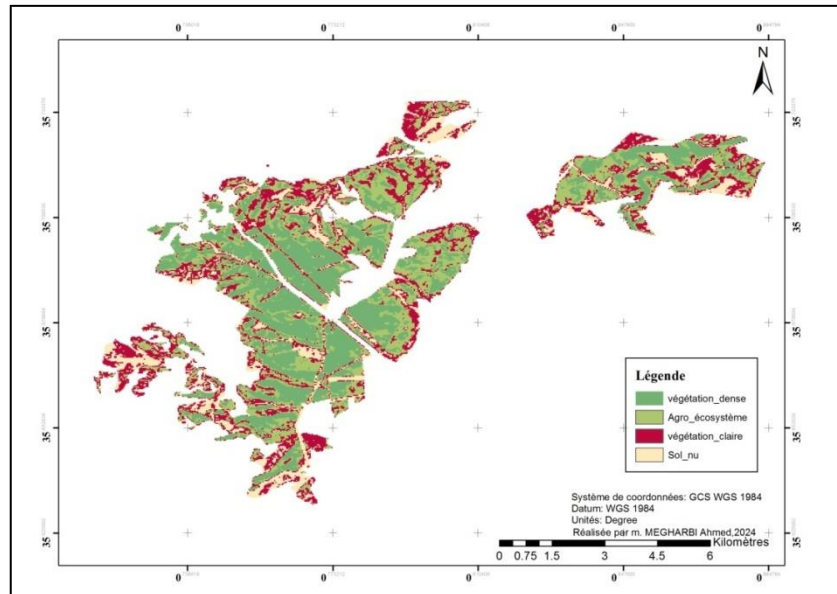


Figure 22: la classification non-supervisée

IV.1.8 Classification supervisée

L'analyste identifie des échantillons assez homogènes de l'image qui sont représentatifs de différents types de surfaces (classes d'information). Ces échantillons forment un ensemble de données-tests. nos échantillons représente 54 points GPS, représentent les espèces dominantes et/ou co-dominante (Fig.23).

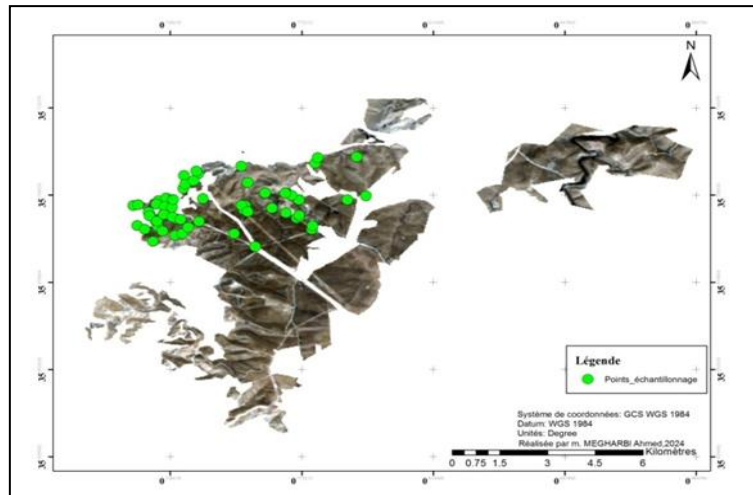


Figure 23: Répartition des points GPS

L'ordinateur utilise un programme spécial ou algorithme afin de déterminer la "signature" numérique de chacune des classes. Plusieurs algorithmes différents sont possibles. Une fois que l'ordinateur a établi la signature spectrale de chaque classe à la classe avec laquelle il a le plus d'affinités. Une classification supervisée commence donc par l'identification des classes d'information qui sont ensuite utilisées pour définir les classes spectrales qui les représentent (Fig.23).

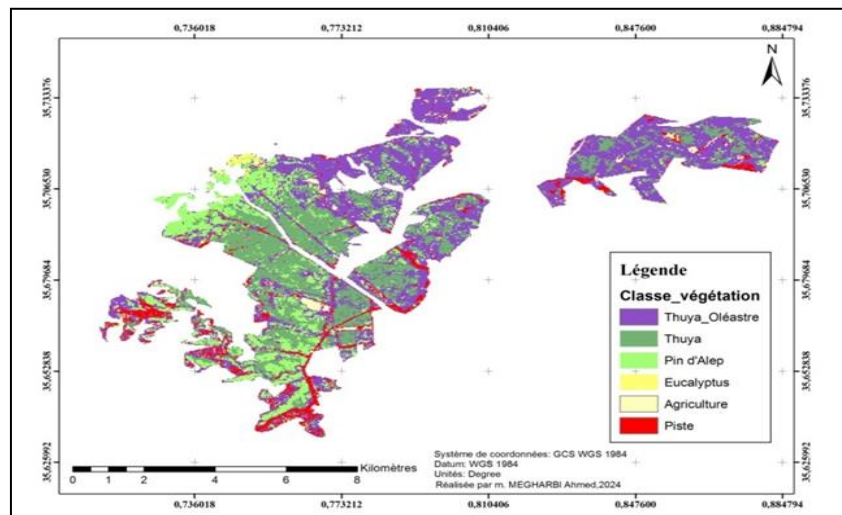


Figure 24: la classification supervisée

La classification supervisée révèle l'obtention de six classes à savoir: Les pistes, Parcelles agricoles, classe à *Eucalyptus* Sp, classe à *Pinus halepensis*, classe à *Titraclinis articulata* et classe à *Titraclinis articulata* + *Olea sylvestris*.

Les résultats restent à vérifiés pour une seconde fois sur le terrain pour réaliser une seconde classification (Fig.24).

IV.2 Discussions

La carte hypsométrique dévoile une homogénéité altitudinale de notre zone d'étude, dont la répartition des altitudes montre une faible variation, avec un point culminant à 580 m, indiquant un relief plus ou moins accidenté. Cette topographie est en grande partie associée à la présence de forêts de Chêne liège et de Chêne vert. (Cheliout, 2016)

La carte des pentes montre que 65% du site est constitué d'un plateau avec des pentes douces (inférieures à 12%), ce qui est favorable pour la stabilité des sols et la réduction des risques d'érosion. Selon Abdessemed, (1984) l'érosion peut être activée par une pente forte, ce qui est le cas généralement des zones montagneuses, et arrive à dénuder le sol de haut en bas jusqu'à la roche compacte.

Les expositions dominantes du site sont le Sud, le Nord-est, l'Ouest et le Sud-ouest, représentant plus de 55% de la surface totale. Ces orientations ont un impact direct sur l'ensoleillement, la température et l'humidité du sol, influençant ainsi la répartition des espèces végétales et les pratiques agricoles. Ces variations altitudinales et topographiques sont essentielles pour la planification écologique, car elles déterminent la zonation des espèces et l'utilisation des terres. La végétation constitue la résultante des conditions physique et climatique (altitude, exposition, humidité du sol,...), c'est une expression du milieu et sa répartition reflète l'ensemble des conditions qui règnent dans un écosystème (Floret et le Floc'h, 1973 in Guit, 2015).

La présence d'un réseau hydrographique homogène et de micro bassins de rétention d'eau est un atout pour la gestion des ressources hydriques du site, notamment dans les zones de piémont où l'accumulation des eaux de pluie est importante. Ces micro bassins jouent un rôle clé dans l'atténuation des inondations, la recharge des nappes phréatiques et la gestion de l'eau pour l'agriculture

L'analyse du NDVI met en évidence une répartition contrastée de la végétation. Près d'un tiers de la surface est stérile ou peu couverte de végétation (sols nus ou terrains rocheux), ce qui pourrait poser des défis pour la gestion des sols et des ressources naturelles. La présence de sols clairs ou semi-couverts (34.19%) indique des terres agricoles en fin de cycle de récolte ou des zones dominées par des plantes de faible densité, comme les chaméphytes. Les perturbations causées par l'homme et ses troupeaux sont nombreuses et correspondent à deux situations de plus en plus sévères allant de la matorralisation jusqu'à la steppisation (Berbero et al., 1990 in Benkhatou et al., 2015)

CHAPITRE IV : Résultats et discussion

Les classifications supervisées offrent une vue d'ensemble précise de la composition de notre forêt. La classification non-supervisée identifie quatre classes principales, tandis que la classification supervisée affine cette répartition en six catégories distinctes.

La présence *Tetraclinis articulata*, qui est une essence oranaise, de l'Ouest algérien dans la partie occidentale, il forme des taillis entre Mascara, Tiaret et Saïda (Bouazza, 2000).

La présence du *Pinus halepensis* est un fort signe le caractère physionomique et structurale de la forêt de Zemmoura, cette conifère est localisée généralement au niveau de trois blocs (i) Les forêts des Monts de Tlemcen, (ii) les forêts des Monts de Daïa et (iii) Les forêts de Saïda (Quezl et Santa, 1962).

Les formations du *Quercus ilex* qui garde une particularité assez spécifique à la forêt Algérienne, dont, les chênes (vert, liège, zeen, du Portugal, kermès et afarès) représentent un capital forestier, ils couvrent des superficies étendues soit environ 40 % de la forêt Algérienne (Alatou, 1994)

Les parcelles agricole marquent leur présence un synonyme d'une dégradation de la superficie forestière. Selon Boudy (1955), les forêts domaniales ont connus de fortes exploitations concentrées dans les parties assez denses et intensifiées notamment pendant la guerre.

Conclusion

CONCLUSION

La Forêt de Zemmoura est une véritable matrice de diversité du peuplement à feuillus et Résineux; ces derniers présentent une meilleure aptitude à résister aux perturbations climatiques et anthropique.

Cette étude par télédétection a permis de réaliser une carte primaire de localisation des groupements végétaux commençant par le prétraitement suivi par application des indices de végétation et classification des différentes classes de la végétation de 52 échantillons d'une image satellitaire Landsat 8 (2024).

Les valeurs du NDVI sont très basses à cause des différents perturbation que subissent notre forêt.

La classification supervisée de la couverture végétale et son état a montré le groupement dominant est celui de *Titraclinis articulata* suivi par *Pinus halepensis*.

En perspectives, une étude avec des images d'une résolution plus élevé peut être établis pour avoir des analyses plus précises de la dynamique de la couverture végétale et mieux identifier les zones plus vulnérables à la dégradation pour mieux orienter les efforts de réhabilitation des écosystèmes dégradé.

Nous recommandons la réalisation d'une approche plus approfondi pour mieux comprendre l'état le rôle et les services de cette forêt.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1/ Zhu, 2017; Zhu and Woodcock, 2014):Change detection using landsat time series: A review of frequencies, preprocessing, algorithms, and applications
- 2/Rouse Jr et al., 1974:Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation
- 3/Thanh Noi and Kappas, 2018)Comparison of Random Forest, k-Nearest Neighbor, and Support Vector Machine Classifiers for Land Cover Classification Using Sentinel-2 Imagery
- 4/Cheliout,2016)<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://di.univblida.dz/xmlui/handle/123456789/71/browse%3Ftype%3Dauthor%26value%3DCHELIOUT%252C%2BMerouane&ved=2ahUKEwjtm07Zq7uIAXULRfEDHYqaB3oQFnoECBQQAQ&usq=AOvVaw1uVB5Ad3fLQxVTpL08YM30>
- 5/Floret et le Floc'h, 1973 in Guit, 2015)Université De Tissemsilt<http://dspace.univ-tissemsilt.dz> > ...PDFThème Analyse de l'état de diversité floristique suivant un gradient ...
- 6/Berbero et al., 1990 in Benkhatou et al., 2015)DIVERSITÉ FLORISTIQUE DU MASSIF DU NADOR EN ZONE STEPPIQUE (TIARET, ALGÉRIE)
- 7/Bouazza, M. (2000) Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à Artemisia herba-alba Asso. dans l'Oranie (Algérie occidentale)
- 8/Koussa, 2017):Apport d'un système d'information géographique pour la gestion des ressources en eau de la région de Djelfa.
- 9 / hidaui halima 2020 ,Système d'information géographique pour l'aide à la décision pour la gestion des forest
- 10/ menad wahiba 2018,Système d'Information Géographique
- 11 / LARBI Abdelmadjid2022,Système d'Information Géographique
- 12 / BOULGHITI Siham . MAAMIR Amel 2023 Contribution du GIS dans la cartographie des paramètres physico-chimiques des eaux de la région d'Adrar
- 13 / OUAMARA Ania2013 :Etude et mise en œuvre des systèmesd'information géographique
- 14 / Bitat B,2021 cartographie et Système d'Information Géographique
- 15 / (<https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/latest/manage-data/geodatabases/raster-basics.htm>)

Références bibliographiques

- 16 / https://sist.pages.in2p3.fr/anf23-geomatique/01_sig/01_2_prise_en_main.html
- 17 / Mouchene, s.amri,D2019:cartographie sig 1/200.000 de la bourdure NE du hoggar Algérie : Précision cartographie de la zone de jonction socle-couverture par traitement des données images
- 18 / mellal Taher2014: utilisation d'un système d'information géographique pour création d'une base de données phyloecologique commune de tir tircine daira de ouled brahim wilaya de saida
- 19 / kharchi imane, medjeneh djohaina,legouireh amel 2022: système information géographique pour études de la gestion des ressources en eau d'une région semi-aride de la région Bou-Saada msila algérien)
- 20 / khaddari,Achraf 2020 :systèmes d'information géographique
- 21 / C.N.Mairin 1896 : Zemmora - mixte par C.N.Mairin instituteur p03