

République Algérienne Démocratique et populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université M'hamed Bougara de Boumerdes



FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUE

**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de
master**

Domaine : SNV

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Biodiversité et environnement

Thème

**Exploitation d'un modèle de recouvrement de la végétation par
les indices de végétation dérivés d'imageries multispectrales,
pour l'évaluation écologique d'une mise en défens**

Présenté par: BERRACHED Rokia

MOULOUDJ Fella

YAHIAOUI Houda

Soutenu le 22 Septembre 2021, devant le jury composé de :

M ^{me} CHARFOUH.N	Maitre assistant A	à l'UMBB	Présidente
M ^r BENSEGHIR.L	Maitre de conférence B	à l'UMBB	Promoteur
M ^{me} GUERRACHE.N	Maitre assistant A	à l'UMBB	Examineur

Année universitaire: 2020-2021

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A mon père ;

PAPA, J'aurais aimé que tu sois là aujourd'hui à côté de moi en cette journée exceptionnelle, mais DIEU ne l'a pas voulu. Ce travail est le fruit des sacrifices consentis à mon égard. Je ne t'oublierai jamais. Que DIEU t'accorde son paradis ;

A ma très chère et douce mère,

Qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse ;

A mes deux précieuses sœurs,

Rachda et Madjda, qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études, Que Dieu les protège et leur offre la joie et le bonheur.

A mes deux chers frères,

Mohamed Amine et Abdellah, en témoignage de mon amour fraternel et mon attachement éternel ;

A mon petit neveu,

Abdelmalak qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille ;

A ma chère voisine et ma troisième sœur Assia ;

A mon fiancé Mohamed,

Qui m'a supporté dans les moments difficiles ;

A mon beau-frère Abdelkrim ;

A mes aimables cousines,

Sarah, Meriem, Manel, Farah, Maoua, Rima, Ibtissem et Hadjer

A tous les membres de la famille Berrached et Fodil pour leur affection et leur contribution à mon épanouissement

A mes chères amies,

Qui ont contribué à faire de moi qui je suis et donc à ma réussite. Merci Hadjer, Nadine Dounia, Meriem. Je vous témoigne ma plus profonde gratitude ;

Sans oublier mes binômes Fella et Houda, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet

Berrached Rokia

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

*A ma chère mère,
Qui m'a donnée la vie, l'amour, le courage, qui s'est inquiétée pour moi afin
que je puisse terminer ce travail et qui a tant veillé pour moi ;*

*A mon cher mari,
Pour son soutien moral et ses conseils précieux tout au long de mes études.*

*A ma petite princesse,
Doha ;*

*A mes oncles, tantes, cousins et cousines, vous avez de près ou de loin attribué à
la réalisation de mon travail. Ma profonde reconnaissance.*

Mouloudj Fella

Dédicaces

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon papa **Yazid***

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman **Fadila** que j'adore.*

A ma grande mère qui nous a toujours soutenu qui nous a aimé comme personne ne nous a jamais aimé tu étais ma deuxième maman j'ai vécu tant d'année avec toi je t'aime du plus profond de moi tu es si importante à mes yeux, A mon grand-père que dieu te garde dans son vaste paradis, Que ce modeste travail, soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières.

*A mon mari **Amine** et ma deuxième famille **Debbari** (papa foudil, ma belle mère, tata **Nora**, et mani)*

*A mon ange **ELINA**, que DIEU tu protège ma fille.*

*Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à toutes mes sœurs : **Nabila, Nadjoua, Nada, Rym, Chaima, Bouchra**, ma nièces **Riham**, et mes neveux **Anes et yahia**, la famille **Yahiaoui, Abdelli, Debbari** et **Mabrouk**, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.*

*A mes belles sœurs **Bouchra, Mounira** et **Amina***

*A mes chers frères et surtout **Nabil***

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude, de cœur toi **IMANE, Hanane, Asma, Ahlam** et **Fethia Belhidouche***

*Sans oublier mon trénome **Rokja** et **Fella***

Merci!

HOUDA YAHIAOUI

Remerciements

Avant tout nous remercions Allah le tout puissant, de nous avoir guidé toutes ces années d'études et de nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Nos remerciements seront adressés à tous ceux qui nous ont aidé à réaliser ce travail et plus particulièrement à :

Notre promoteur Monsieur BENSEGHIR Louai, Maitre de conférences B à l'UMBB, qui a accepté de nous encadrer pour réaliser ce projet.

Nous lui adressons notre entière reconnaissance pour, son aide inestimable et ses conseils sans lesquels ce travail n'aurait pu aboutir.

*Nous remercions aussi chaleureusement les membres du jury :
M^{me} CHARFOUH.N, maitre assistant A à l'UMBB et M^{me}
GUERRACHE.N, maitre assistant A à l'UMBB, pour l'honneur
qu'elles nous ont attribué de bien vouloir examiner notre travail*

Nous nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé réflexions et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant nos recherches.

Liste des abréviations :

AGB : Above Ground Biomass

ARVI : Atmospherically Resistant Vegetation Index

DVI : Difference Vegetation Index

ETM : Enhanced Thematic Mapper

EVI : Enhanced Vegetation Index

IV : Indice de Végétation

MSAVI : Modified Soil-Adjusted Vegetation Index

MSI : Multi-Spectral Instrument

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

NDWI : Normalized Difference Water Index

OLI: Operational Land Imager

PVI : Perpendicular Vegetation Index

RVI : Ratio Vegetation Index

SATVI : Soil-Adjusted Total Vegetation Index

SAVI : Soil-Adjusted Vegetation Index

SIG : Système d'Information Géographique

SWIR : Short-Wave Infrared

TVI : Transformed Vegetation Index

Liste des figures :

Figure 1: Délimitation de la steppe en Algérie	5
Figure 2: Signature spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008).....	12
Figure 3: Situation géographique et limites administratives de la wilaya de Khenchela	20
Figure 4: Localisation de la zone d'étude	22
Figure 5: carte des périmètres à l'intérieur et hors mise en défens cas des points aléatoires.....	25
Figure 6: Carte d'occupation du sol de la zone FORIS (Ousmane., 2020)	29
Figure 7: Les composantes d'un SIG.....	31
Figure 8: Box plot du pourcentage de recouvrement de la végétation des deux groupes d'échantillons dans la station Foris (échantillons dans la zone mise en défens et hors mise en défens).	34
Figure 9: Carte d'occupation du sol de la zone FORIS (Ousmane., 2020) avec un positionnement des deux périmètres	36

Liste des tableaux :

Tableau 1: les domaines de la télédétection	11
Tableau 2: Paramètres de traitement pour la norme Landsat 8 produits de données (USGS, 2013)	14
Tableau 3: Indices de végétation définis à partir de données de télédétection	16
Tableau 4: statistique descriptive du variable quantitatif des deux groupes d'échantillons dans la station Foris (échantillons dans la zone mise en défens et hors mise en défens)	33
Tableau 5: Résumé des résultats de test de normalité de la statistique inférentielle du variable quantitatif des deux groupes d'échantillons dans la station Foris (échantillons dans la zone mise en défens et hors mise en défens)	34
Tableau 6: Résumé des résultats de test d'égalité de variances de la statistique inférentielle du variable quantitatif des deux groupes d'échantillons dans la station Foris (échantillons dans la zone mise en défens et hors mise en défens)	35

Sommaire

Introduction :	1
-----------------------------	----------

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1. Présentation générale de l'écosystème steppique	3
1.1 Définition de la steppe	3
1.1.1 Aperçu général.....	3
1.1.2 Les cadres steppiques.....	3
1.1.3 Cadre climatique.....	4
1.1.4 Cadre géomorphologique	4
1.1.5 Cadre géologique	4
1.1.6 Définition physionomique.....	5
1.2 Généralités sur la steppe algérienne	5
1.3 Végétation steppique	6
1.4 Les plantes de la steppe	7
1.5. Suivie et évaluation des aménagements des écosystèmes steppiques	8
1.5.1. Travaux d'aménagement et de mise en valeur (Restauration – Réaffectation – Réhabilitation et Aménagement de la steppe)	8
1.5.2 Techniques d'aménagements :	8
2. Notion sur la télédétection	11
2.1. Définition de la télédétection	11
2.2. Domaines de la télédétection	11
2.3. Signatures spectrales Des principales surfaces naturelles	12
2.3.1. Signature spectrale des sols	13
2.3.2. Signature spectrale de l'eau.....	13
2.3.3. Signatures spectrales de la végétation	13
3. Satellite LANDSAT 8 :	14
3.1. Propriétés	14
4. Les indices de végétations :	15
4.1. Les principaux indices de végétations	15

4.2. Autres indices	16
5. Utilisation de la télédétection pour l'étude de la végétation steppique en Algérie	18

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

2.1. Présentation de la wilaya de Khenchela.....	19
2.1.1. Situation géographique et administratif de la wilaya de Khenchela :	19
2.1.2. Géomorphologie :	20
2.1.3 Le couvert végétal.....	20
2.1.4 La zone d'étude :	21
2.2. Échantillonnages	22
2.3 Création du modèle de recouvrement de végétation par les Indices de Végétations :23	
2.3.1 Relevé linéaire	24
2.4.1 Méthode Point aléatoire	25
2.5 Analyses statistiques	25
2.5.1 Évaluation quantitatifs.....	25
2.5.1.1 Statistiques descriptives	26
2.5.1.2 Statistiques inférentielles	27
2.5.2 Évaluation qualitatif.....	29
2.6 Logiciel Utilisés	29
2.6.1 Systèmes d'informations géographiques (SIG)	29
2.6.1.1 Les composantes du SIG :	30
2.7 Les logiciels :	31
2.7.1 ArcGis :	31
2.7.2 QGis :	31
2.7.3 Logiciel R	32
2.7.4 Excel.....	32
2.7.5 XLSTAT	32

Chapitre 3 : Résultats et Discussions

3.1 Échantillonnage par points aléatoires.....	33
3.1.1 Résultats de la Statistiques descriptives	33
3.1.2 Résultats de Statistiques inférentielles.....	34
3.1.2.1 Vérification de la normalité.....	34
3.1.2.2 Test d'égalité de variances.....	35
3.1.2.3 Test de Mann-Whitney.....	35

3.1.3 Les unités paysagères	35
3.3 Discussion.....	36
3.3.1 Échantillonnage aléatoire.....	36
3.3.2 Pourcentage de recouvrement.....	36
3.3.3 Les unités paysagères	37
Conclusion	40

Résumé :

Dans le but de contribuer à une meilleure connaissance des zones steppiques de la wilaya de Khenchela, pour une plus grande prise de conscience de la complexité du développement rurale de l'état actuel de dégradation qu'a connu cette région fragile ces dernières décennies, nous avons jugé à la fois opportun et utile de réaliser cette étude basé sur l'utilisation des indices de végétations (IV) dérivés d'imagerie multispectrale du satellite Landsat-8 OLI pour l'évaluation qualitative et quantitative du pourcentage de recouvrement de la végétation dans un périmètre mise en défens et un périmètre soumis au pâturage libre dans la localité de Foris.

Ainsi, l'outil SIG nous a permis de mettre en place en un temps rapide un protocole d'échantillonnage aléatoire dans les deux zones de traitement et de réaliser une évaluation statistique du recouvrement de la végétation et des unités paysagère grâce à l'exploitation des deux modèles par indices de végétation.

Mots clés : Khenchela, Steppe, dégradation, indices de végétation, multispectrale, Landsat 8, SIG.

Introduction

Introduction

La steppe algérienne, qui occupait plus de 20 millions d'hectares, constitue les parcours de pâturage les plus répandus des pays Nord africains (DJEBAÏLI, 1984, HIRCHE et al, 2011). La formation végétale steppique en Algérie, malgré le rôle écologique et économique qu'elle assure sur une grande région géographique, est confrontée depuis plusieurs décennies à un processus de dégradation devenant de plus en plus irréversible (AIDOUD et al. 2006, NEDJRAOUI & BEDRANI, 2008, TAIBAOUÏ, 2008, HIRCHE et al. 2010, MOULAY et al. 2011).

Le couvert végétal dans les régions steppiques ne cesse de se dégrader à cause des contraintes naturelles dont les plus marquantes sont la sécheresse et la salinisation des sols (Merabet, 2003). Cette dégradation affecte ainsi leur fertilité, d'où leurs réserves en matières organiques et minérales appauvries (Aubert, 1986).

Face à ces différentes contraintes, les plantes steppiques se trouvent confrontées de plus en plus à différents stress et le rendement des steppes, tend à chuter, année après année. Tous ces problèmes, affectant l'équilibre et la productivité des steppes. (Rahmoune et al., 2001).

La télédétection se révèle être un outil tout à fait approprié pour étudier le fonctionnement et suivre l'évolution de la végétation. Grace aux satellites il est possible en effet de cartographier les couverts végétaux à des échelles de temps et d'espace très variées. Selon UVED (2008), ils permettent en outre d'estimer le rayonnement solaire globale, ainsi que certains paramètres caractéristiques des couverts végétaux, comme la quantité de biomasse, ou la fraction du rayonnement photosynthétique actif.

Plusieurs recherches ont été effectuées sur l'écosystème steppique de la région de Khenchela et qui sont abordées essentiellement sur le plan phytoécologique, tel que les travaux de Benseghir et Bachari (2021).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre recherche qui porte comme objectif les possibilités d'analyse offertes par un modèle par indice de végétation en écologie.

Pour répondre à cet objectif nous avons divisé le plan de notre travail en trois chapitres :

- Le premier chapitre synthétise des généralités sur l'écosystème steppique, et expose un aperçu bibliographique sur les indices de végétations et la notion de la télédétection en relation avec l'étude du couvert végétal ;

Introduction

- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude, le matériel utilisé, expliquer les méthodes de traitements et d'analyse des données et définit notre démarche méthodologique ;
- Enfin, le dernier chapitre répond à la problématique posée par une analyse et une interprétation des résultats de cette étude.

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

1. Présentation générale de l'écosystème steppique

Les écosystèmes steppiques ont une vocation essentiellement pastorale. Ils connaissent aujourd'hui une forte tendance à la dégradation qui se traduit par la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologiques et socioéconomiques et constituent l'espace privilégié de l'élevage ovin extensif, une production agricole : céréalière, fourragère, arboriculture fruitière, un espace très réduit d'agroforesterie et une arboriculture forestière constituant le barrage vert. Ses parcours naturels ont un rôle essentiel dans l'économie agricole du pays sont dominé par des sécheresses récurrentes et par une pression anthropique croissante : surpâturage, exploitation de terres impropres aux cultures.....Depuis plus d'une trentaine d'années, ils connaissent une dégradation de plus en plus accentuée de toutes les composantes de l'écosystème (flore, couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat). Cette dégradation des terres et la désertification qui en est le stade le plus avancé, se traduisent par la réduction du potentiel biologique et par la rupture des équilibres écologique et socio- économique (Nedjraoui, Bedrani, 2008)

1.1 Définition de la steppe

1.1.1 Aperçu général

Les steppes couvrent, dans les cinq pays du Machrek africain au Maghreb, (de l'Égypte au Maroc), des situations variées qu'il est possible de résumer comme suit : – les plus étendues sont les steppes dites « de plaines », qu'elles soient Hautes Plaines, allant de la dépression du Hodna en Algérie à l'Oriental marocain, ou Basses Plaines tunisiennes ; – les steppes de piémonts des montagnes des chaînes atlasiques du Maghreb ou des collines au voisinage de ces montagnes ; – celles, plus limitées, de la frange littorale de la Jeffara (Tunisie, Libye), de la Marmarique (Égypte) et du Sud-Ouest marocain (Le Houérou, 1995).

1.1.2 Les cadres steppiques

La steppe peut être définie sous divers cadres (climatique, géomorphologique, géologique, physiologique)

1.1.3 Cadre climatique

Comme l'Algérie tellienne, la steppe se caractérise par un climat de type méditerranéen contrasté avec une saison estivale sèche et chaude alternant avec une saison hivernale pluvieuse, fraîche sinon froide. Il s'agit cependant d'une forme particulière de ce climat :

- les précipitations, plus faibles, présentent une grande variabilité inter mensuelle et interannuelle (Hirche et al, 2006).
- les régimes thermiques, relativement homogènes sont très contrastés de type continental.

Du Nord au Sud, le climat méditerranéen se dégrade en effet peu à peu dans le sens d'une aridité croissante, passant des régions subhumides et semi-arides du Tell aux vastes espaces désertiques sahariens. Diminution et irrégularité accrue de la pluviosité, augmentation des températures et de la longueur des périodes de sécheresse estivale rendent encore plus difficiles les conditions de vie, et de survie, des plantes avec un bilan hydrique devenant de plus en plus déficitaire. (Pouget, 1979)

1.1.4 Cadre géomorphologique

Incontestablement les paysages des steppes d'Algérie présentent la topographie contrastée caractéristique des régions sèches. Les reliefs plus ou moins abrupts, surtout dans l'Atlas saharien, s'opposent aux vastes surfaces subhorizontales. (Pouget, 1979)

Pouget distingue d'une façon plus directement visuelle :

- Les reliefs et par extension les formes liées aux affleurements du substratum géologique.
- Les surfaces plus ou moins planes, au pied des reliefs : glacis d'âge et d'origines diverses se raccordant à des terrasses fluviatiles, parfois lacustres, témoignant de niveaux anciens successifs atteints par les eaux courantes ou stagnantes, épandages alluviaux actuels, etc.
- les dépressions où se concentrent les eaux de ruissellement : chotts, sekhas, dayas.
- et enfin les formations éoliennes: dunes, placages éoliens, lunettes en bordure de sebhas, (Pouget, 1979)

1.1.5 Cadre géologique

En définitive, le quasi totalité des roches sont des roches carbonatées souvent gypseuses et salées. Malgré une grande diversité, comme le montre la revue détaillée des principales

unités stratigraphiques et lithologiques, on retrouve les deux grandes catégories de roches carbonatées (Lamouroux, 1972; Pedro, 1972)

1.1.6 Définition physionomique

La steppe et une formation végétale discontinue de végétaux (herbacées ou ligneuse) basse xérophile plus au moins ouverte. Ces formations sont en rapport avec les faibles potentialités du milieu et de ses contraintes écologiques. (Amghar, 2012)

1.2 Généralités sur la steppe algérienne

Les régions steppiques algériennes sont situées entre deux chaînes de montagnes : l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud, s'étendant sur une surface de terres d'environ 20 millions d'hectares (soit 8,4 % de la surface de l'Algérie) (Benzina, 2021), sur une longueur de 1000 kilomètres et une largeur variable, de 300 kilomètres à l'ouest et 150 km à l'est (Figure 1). L'altitude varie de 400 à 1200 m. La steppe est caractérisée par une forte contrainte climatique (insuffisance des pluies avec un isohyète variant de 100 à 400 mm, vents violents et parfois chauds) (Aidoud, 2006), et édaphique (sols vulnérables, minces et pauvres en matières organiques).

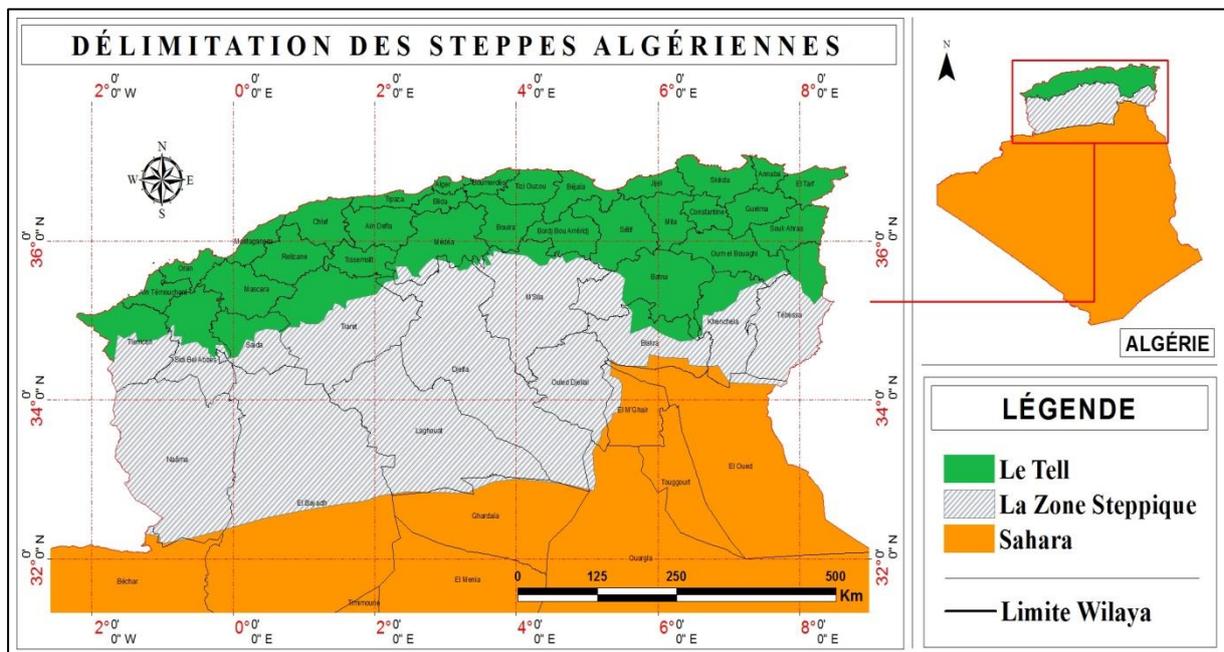


Figure 1: Délimitation de la steppe en Algérie

1.3 Végétation steppique

Le couvert végétal steppique est dominé par quatre types de formations végétales :

- Les steppes graminéennes ;
- Les steppes arbrisselées ;
- Les steppes crassuléscentes ;
- Les steppes succulentes.

➤ Steppes graminéennes

Ces steppes sont dominées par des graminées pérennes cespitueuses telles que l'alfa (*Stipa tenacissima*), le sparte (*Lygeum spartum*) et certaines autres moins sociables comme le drinn (*Stipagrostis pungens*), le zouï (*Stipa lagascae*, *S. barbata* ou *S. parviflora*) et le n'djem (*Cynodon dactylon*). (Aidoud et al, 2006)

La graminée la plus symbolique de ces steppes est l'alfa (*Stipa tenacissima*), qui se développait en général sur des sols peu profonds et bien drainés. Dans une steppe en bon état (nappe alfatière), l'alfa peut représenter plus de 90 % de la phyto-masse. D'un point de vue dynamique, les conditions qui ont présidé à la genèse des sols alfatières steppiques n'existent plus ce qui justifie le qualificatif de « fossile » parfois attribué à ces steppes. Les steppes d'alfa ont néanmoins réussi à traverser des siècles, voire des millénaires, d'aléas climatiques, d'exploitation par l'homme et ses troupeaux.

➤ Steppes arbrisselées

Ces steppes sont structurées par des arbrisseaux ou sous-arbrisseaux tels que les armoises (*Artemisia herba-alba* = *Seriphidium herba-album*, *A. campestris*, *A. monosperma*), l'arfej (*Rhanterium suaveolens*), le rem't (*Hammada scoparia*) et le baguel (*Hammada schmittiana*), le chobrog (*Noaea mucronata*), des hélianthèmes (*Helianthemum hirtum*, *H. lipii*, *H. virgatum*, *H. cinereum*), l'ajrem (*Anabasis* sp.), le serr (*Atractylis serratuloides*, *A. phaeolepis*...). (Aidoud et al, 2006)

La plupart de ces steppes peuvent se présenter en formations pures ou mixtes (mosaïques). Dans de nombreux cas, au moins dans sa partie nord (aride moyen à supérieur), les steppes sont considérées comme issues de formations arborées ou arbustives ayant persisté dans certains cas jusqu'au début du XXe siècle. Ainsi, des ligneux hauts peuvent être mêlés à ces steppes (ou les ponctuer) :

- Des arbustes dont les plus répandus : le sedder ou sedra (*Ziziphus lotus*), le r'tem (*Retama raetam* et *R. sphaerocarpa*), le talha (*Acacia tortilis subsp raddiana*), le tarfa (*Tamarix sp.*) ;
- Des arbres à l'état de relique de formations forestières maintenant disparues ou en forte régression comme les pins (*Pinus halepensis*) et même des Acacia...

➤ Steppes crassulescentes et les steppes succulentes

Les autres types de steppes, d'extension plus restreintes dans le contexte climatique considéré, sont les steppes crassulescentes à base de *Chenopodiacea* halophiles (bordures de sebkhas) et les steppes succulentes à glycophytes charnus (zones côtières à forte humidité atmosphérique au Maroc atlantique et littoral de la mer Rouge en Égypte)

1.4 Les plantes de la steppe

➤ Plantes hygrophiles : besoins d'une grande quantité d'eau, ces espèces ne peuvent s'acclimater dans les régions sèches que si elles ne réduisent la surface de leurs feuilles et si elles n'étendent pas le réseau souterrain de leurs racines. Elles se recouvrent de poils ou d'une épaisse cuticule d'un vert claire ou très sombre pour réduire au minimum les échanges avec l'air ambiants. Quand la sécheresse s'accroît dans le cours de l'année, les feuilles réduites tombent pour atténuer l'évaporation et les épines les remplacent.

➤ Plantes xérophytes : les diverses parties de la plante se modifient pour résister à la sécheresse ; les racines s'allongent pour s'étaler largement près de la surface du sol pour recueillir toute l'humidité souterraine. Les tiges restent courtes et se recourbent vers le sol. Les feuilles restent petites, épaisses, épineuses et coriaces.

➤ Plantes succulentes : ce sont des espèces qui emmagasinent une grande quantité d'eau dans les feuilles, le tronc ou les racines) pendant la saison sèche, la plante peut ainsi vivre sur elle-même.

➤ Plantes protophytes : celles-ci modifient complètement leur structure d'une saison à une autre pour pouvoir résister à la sécheresse, elles sont xérophytes pendant la saison sèche et hygrophytes pendant la saison des pluies.

1.5. Suivre et évaluation des aménagements des écosystèmes steppiques

1.5.1. Travaux d'aménagement et de mise en valeur (Restauration – Réaffectation – Réhabilitation et Aménagement de la steppe)

Aronson et al. (1993), ont proposé un modèle théorique d'aménagement des parcours des milieux arides. Ce modèle technique et écologique repose sur trois démarches :

- La restauration qui s'applique aux milieux les moins perturbés,
- La réaffectation qui consiste à remplacer un espace ou un écosystème pastoral par un autre écosystème de même usage mais de composition floristique différente,
- La réhabilitation qui consiste à mettre en place un écosystème simplifié, inspiré d'un écosystème de référence. Selon Smail (1994), l'action d'aménagement de la steppe, c'est de trouver la bonne adéquation entre les contraintes du milieu naturel et les exigences du progrès social, ou encore entre la gestion écologique de l'espace et une politique de développement. Belhaji (1990) montre que la nécessité d'un aménagement de parcours est alors indispensable, il consistera à :

- Amélioration du tapis végétal par ensemencement.
- Mise en place de vergers fourragers.
- Réglementation des parcours (mise en défens).

1.5.2 Techniques d'aménagements :

1.5.2.1 La mise en défens

La mise en défens est une technique naturelle qui permet de protéger un territoire ou une parcelle contre l'homme et/ou les animaux domestiques. C'est une technique connue qui fut pratiquée pendant des siècles par nos ancêtres à l'image de l'Agdal en Afrique du Nord ou du système du «Hema» au Proche-Orient et en Arabie (Le Houérou, 1995).

La mise en défens est une méthode d'amélioration et de restauration des parcours; qui est un arrêt momentané de l'action humaine et la pression animale. Cette technique est appliquée essentiellement aux types de parcours présentant des aptitudes de régénération rapide tant sur le plan de la richesse floristique relative en terme de présence d'espèces à haute valeur pastorale, que sur le plan de la qualité de la surface du sol. Elle concerne les parcours peu dégradés mais souffrant d'un usage abusif du à un séjour trop prolongé des animaux, nécessitant une période de repos afin de favoriser la vigueur des plants et la

production des semences. La mise en défens permettra après quelques années, la réapparition d'espèces vivaces palatables. Cette technique vise deux objectifs :

- Produire du fourrage pour le cheptel ;
- Lutter contre la désertification. (Amghar, 2012).

❖ Les différents types de mise en défens :

Deux types de mise en défense sont suggérés par les auteurs :

- **Mise en défense temporaire:** Ou de courte durée est la soustraction de surfaces de pâturage pendant une période de 1 à 16 mois, varie selon le site et la biologie des espèces et le non pâturage se situera entre mars et juillet (Bourbouz et Donadieu, 1987).
- **Mise en défense de longue durée :** C'est une soustraction d'une partie du parcours pendant une période plus ou moins longue généralement est deux ans ou plus (Bourbouz et Donadieu, 1987).

1.5.2.2 Les plantations d'arbustes fourragères

Elle consiste à planter des arbustes à feuilles persistantes adaptées aux conditions du milieu steppique, les principales espèces utilisées sont : les atriplexes, les acacias, les opuntias et les medicagos, qui ont donné de bons résultats (Benzinah, 2021).

Cette technique présente plusieurs avantages tel que :

- La lutte contre la désertification par la conservation des sols contre l'érosion.
- La constitution des réserves fourragères sur pied pour les périodes de sécheresse.
- La valorisation des milieux marginaux (Dunes, Sebkha).

1.5.2.3 L'ensemencement des parcours

Elle est souvent choisie pour pallier les difficultés que pourraient éventuellement rencontrer la plantation pastorale. En raison de contraintes diverses sociales par le risque de piétinement et le pacage exprimant le refus des populations concernés vis-à-vis de ces projets, ou tout simplement à cause de considération économique imposées par le prix de revient élevés des travaux. (Benzinah, 2021).

1.5.2.4 L'aménagement hydraulique

Selon Brouri (1996), l'action des plantations fourragères et de mise en défens sont complétées par un programme d'aménagement hydraulique pour permettre dans un premier temps l'irrigation des plantations et semi par la suite à l'abreuvement du cheptel, ces actions permettent un déploiement équilibré des cheptels sur les points d'eaux. (Benzinah, 2021).

1.5.2.5 Technique de rotation des cultures

La rotation culturale est la suite de cultures échelonnées au fil des années sur une même parcelle. C'est un élément important de la gestion de la fertilité des sols et des bio-agresseurs, et donc un atout pour l'augmentation des rendements.

On parle de rotation culturale lorsque la même succession de cultures se reproduit dans le temps en cycles réguliers. on peut ainsi avoir des rotations biennales, triennales, quadriennales... On parle de succession culturale lorsqu'il n'existe pas de cycles réguliers.

La rotation a plusieurs avantages :

- elle contribue à rompre le cycle vital des organismes nuisibles aux cultures,
- la succession de plantes de familles différentes (par exemple alternance de graminées et de crucifères, type blé et colza) et de périodes de croissance différentes (culture de printemps et culture d'hiver) permet de rompre le cycle de certaines adventices.
- grâce aux systèmes racinaires différents, le profil du sol est mieux exploré, ce qui se traduit par une amélioration des caractéristiques physiques du sol et notamment de sa structure.
- l'emploi de légumineuses permet l'ajout d'azote symbiotique dans le sol. (Benzinah, 2021).

2. Notion sur la télédétection

2.1. Définition de la télédétection

La télédétection est une technique permettant d'obtenir à distance des images décrivant de manière plus ou moins détaillée une portion de la surface terrestre à un moment donné. Ces images sont acquises par des capteurs installés sur des plateformes aériennes ou satellitaires (avion, hélicoptère, satellite...) JENSEN J.R. [2007]. Elle a pour rôle de fournir des informations sur les paysages sous la forme de données images en utilisant le rayonnement électromagnétique comme véhicule de ces informations. Elle permet, selon Soudani (2005), à l'aide d'un capteur, "d'observer" et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physicochimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phytomasse, matière organique du sol,...)

2.2. Domaines de la télédétection

Si à la base les applications étaient plutôt militaires, de nombreuses disciplines utilisent les images satellites (tableau 1)

Tableau 1: les domaines de la télédétection

Domaines	Exemples d'applications
Géosciences	Géologie, pédologie, géomorphologie...
Météorologie	Vitesses des vents, précipitations, températures, détection des cyclones, orages...
Océanographie	Couleur de l'eau, turbidité, hauteur des vagues, courant marin, phytoplancton, pollution marine...
Foresterie	Couverture forestière, santé des forêts, impacts après ouragans...
Cadastre / Urbanisme	Couverture du sol, urbanisation, contrôle des autorisations (piscines, zones bâties...)
Agriculture	Identification des plantations, évaluation de la production...
Environnement	Etudes d'impact, détection des changements...
Biologie / Ecologie	Classification des types de végétaux, étude du corail, cartographie des habitats...
Télécommunication	Carte de répartition des antennes de téléphonie mobile...
Hydrologie	Comportements de l'eau à la surface du sol et dans le sol, cycle de l'eau...
Archéologie	Cartographie des sites archéologiques
Santé	Prévision des épidémies, relations avec les changements globaux...
Humanitaire	Pré-alerte de famines : réfugiés (camps)...
Catastrophes environnementales	Feux de forêts, éruptions volcaniques, sécheresses, marées noires...
Changements globaux	Désertification, variation climatiques, compositions de l'atmosphère...

Source: INIGE (2004), Peduzzi (2009).

2.3. Signatures spectrales des principales surfaces naturelles

En fonction de la nature et des caractéristiques intrinsèques des objets et des surfaces, le rayonnement incident interagira avec la cible. Chaque surface possède ainsi une signature spectrale (quantité d'énergie émise ou réfléchie en fonction du long est propre et qui permettra

son identification sur les images satellitaires. La figure ci dessous présente la signature spectrale des principales surfaces naturelles.

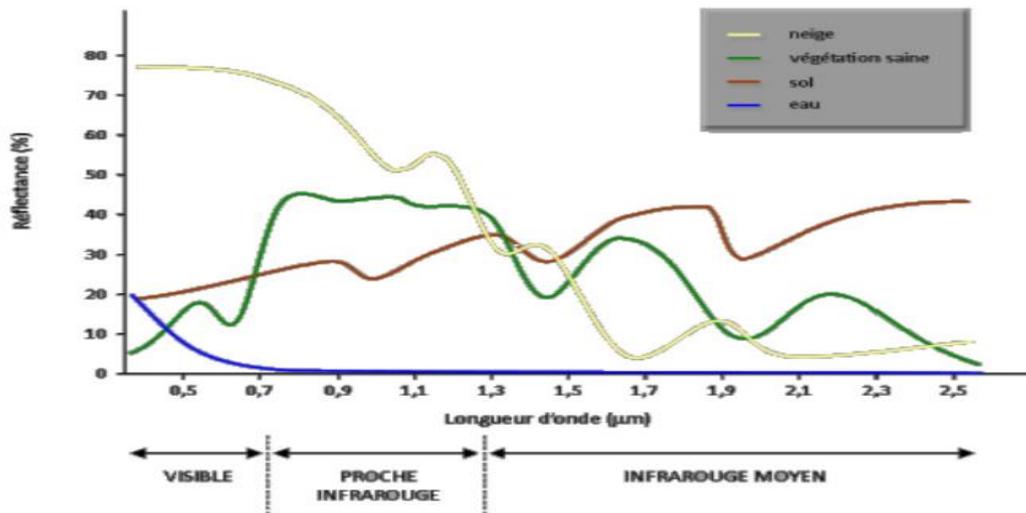


Figure 2: Signature spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008)

2.3.1. Signature spectrale des sols

On ce qui concerne la signature spectrale des sols, selon UVED (2008), on note un accroissement régulier de la réflectance au fur et à mesure qu'on se déplace vers les grandes longueurs d'onde. Les discontinuités que l'on observe dans le proche infrarouge et l'infrarouge moyen sont dues aux bandes d'absorption de l'eau. L'étude des propriétés spectrales des sols est toutefois particulièrement complexe car elle doit tenir compte de la nature hétérogène du sol qui contient à la fois des matières minérales aussi une composante liquide, tous ces éléments vont influencer la réflexion du rayonnement. Fonctions à la fois de la composition minérale et organique des sols, de leur contenu en eau et de la rugosité, les propriétés optiques des sols peuvent présenter une variabilité considérable. Une augmentation de l'humidité du sol entraîne une baisse de l sur tout le spectre, de même qu'un accroissement de la rugosité (obscurcissement par effet d'ombre) (Girard et Girard, 1989).

2.3.2. Signature spectrale de l'eau

L'eau a une réluctance très faible dans toutes les longueurs d'onde, elle absorbe cependant un peu moins les ondes les plus courtes, d'où sa couleur bleue. Sa signature spectrale dépend à la fois des molécules qui la constituent, mais aussi des éléments dissous ou en suspension dans phytoplanctoniques, les sédiments ou les substances jaunes (Gower et al. 1988).

2.3.3. Signatures spectrales de la végétation

Selon Moquet (2003), la végétation en générale possède une réflectance

- Très faible dans le rouge (~660nm) et le bleu (~450nm) ;
- Faible dans le vert (~546nm) ;
- Élevée dans le proche infrarouge (0,7-1 μ m).

Ces valeurs peuvent varier en fonction de la teneur en eau de la plante, de la structure des feuilles, de leur densité, âge... (Guyot, 1984).

3. Satellite LANDSAT 8 :

Landsat 8 est le satellite Landsat le plus récemment lancé sur une fusée Atlas-V depuis la base aérienne de Vandenberg, en Californie, le 11 février 2013. Il a été officiellement renommé Landsat 8 le 30 mai 2013. Le dernier satellite de la série Landsat offre aux scientifiques une vue plus claire avec une meilleure résolution spatiale que la plupart des instruments de détection océanique et une plus grande sensibilité à la luminosité et à la couleur que les Landsat précédents.

Landsat 8 orbite autour de la Terre sur une orbite héliosynchrone, quasi polaire, à une altitude de 705 km (438 mi), inclinée à 98,2 degrés, et effectue une orbite terrestre toutes les 99 minutes. Le satellite a un cycle de répétition de 16 jours avec un temps de passage équatorial: 10h00 +/- 15 minutes.

L'objectif principal de la mission Landsat 8 est d'étendre l'enregistrement Landsat dans le futur et de maintenir la continuité des observations afin que les données Landsat 8 sont cohérentes et comparables à celles des systèmes Landsat précédents (Roy et al., 2014)

3.1. Propriétés

Dans Landsat 8, les bandes patrimoniales sont similaires mais raffinées pour éviter les fonctions d'absorption atmosphérique. En raison de l'amélioration, il est capable de fournir une plage de 12 bits (4 096 niveaux) de valeurs de pixels, améliorant ainsi la précision.

Tableau 2: Paramètres de traitement pour la norme Landsat 8 produits de données (USGS, 2013)

Type de produit	Niveau 1T (terrain corrigé)
Type de données	Entier non signé 16 bits
Format de sortie	GeoTIFF
Taille de pixel	15 mètres / 30 mètres / 100 mètres (panchromatique / multispectral / thermique)
Carte projection	UTM (stéréographie polaire pour l'Antarctique)
Données	WGS 84
Orientation	North-up (carte)
Ré échantillonnage	Convolution cubique
Précision	OLI : erreur circulaire de 12 mètre, confiance de 90%
	TIRS : erreur circulaire de 41 mètre, confiance de 90%

4. Les indices de végétations :

En télédétection, les indices font parties des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multi spectrales. Ils consistent à convertir le signal mesuré au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement. (Abdelbaki. A, 2012)

Les indices de végétation, comme tous les autres indices, reposent sur une approche empirique basée sur des données expérimentales. Ils sont très utilisés d'une part, pour identifier et suivre la dynamique de la végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux (la biomasse, l'indice de surface foliaire...etc.).

4.1. Les principaux indices de végétations

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années (Bannari et al., 1995). Ils prennent la forme soit d'expressions très basiques (simple différence ou simple ratio), soit de formules beaucoup plus complexes. Parmi ces indices les plus utilisés dans l'étude de la végétation nous citons :

- L'indice de végétation par différence normalisé ou indice de Tucker (NDVI en anglais) (Rouse et Haas, 1973 ; Tucker, 1979), le plus connu et le plus utilisé.

Son expression est la suivante :

$$1) \text{ NDVI} = (\text{PIR}-\text{R}) / (\text{PIR}+\text{R}) \dots\dots (\text{Rouse et al., 1974})$$

La normalisation par la somme des deux bandes permet de réduire les effets d'éclairement. Le NDVI conserve une valeur constante quelque soit l'éclairement global, contrairement à la simple différence qui est très sensible aux variations d'éclairement.

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectance étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0.

Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

4.2. Autres indices

Le tableau ci-dessous (tableau 2) résume quelques uns des indices de végétation les plus couramment utilisés (Caloz et Puech, 1996; Gilabert et al. 2002; Girard et Girard, 1999)

Tableau 3:Indices de végétation définis à partir de données de télédétection

Les indices simples	
$RVI = \frac{\rho_{PIR}}{\rho_R}$	Bacour et al. (2006)
$DVI = \rho_{PIR} - \rho_R$	Krieger et al. (1969) ; Jordan (1969)
$NDVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R}$	Rouse and Haas.(1973) ;Tuker (1979)
Les indices de stress hydriques	
$MSI = \frac{\rho_{MIR}}{\rho_{PIR}}$	Hunt and Rock (1989)
$NDWI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{PIR} + \rho_{MIR}}$	Gao (1996)
Les indices prenant en compte l'influence des sols	
$PVI = \frac{1}{\sqrt{a^2 + 1}}(\rho_{PIR} - a\rho_R - b)$	Richardson and Wiegand (1977)
$SAVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R + L} (1 + L)$	Huete (1988)
$TSAVI = \frac{a(\rho_{PIR} - a\rho_R - b)}{\rho_R + \rho_{PIR} - ab + 0,08(1 + a^2)}$	Baret et al.(1989)
$MSAVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R + L} (1 + L)$	Qi et al .(1994)
Les indices prenant en compte les effets conjugués de sol et de l'atmosphère	
$ARVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_{rb}}{\rho_{PIR} + \rho_{rb}}$	Kaufman and Tanré (1992)
$GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - \frac{\rho_{rouge} - 0.25}{1 - \rho_{rouge}}$	Pinty et Verstraete (1992)
Les indices prenant en compte les effets conjugués de sol et de l'atmosphère	
$EVI = G \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + C_1\rho_R - C_2\rho_B + L}$	Huete et al. (1999)
Les indices prenant en compte les températures de surface	
$TDVI = \frac{T_S - T_{S(min)}}{a + b NDVI - T_{S(min)}}$	Sandholt et al. (2002)

Source : Caloz et Puech, 1996; Gilabert et al., 2002 ; Girard et Girard, 1999

Les indices de végétation(IV) sont généralement utilisés sous une forme standardisée dont l'indice de végétation normalisée (NDVI) est le plus couramment utilisé.

Le NDVI montre également une sensibilité à d'autres facteurs environnementaux tels que l'angle solaire, le sol et l'effet atmosphérique (HueTE, post et JACKSON 1984; Jaishanker, Thomaskutty, Senthivel et Sridhar, 2006). Cependant, la luminosité du sol affecte sérieusement le NDVI, en particulier dans les terres arides où la végétation et clairsemée et le sol nu est abondant. En effet, la forte réflexion et le comportement spectral similaire du couvert végétale et du sol nu dans la région proche infrarouge (NIR) provoquent une confusion (Bannari, Morin, Bonn & Huete, 1995; Huete, Jackson, & Post, 1985).

5. Utilisation de la télédétection pour l'étude de la végétation steppique en Algérie

De nombreux travaux traitant le problème de la désertification, de l'évolution de la végétation, de l'ensablement des espaces steppiques ainsi que de la sécheresse dans les zones arides et semi-arides ont été publiés ces dernières années.

Le suivi spatio-temporel de la couverture végétale du sol dans les régions arides et semi arides de l'Algérie à l'aide d'imageries satellitaires est d'une importance capitale pour un inventaire régional de ce couvert végétale, ainsi que sa variation spatiale et interannuelle. Les conséquences qui en découlent à travers cette variation peuvent être irréversibles sur l'état de dégradation du sol (Defries et al, 2000; Bannari et al, 1995)

Nous trouvons les travaux de Hourizi et al, 2017 sur changements spatio-temporels des paysages steppiques d'Algérie. Le cas de la région de méchéria leur but était d'évaluer l'état de la végétation et la répartition des paysages en 2014 ; et déterminer les changements dans ces paysages durant les quatre dernières décennies, en évaluer l'importance et les interpréter au plan dynamique.

Ainsi les travaux de Benseghire L et al, (2019) dont le but principal était d'évaluer l'utilisation des données spectrales OLI (*Operational Land Imager*) comme outil pour évaluer la végétation Steppique dans un contexte de conservation. Cependant l'échantillonnage sur le terrain a été effectué pour deux zones de traitement spécifiques, une zone d'exclusion et une zone de pâturage libre. Après avoir testé plusieurs indices de végétation, les résultats optimaux ont été obtenus pour le modèle de biomasse aérienne basé sur l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI).

Aussi dans l'article de Benseghir et Bachari (2021), nous avons remarqué qu'ils ont explorés différentes combinaisons de bandes OLI: pour prédire la biomasse aérienne (AGB : Above Ground Biomass) Trois sites d'étude très éloignés les uns des autres avec une gamme

élevée de biomasse aérienne d'AGB et de caractéristiques environnementales ont été choisis pour produire des modèles de biomasse aérienne basés sur les bandes OLI infrarouges visible proche d'infrarouge (VNIR) et l'indice de végétation infrarouge à ondes courtes (SWIR-VI). Tous les indices de végétation (IV) ont ensuite été comparés en termes de précision. Selon leurs résultats Les indices de végétation a onde courte (SWIR-VI) sont plus adaptés pour prédire la biomasse dans des conditions climatiques arides et semi-arides où la couverture végétale est clairsemée, en raison de leur capacité à distinguer la canopée de la végétation et la réflectance du sol nu.

Les travaux de el zerey et al, 2017 dont le but était l'évaluation diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale : cas des monts du Tessala wilaya de SIDI BEL ABBES (Algérie occidentale) : pour la compréhension de l'évolution des modes d'utilisation des sols et du couvert végétal dont les écosystèmes subissent des dégradations sévères. Leur étude menée sur les monts du Tessala en Algérie occidentale, avec l'utilisation d'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), met en évidence l'ampleur des changements du couvert végétal entre 1987 à 2007. Les résultats montrent qu'entre 1987 et 2007, la couverture végétale a évolué de manière positive au nord, au nord-est et au sud-ouest du terrain d'étude et qu'il est conviendrait de lancer un plan de grande envergure identique au moins à celui qui fut adopté pour les monts des Beni-Chougrane (wilaya de Mascara) il ya une trentaine d'années.

Après nous avons trouvé les travaux de haddouche et al, 2007 qu'ils nous permettent de collecter des informations sur les ressources de la terre (Scanvic, 1983). Prenant cet avantage pour acquis, et de réaliser un relevé cartographique à l'aide d'un outil de « télédétection » en guise d'aide à l'application sur une zone sèche, située au cœur des hautes plaines au sud d'Oran, appelée Mecheria. Cette étude a permis d'obtenir un recueil d'une photo carte interprétative et d'un indice de végétation qui, à leur tour, aidés à voir des changements sont arrivés dans le milieu, copieusement régressifs que progressifs.

Chapitre 2

Matériels et méthodes

2.1. Présentation de la wilaya de Khenchela

2.1.1. Situation géographique et administratif de la wilaya de Khenchela :

La wilaya de Khenchela située à l'est du pays, au Sud Est du Constantine; et au contrefort du mont des Aurès, elle s'étend sur une superficie de 9.715 Km². Sa population atteint 440 280 habitants selon le recensement de 2014. Elle est composée de 21 communes et 08 Daïra ; et confine avec les wilayas de :

- La wilaya d'Oum El Bouaghi au Nord
- La wilaya El Oued au Sud
- La wilaya Tébessa à l'Est
- La wilaya Batna à l'Ouest
- La wilaya Biskra au Sud Ouest

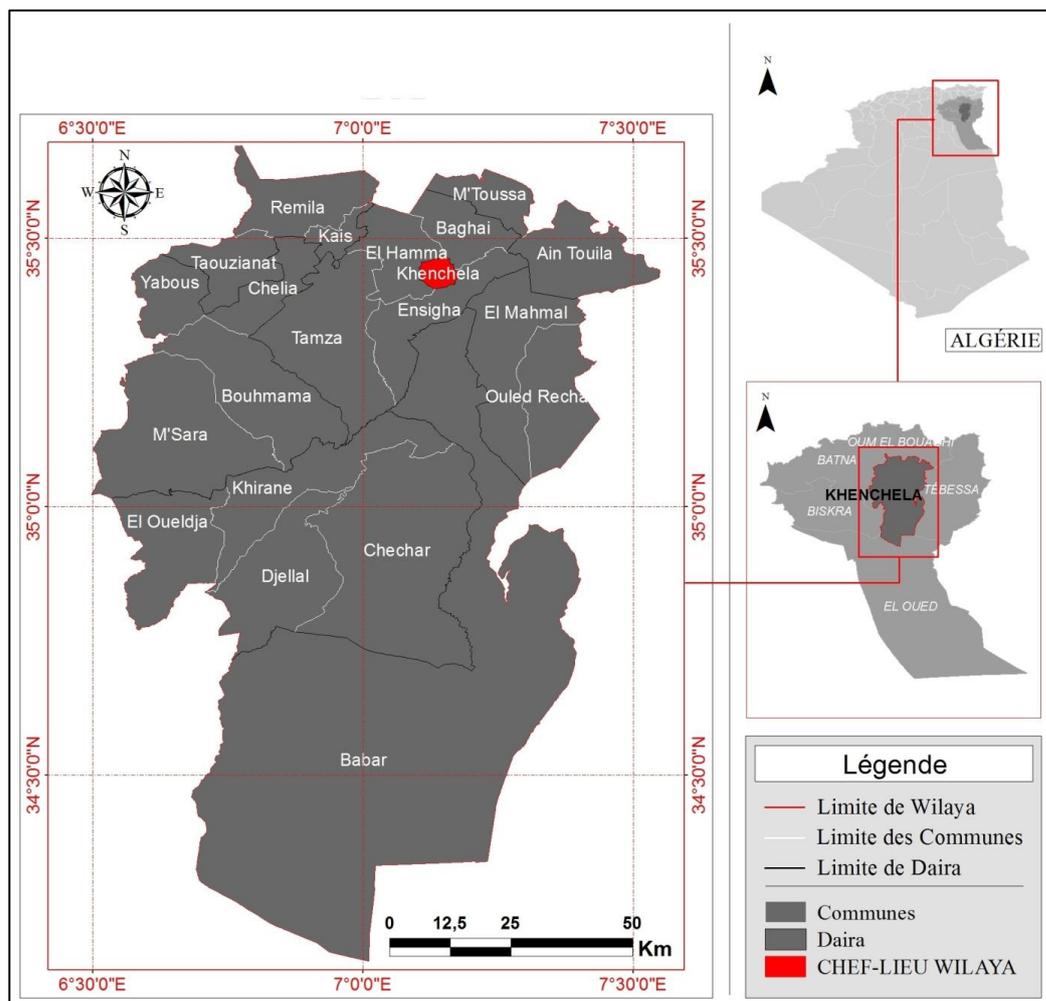


Figure 3: Situation géographique et limites administratives de la wilaya de Khenchela

2.1.2. Géomorphologie :

Le territoire de la Wilaya de Khenchela est situé dans une zone de transition entre le domaine atlasique, assez plissé au Nord et la plate forme saharienne au Sud. Le contact entre ces deux domaines, Nord et Sud atlasique est très brutal ; et est marqué par un grand accident tectonique, appelé « Flexure Sud-atlasique ». Cet accident tectonique prend naissance au golfe de Gabes (Tunisie) pour aboutir à Agadir (Maroc) en traversant notre pays et en affectant le Sud de la Daïra de Chechar. (Meddour L, 2007)

2.1.3 Le couvert végétal

La couverture végétale de la wilaya est composée de trois (03) strates : Arbres, arbustes et plantes pérennes. La végétation varie selon les différentes régions naturelles.

La végétation dans cette zone est fortement liée à la géomorphologie, nous distinguons deux types de végétation forestière et steppique.

❖ La végétation forestière :

Les forêts sont assez considérables, nous citons les diverses essences peuplées dans ces forêts :

Le cèdre : a une prédilection pour les sols meubles et caillouteux, ce qui permet aux semis de résister aux premiers saisons estivales, sa reproduction n'est bien assurée sur des sols facilement perméables: grès, schistes délites et calcaires caillouteux (BOUDY, 1952).

Le pin d'Alep : Espèce dominant dans le thermo et méso-méditerranéen, pour les précipitations le pin d'Alep présente son développement optimal entre 350 et 700 mm, au-dessous est concurrencé par l'Alfa et au-dessus par le Chêne vert.

Le Chêne vert : le chêne vert trouve son optimum de développement à une altitude de 1000 m, où la température moyenne oscille entre 9 et 14 et les précipitations sont de l'ordre 600 mm, il se développe dans les étages bioclimatique semi-aride à humide.

❖ La végétation steppique :

En Afrique du Nord les steppes sont à base de graminées (*Stipa tenacissima*) ou de chaméphytes (*Artemisia herba alba*) (POUGET, 1980). Le paysage steppique change avec le gradient pluviométrique et la nature de sol est dominé par les formations végétales à base de :

- Steppe à alfa (*Stipa tenacissima*).
- Steppe à armoise (*Artemisia Herba Alba*).
- Steppe à sparte (*Lygeum spartum*).
- Steppe à Halophytes.

- Steppe à psamophytes.

2.1.4 La zone d'étude :

La zone que nous nous proposons d'étudier est la station de Foris qui se situe dans le sud constantinois dans la steppe Algérienne, dans la commune d'Ouled Rechache, wilaya de Khenchela, située à l'Est de l'Algérie, au contrefort des monts des Aurès, dans l'aire géographique comprise entre 6° 32' et 7° 34' de longitude Est et entre 35° 7' et 35° 38' de longitude Nord et une précipitation annuelle de 529mm.ans⁻¹. L'échantillonnage a été réalisé sur une superficie de 250 hectares.

La végétation steppique de la station de Foris est à base de *Stipa tenacissima* pure (Alfa) ou mélangé au *Thymus* sp ou le *Lygeum spartum* au sommet des reliefs, à l'*Artemisia herba alba* à mi-versant. (Benseghir et al., 2021).

Le travail d'aménagement dans cette station steppique est marqué par l'utilisation de la mis en défens comme technique de restauration.

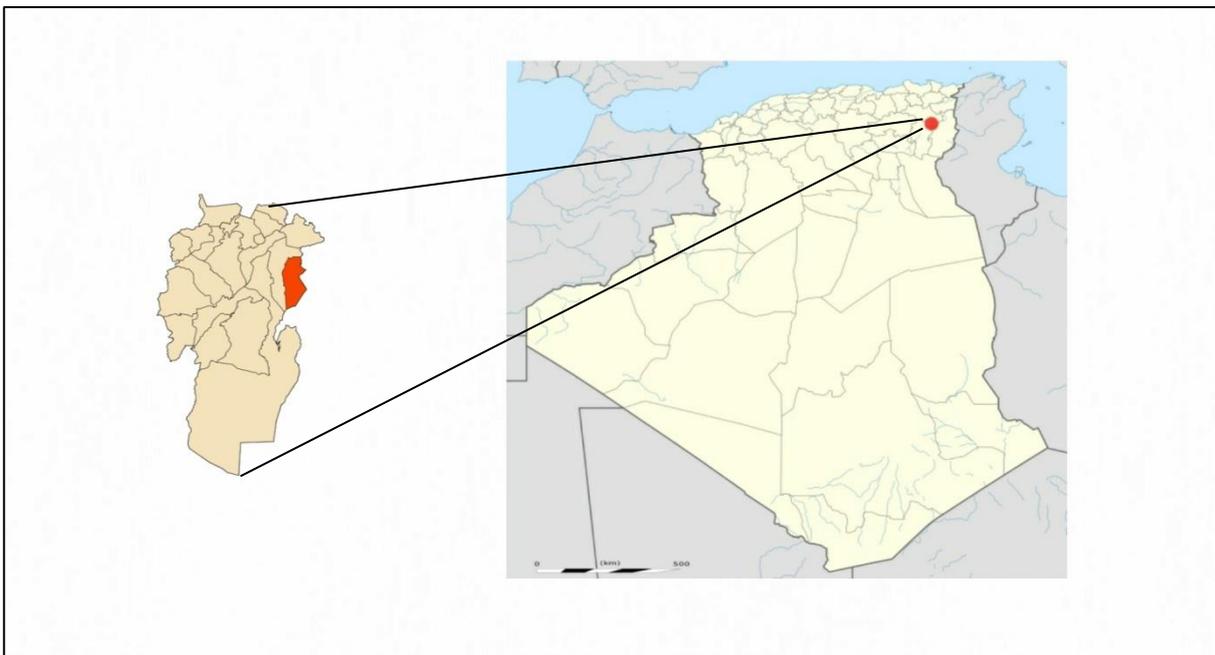


Figure 4: Localisation de la zone d'étude

2.2. Échantillonnages

Dans notre travail nous avons fait échantillonnage aléatoire simple, il consiste à répartir les échantillons au hasard. L'emplacement du premier relevé, l'orientation du transect doivent être définis au hasard.

Dans notre cas les aspects aléatoires de cette méthode ont été établis par le logiciel SIG utilisé.

2.3 Création du modèle de recouvrement de végétation par les Indices de Végétations :

Création et validation du modèle de prédiction de recouvrement de la végétation (station de Foris). Un modèle est une formule issue d'un système formel.

La modélisation est la méthode qui permet de représenter un objet ou un phénomène du monde réel par une formule du système formel choisi. Tout au long de l'étude du modèle et de son exploitation on utilise des simulateurs ; ces simulateurs doivent être fiables et traduire les propriétés du modèle. La construction et la validation de ces simulateurs doivent être faites avec beaucoup de précautions au risque, soit de rejeter un modèle cohérent, soit d'accepter un modèle incohérent. Enfin pour qu'un modèle puisse être utilisé dans la pratique il doit être inclus dans un logiciel. (Claudine et al 2002). Le recouvrement de la végétation provient du Satellite Landsat (OLI) acquis à partir du site web *Earth Explorer *du *United States Geological Survey*(USGS). (Benseghir et al, 2021).

Des prétraitements ont été appliqués sur ces images afin d'améliorer les contrastes et augmenter la qualité visuelle.

La phase de prétraitement de l'image satellitaire a lieu juste après l'acquisition des images et a pour objectif d'améliorer la qualité de l'image en vue de sa segmentation mais les informations contenues dans une image satellitaire brute ne peuvent pas être exploitées directement afin d'étudier la végétation sur la base de leur comportement spectral. Cependant plusieurs traitements sont nécessaires pour obtenir les valeurs de réflectance au sol.

La gamme de longueur d'onde utilisée dans le calcul des indices de végétation (travail de Benseghir et al, 2021) est le bleu B1, le vert B2, le rouge B3, le proche infrarouge (PIR) B4 et l'infrarouge de courte longueur d'onde B5 et B6 et B7. On note que la réponse spectrale de couvert végétal dans ce domaine spectral est forte. Dans le travail de Benseghir, (2021), ils ont utilisés huit indices de végétation à savoir :

- NDVI : Normalized Difference Vegetation Index (Rouse et al, 1974)

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{PIR} - \text{R})}{(\text{PIR} + \text{R})} \dots\dots\dots (1)$$

- TVI: Transformed Vegetation Index (Rouse et al, 1974)

$$\text{TVI} = \sqrt{\text{NDVI} + 0.5} \dots\dots\dots (2)$$

- RVI : Ratio Vegetation Index (Richardson and Wiegand, 1977)

$$\text{RVI} = \text{R} / \text{PIR} \dots\dots\dots (3)$$

- DVI : Difference Vegetation Index (Clevers, 1986)

$$\text{DVI} = \text{PIR} - \text{R} \dots\dots\dots (4)$$

- ARVI_{0.5}: Atmospherically Resistant Vegetation Index (Kaufman and Tanre, 1992)

$$\text{ARVI}_{0.5} = \frac{\text{PIR} - \text{rb}}{\text{PIR} + \text{rb}} \dots\dots\dots (5)$$

- SARVI: Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index (Kaufman and Tanre, 1992)

$$\text{SARVI}_{0.5} = \left(\frac{\text{PIR} - \text{rb}}{\text{PIR} + \text{rb} + \text{L}} \right) \times (1 + \text{L}) \dots\dots\dots (6)$$

- Blue-SWIVI1 : Blue-Short Wave Infrared Vegetation Index of OLI SWIR1 channel (Benseghir and Bachari, 2021)

$$\text{Blue-SWIVI1} = \frac{B - \text{SWIR1}}{B + \text{SWIR1}} \dots\dots\dots (7)$$

- Blue-SWIVI2 : Blue-Short Wave Infrared Vegetation Index of OLI SWIR2 channel (Benseghir and Bachari, 2021)

$$\text{Blue-SWIVI2} = \frac{B - \text{SWIR2}}{B + \text{SWIR2}} \dots\dots\dots (8)$$

Où:

$$\text{Rb} = \text{R} - \gamma(\text{B} - \text{R})$$

R : Canal rouge

B : Canal bleu

PIR : Canal proche infrarouge

γ : Constante d'aérosol égal à 1 dans cette étude

L'image a été classée sur la base d'un jeu de données d'apprentissage ce qui leur a permis par la suite d'avoir la matrice de décision sur la base d'un jeu de données test afin de mesurer la fiabilité du modèle. Pour modéliser le recouvrement de la végétation des variables ont été utilisées à savoir les variables explicatives dont les réflectances des bandes visibles et infrarouges du capteur OLI, et aussi la régression linéaire multiple. (Benseghir et al, 2021).

2.3.1 Relevé linéaire

Le travail de Benseghir et al, (2021) dont le but principal était de tester le niveau de précision d'un modèle de prédiction du pourcentage de recouvrement de la végétation basé sur les réflectances et les indices de végétation (IV) dérivés d'imagerie multi spectrale du satellite Landsat 8 OLI. Cependant l'échantillonnage sur le terrain a été effectué pour la zone d'étude la station de Foris pendant 5 jours du 3 mai 2016 au 08 mai 2016 par la méthode du relevé linéaire. Ils ont réalisé 68 relevés linéaires, effectués le long d'une ligne de 20 m, le recouvrement par points est espacé de 10 cm pour obtenir N=200 points. Les 68 lignes réalisées sur le terrain par un échantillonnage systématique sont espacées de 60m les uns des autres Le long de plusieurs transects d'environ 2Km de long. (Benseghir et al, 2021)

2.4 Extraction des données

Les données sont extraites à partir d'un modèle Sur logiciel QGIS (Figure 5) en utilisant l'extension *point sampling tool* qui nous a permis d'extraire pour une couche de points, les valeurs des recouvrements des couches polygonales à la position des points. Depuis ces valeurs nous avons fait nos statistiques à l'aide des logiciels EXCEL et R

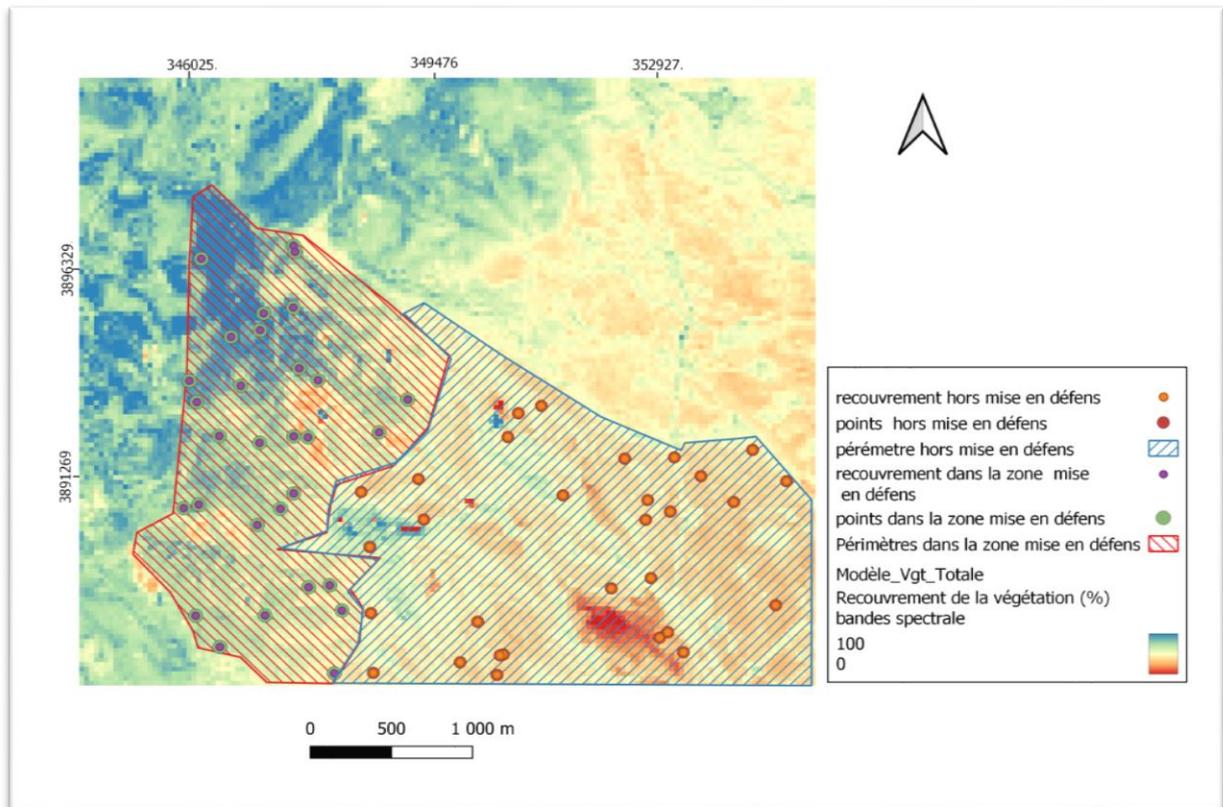


Figure 5: carte des périmètres à l'intérieur et hors mise en défens cas des points aléatoires

Dans cette partie nous avons désigné les deux périmètres de la mise en défens à l'intérieur et hors, puis par l'outil point aléatoire sur polygone nous avons effectué nos échantillons de 30 points aléatoires dans chaque périmètre, à la fin par l'extension "Point Simpling Tool" nous avons extraire les valeurs des pourcentages de recouvrement.

2.5 Analyses statistiques

2.5.1 Évaluation quantitatifs

Dans notre cas nous avons deux groupes d'échantillons indépendants dans la zone d'étude Foris, le premier c'est le pourcentage de recouvrement à l'intérieur de périmètre mise en défens et le deuxième c'est le pourcentage de recouvrement hors périmètre mise en défens.

Pour comparer entre deux groupes d'échantillons indépendants nous avons effectué deux types de statistique (la statistique descriptive et la statistique inférentielle).

2.5.1.1 Statistiques descriptives

La statistique descriptive est un ensemble de méthodes (représentations graphiques et calculs de caractéristiques numériques) permettant de faire une synthèse statistique de données.

2.5.1.1.1 La moyenne

La moyenne est un indicateur pour résumer l'information fournie par un ensemble de données statistiques : elle est égale à la somme de ces données divisée par leur nombre.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

2.5.1.1.2 La médiane

C'est la valeur qui sépare la moitié inférieure de la moitié supérieure d'un ensemble (échantillon, population, distribution de probabilités).

2.5.1.1.3 Le mode

C'est la valeur la plus représentée d'une variable quelconque dans une population donnée

2.5.1.1.4 L'écart type et la variance

La variance (symbolisée par S^2) et l'écart-type (la racine carrée de la variance, symbolisée par S) sont les mesures de dispersion caractérisée la répartition d'une variable aléatoire autour de sa moyenne. Plus l'écart-type est élevé Plus les valeurs sont éloignées de la moyenne.

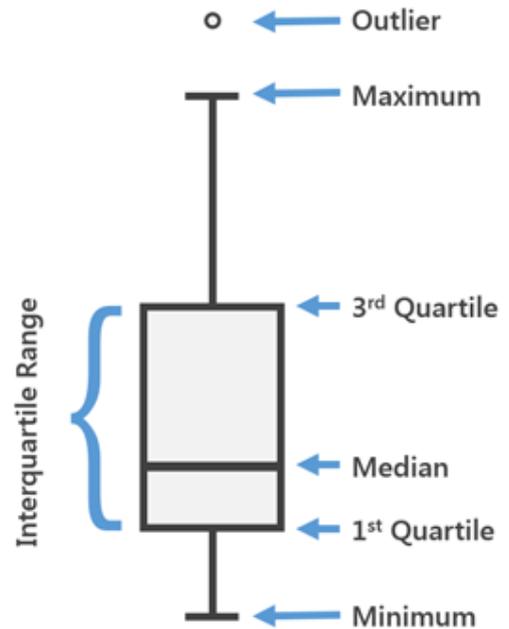
$$\text{Variance: } (\sigma_x)^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^M (x_i - \bar{x})^2$$

$$\text{écart - type : } \sigma_x = \sqrt{\text{Variance}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^M (x_i - \bar{x})^2}$$

2.5.1.1.5 Box plot

Une boîte à moustaches est une manière standardisée d'afficher l'ensemble de données sur la base d'un résumé à cinq chiffres : le minimum, le maximum, la médiane de l'échantillon et le premier et troisième quartiles.

- Minimum (Q_0 ou 0e centile) : le point de données le plus bas à l'exclusion des valeurs aberrantes.
- Maximum (Q_4 ou 100e centile) : le plus grand point de données à l'exclusion des valeurs aberrantes.
- Médiane (Q_2 ou 50e centile) : la valeur médiane de l'ensemble de données.
- Premier quartile (Q_1 ou 25e centile) : également appelé *quartile inférieur* $q_n(0,25)$, est la médiane de la moitié inférieure de l'ensemble de données.
- Troisième quartile (Q_3 ou 75e centile) : également appelé *quartile supérieur* $q_n(0,75)$, est la médiane de la moitié supérieure de l'ensemble de donnée.



Remarque : pour effectuer cette statistique on a utilisé logiciel XLSTAT

2.5.1.2 Statistiques inférentielles

Est l'ensemble de techniques permettant d'induire les caractéristiques d'un groupe général (population) à partir de celles d'un groupe particulier (l'échantillon).

Dans notre travail pour confirmer si la différence entre les deux groupes des échantillons indépendants est significative ou pas, nous avons réalisé un test d'homogénéité. Afin de déterminer le type de test à réaliser (paramétrique ou non paramétrique), nous avons testé la normalité des échantillons et l'égalité de leurs variances respectives.

- La variable aléatoire suit une loi normale.
- l'égalité des variances des échantillons (grâce au test de Fisher)

2.5.1.2.1 Test paramétrique

2.5.1.2.1.1 Test de normalité

Est un test permettant de savoir si une série de données suit une loi normale.

H_0 : les données suivent une loi normale

H_1 : les données ne suivent pas la loi normale de distributions

Valeur de $p \leq \alpha$: les données ne suivent pas une loi normale (Rejeter H_0)

Valeur de $p > \alpha$: vous ne pouvez pas conclure que les données ne suivent pas une loi normale (Impossible de rejeter H_0).

Nous avons effectué par logiciel XLSTAT les tests de normalité suivant :

- **Le test de Shapiro-Wilk**
- **Le test d'Anderson-Darling**
- **Test de Lilli fors**
- **Test d'Anderson-Darling**
- **Test de J'arque-Bera**

2.5.1.2.1.2 Tests d'égalité de variance

C'est un test d'hypothèse qui permet de tester l'hypothèse nulle que deux lois normales ont la même variance

On veut tester

H_0 : Le rapport entre les variances est égal à 1.

H_1 : Le rapport entre les variances est différent de 1.

On rejette l'hypothèse nulle si p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, et retenir l'hypothèse alternative H_1 .

Nous avons effectué par logiciel XLSTAT les tests de normalité suivant :

- **Test F de Fisher / Test bilatéral :**
- **Test de Levene (Moyenne) / Test bilatéral :**

2.2.1.2.2 Test non paramétrique

2.5.1.2.2.1 Test de Mann-Whitney

Le test non paramétrique de Mann-Whitney est le bienvenu pour comparer deux échantillons indépendants de petite taille. Il permet d'estimer si les variables de deux échantillons suivent la même loi de probabilité. Ce qui revient souvent à se demander si ces échantillons proviennent de la même population.

L'utilisons de logiciel XLSTAT nous a permet de faire un test bilatéral réalisé à un niveau de signification de 5 %

H_0 : les deux moyennes sont égales

H_1 : les moyennes sont différentes

2.5.2 Évaluation qualitatif

Cette évaluation est effectuée par l'analyse des unités paysagères de la carte d'occupation du sol de notre zone d'étude FORIS réalisé par Ousmane, 2020.(figure 6)

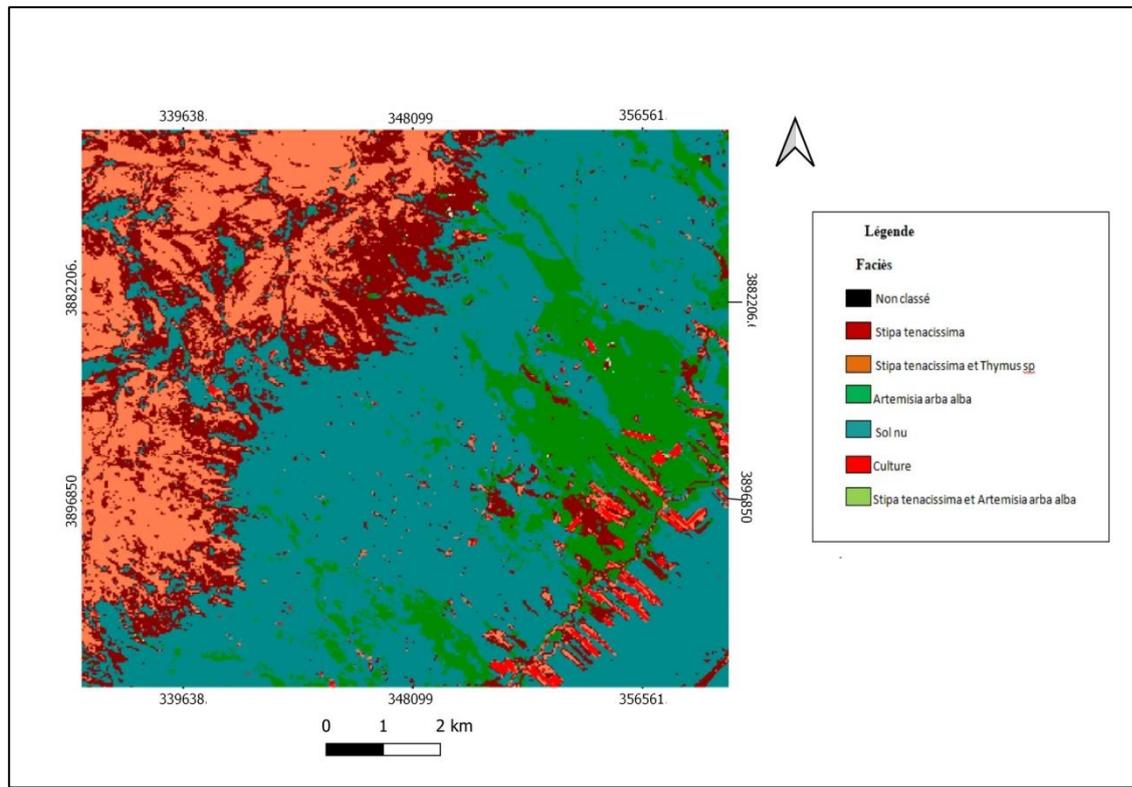


Figure 6: Carte d'occupation du sol de la zone FORIS (Ousmane., 2020)

2.6 Logiciel Utilisés

2.6.1 Systèmes d'informations géographiques (SIG)

Les systèmes d'information géographique (SIG), apparaissent comme un outil incontournable permettant d'organiser les couches d'informations et de les analyser dans le but d'en extraire les données, intégrées à l'échelle de la forêt. Ces données pourront être les données d'entrées des modèles numériques de terrain et climatiques. L'utilisation d'un SIG pour la gestion des ressources forestières concerne essentiellement la cartographie du terrain à étudier (Cartes des pentes, altitudes, expositions, ombrages, bassins versant, risques d'érosions, réseaux hydrographique et carte de visibilité) et l'occupation du sol. (MELLAL T, 2014).

SIG : est la traduction de l'acronyme anglais GIS, qui signifie à la fois :

- Géographique Information Systems
- Géographique Information Science

Plusieurs définitions existent, certaines insistent plus sur l'aspect multimédia des SIG, d'autres sur la nature d'objets traités, mais elles incluent toutes l'ensemble de ces fonctions.

Selon BERGER et al. (2005), un SIG peut être défini comme un ensemble coordonné d'opérations généralement informatisées destinées à transcrire et à utiliser des données géographiques sur un même territoire. Ce dispositif vise particulièrement à combiner au mieux les différentes sources accessibles: bases de données, savoir-faire, capacité de traitement selon les applications demandées.

SIG : un ensemble puissant d'outils pour saisir, conserver, extraire, transmettre et afficher les données spatiales décrivant le monde réel (Burrough P.A, 1986).

2.6.1.1 Les composantes du SIG :

Le système d'information géographique SIG, englobe cinq composantes majeures nécessaires à sa mise en œuvre : les logiciels, les données, les matériels informatiques, le savoir-faire ou les méthodes de travail et les utilisateurs (figure 7).

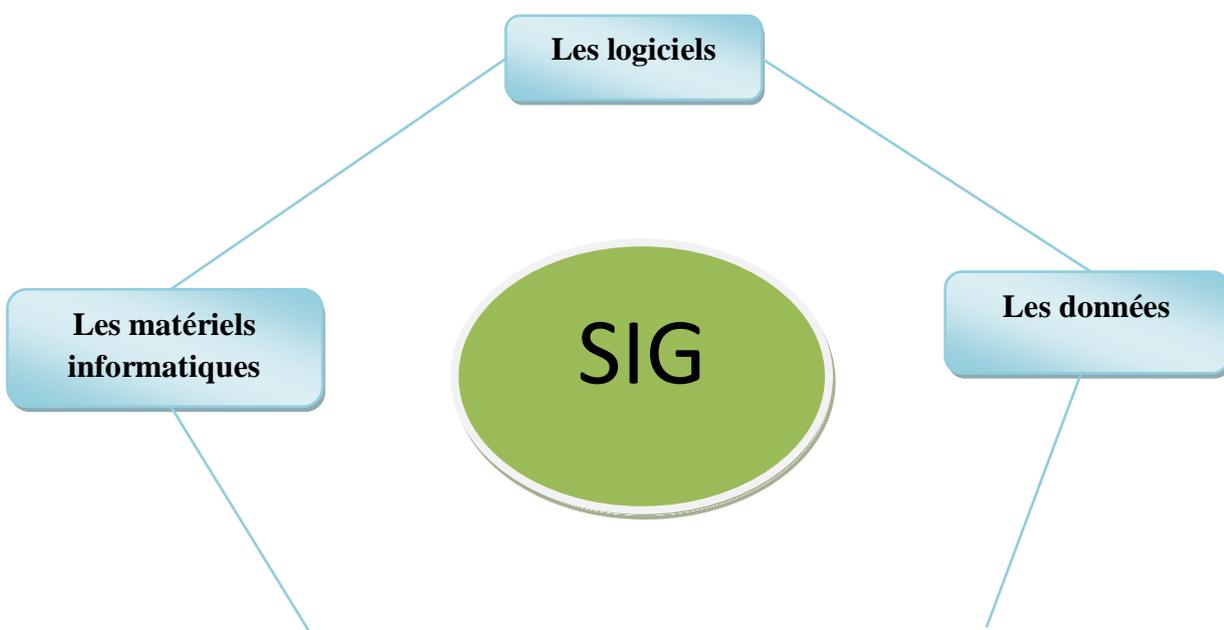




Figure 7: Les composantes d'un SIG

2.7 Les logiciels :

Il existe un nombre important de logiciels, dont on peut les diviser en logiciels libres (QGIS, GRASS, gvSIG, Mapserver, ...), propriétaires à accès gratuits (SavGIS, Adonis, DIVA-GIS, ...) et propriétaires commerciaux (ArcGIS, MapInfo, GeoConcept, ...).

2.7.1 ArcGis :

ArcGIS est un système complet qui permet de collecter, créer, organiser, diffuser et partager l'information géographique et les outils associés avec n'importe qui via des cartes et applications en ligne intelligentes.

Ce programme nous a permet de créer nos propre cartes (carte steppique et zone d'étude).

2.7.2 QGis :

QGIS est un Système d'Information Géographique utilisé pour les traitements des données géographiques

Ce programme nous a permet de tracer les périmètres a l'intérieur et hors mise en défens et traité notre zone d'étude

2.7.3 Logiciel R

R est un logiciel libre et disponible permettre le traitement et l'analyse statistique des données. Il dispose d'une bibliothèque très large de fonctions statistiques

Ce programme nous a permet de faire une comparaison entre les résultats de recouvrement de végétation a l'intérieur et hors mise en défens

2.7.4 Excel

Excel est un logiciel de la suite bureautique permet la création de tableaux, de calculs automatisés, de plannings, de graphiques et de bases de données.

Ce programme nous a permis de stocker les informations obtenues depuis le logiciel QGIS et de faire une analyse statistique descriptive.

2.7.5 XLSTAT

C'est un logiciel dont le fonctionnement s'appuie sur Microsoft Excel pour la saisie des données et la publication des résultats. En revanche, les calculs sont entièrement réalisés dans des programmes autonomes.

Ce programme nous a permis de faire nos statistiques paramétriques et non paramétriques.

Chapitre 3

Résultats et discussion

3.1 Échantillonnage par points aléatoires

3.1.1 Résultats de la Statistiques descriptives

Nous avons présenté nos résultats dans un tableau récapitulatif (tableau 4)

Tableau 4: statistique descriptive du variable quantitatif des deux groupes d'échantillons dans la station Foris (échantillons dans la zone mise en défens et hors mise en défens).

	Recouvrement de la végétation (%)	
	Mise en défens	Hors mise en défens
Moyenne	70,72	42,63
Médiane	67,28	42,47
Mode	100	44,68
Écart-type	15,78	7,27
Variance de l'échantillon	248,98	52,90
Minimum	38,61	25,44
Maximum	100	60,44

Nous avons enregistré une moyenne de recouvrement de la végétation avec une valeur estimée de 70.72 % pour le périmètre mise en défens et 42.63 % hors périmètre mise en défens

La moyenne, le mode et la médiane nous ont fournis une caractérisation globale de la distribution des données, cette dernière nous a montré que le recouvrement de la végétation est plus important dans la station mis en défens.

La valeur de l'écart type est supérieure dans la station mise en défens avec un pourcentage plus ou moins de 15,78 %, par contre dans la station hors mise en défens elle est de 7,27 % . Plus la valeur de l'écart type est importante, plus la végétation est relativement hétérogène et les données sont bien dispersées.

➤ **Box plot des résultats statistique**

Les résultats de la statistique descriptive sont représentés dans un box plot (figure 8)

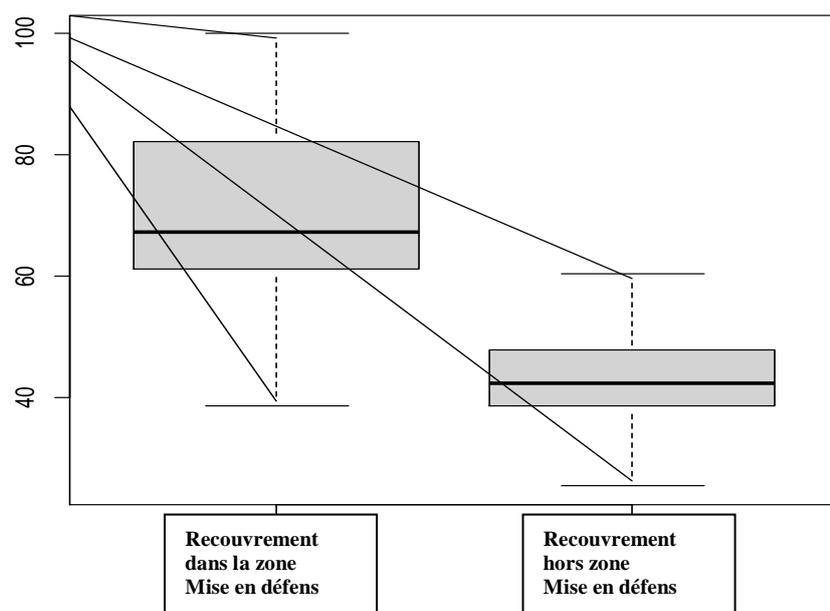


Figure 8:Box plot du pourcentage de recouvrement de la végétation des deux groupes d'échantillons dans la station Foris (échantillons dans la zone mise en défens et hors mise en défens).

La lecture de box plot a montré que le recouvrement de la végétation est plus important dans le périmètre mise en défens et plus faible hors périmètre mise en défens.

Les valeurs maximales et minimales qui représentent le premier et le troisième quartile sont plus importantes dans la station mise en défens avec un pourcentage 100 % et 38,609% respectivement selon le modèle, alors qu'à l'extérieur de mise en défens le box plot est aplati avec une valeur maximale atteignant 60,43% et une valeur minimale de 25,44%.

La différence entre les deux médianes atteint presque 25%, cette différenciation désigne que la dispersion des échantillons est plus importante dans le périmètre mise en défens et pour justifier cette différenciation on a appliqué des tests statistiques inférentielles.

3.1.2 Résultats de Statistiques inférentielles

Les résultats de la statistique inférentielles sont présentés dans des tableaux récapitulatifs (tableau 5,6).

3.1.2.1 Vérification de la normalité

Tableau 5:Résumé des résultats de test de normalité de la statistique inférentielle du variable quantitatif des deux groupes d'échantillons dans la station Foris (échantillons dans la zone mise en défens et hors mise en défens).

	Test de Shapiro-Wilk	Test d'Anderson-Darling	Test de Lilli fors	Test de Jarque-Bera
P_ value du Modèle a l'intérieur	0,570	0,486	0,378	0,829
P_ value du Modèle a l'extérieur	0.905	0,754	0,652	0,925

- D'après les quatre tests, nos deux groupes d'échantillons suivent une loi normale avec p -value supérieure a la valeur alpha, à l'intérieur et à l'extérieur de la mise en défens respectivement.

3.1.2.2 Test d'égalité de variances

Tableau 6:Résumé des résultats de test d'égalité de variances de la statistique inférentielle du variable quantitatif des deux groupes d'échantillons dans la station Foris (échantillons dans la zone mise en défens et hors mise en défens).

	Test de Fisher	Test de Levene
P-value	<0,0001	0,001

- Étant donné que la p -value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_1 .
Donc les deux variances sont différentes

Nous avons trouvé que la condition d'égalité des variances n'est pas valide pour un simple test de student donc nous avons appliqué un test non paramétrique de Mann-whitney.

3.1.2.3 Test de Mann-Whitney

p -value inférieur a 0.0001 et inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir qu'il y a une différence de position des échantillons.

3.1.3 Les unités paysagères

Les végétations existant la carte d'occupation du sol de notre zone d'étude FORIS sont représentées dans la (Figure 9)

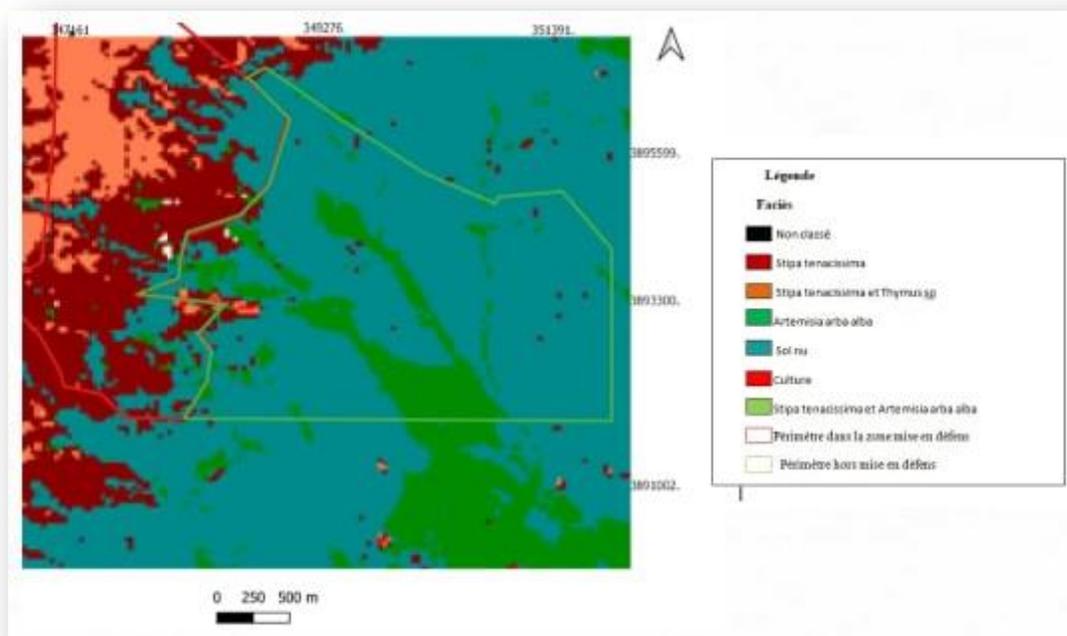


Figure 9: Carte d'occupation du sol de la zone FORIS (Ousmane., 2020) avec un positionnement des deux périmètres

Nous avons posées les deux périmètres (intérieurs et extérieurs de la zone mise en défens) sur la Carte d'occupation du sol de la zone FORIS (Ousmane., 2020).

D'après notre comparaison sur la végétation existante dans les deux périmètres nous avons trouvé que le périmètre mise en défens est dominé par (*Artemisia herba alba*) et (*Stipa tenacissima*) et *thymus sp* avec un petit pourcentage du sol nu par contre a l'extérieurs de la mise en défens nous avons remarqué qu'il y a une grande surface du sol nu avec un petit pourcentage de recouvrement de cette vegetation

Puisque notre zone d'étude (station de foris) est une zone steppique donc elle est dominée par des espèces pérennes tels que l'alfa (*Stipa tenacissima*), la sparte (*Lygeum spartum*) et l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) et d'autres espèces comme *Cynodon dactylon* qui sont marqués par (Aidoud et al, 2006) comme des espèces moins sociables.

Selon Aidoud 2006, l'Alfa est l'espèce le plus symbolique des steppes graminées qui se développe en général sur des sols peut profonds et bien drainés.

3.3 Discussion

L'étude dont il est question dans le présent travail présente une méthode d'évaluation du recouvrement de la végétation et des unités paysagères dans un périmètre mis en défens en exploitant deux modèles par les indices de végétation dérivés d'imagerie multi spectrale.

3.3.1 Échantillonnage aléatoire

Avantage :

Les estimateurs ne sont pas biaisés. Comme on peut calculer les chances de chaque élément d'appartenir à l'échantillon, il devient possible de généraliser, c'est-à-dire de déterminer jusqu'à quel point les résultats obtenus avec l'échantillon s'appliquent à la population.

Le calcul des estimateurs s'avère facile et la majorité des banques de programmes informatiques se prêtent à ce plan.

Il n'est pas nécessaire d'élaborer une planification sophistiquée de la collecte et du traitement des données, dans la mesure où l'on est assuré que le processus de sélection est réellement au hasard non biaisé par une tendance, consciente ou non. (Ghaouaci S)

Inconvénients :

Le protocole de sélection des unités d'échantillonnage est peu commode comparativement à celui de l'échantillonnage systématique.

Son efficacité s'avère souvent très médiocre car on n'utilise pas les informations apportées par des expériences antérieures, ou ne collecte pas préférentiellement des éléments privilégiés dont l'accès ou l'examen s'avère plus commode ou plus économique, on ne module pas la probabilité de sélection des éléments en fonction de leur poids ou de leur importance relative. Coûteux et irréalisable pour de grandes populations (Ghaouaci S).

3.3.2 Pourcentage de recouvrement

Le recouvrement de la végétation est un indicateur important de la végétation sur plusieurs niveaux ; en phytodynamique c'est un indicateur du changement climatique ou pâturage (Houérou 1987), au niveau édaphique il permet d'estimer la vulnérabilité du sol face à l'érosion éolienne et hydrique (Houérou 1987; Munson et al. 2011; Sasaki et al. 2015), au niveau écologique utilisé pour la conservation et la restauration des écosystèmes.

Dans notre travail, le recouvrement de la végétation dans la station ayant bénéficié de mise en défens est supérieur à celui de la station non aménagée et ouverte au pâturage.

Dans ce même sens Floret 1981, conclut que la protection favorise la répartition de certaines espèces surpâturées tels *qu'Atriplex canescens*, *Atriplex nummularia* qui se trouve aux alentours des chotts dans les zones steppiques par exemple Chott El Gharbi (Benabadji, 1999). Ces espèces sont classés comme espèces surpâturées car ils sont très prisés par le bétail (Froment, 1972).

Selon Amghar 2012, l'augmentation de la couverture végétale totale a l'intérieur des aires protégées peut être expliqué par l'amélioration des conditions du sol (température, humidité, cycle des éléments nutritifs) à l'intérieur des sites protégés qui favorisent la régénération et le développement des espèces herbacées (Yates et al ; 2000).

3.3.3 Les unités paysagères

Un travail d'Osman 2020, a été consacré à l'évaluation qualitative des formations végétales de la station de Foris (Khenchela).

La carte de la végétation steppique de Foris (khenchela) nous a montré une faible diversité paysagère dans la station étudiée, caractérisée par 4 types d'unités : *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba alba*, *Stipa parviflora*, *Thymus sp.*

Le travail d'Amghar 2012 montre que les mises en défens sont plus riches en très bonnes espèces fourragères. Ils ont recensé dix très bonnes espèces fourragères propres aux mises en défens, ces espèces sont : *Aegilops ventricosa*, *Ammochloa palaestina*, *Cynosurus +effusus*, *Hippocrepis unisiliqosa*, *Lolium rigidium*, *Medicago minima*, *Medicago secundiflora*, *Ranunculus gramineus*, *Sanguisorba minor verrucosa* et *Micromeria graeca*.

Le surpâturage défavoriserait le développement d'espèces non palatables.

Amghar 2012 estime que la composition floristique résultant de l'aménagement pastoral fait que les espaces protégés présentent une valeur pastorale nettement supérieure à celles des espaces pâturés. (Verlaque et al, 1997) estime que le taux d'endémicité au niveau de la steppe algérienne est de 15%.

Ces endémiques sont représentées par des chamephytes telles que *Astragalus gombo*, *Centaurea parviflora*, *Saccocalyx satureioides* et *Frankenia thymefolia* des géophytes

et surtout des thérophytes Allyssum macrocalyx , Anacyclus , Cyrtolepioides , Bromus garamus , Crepis amplexifolia , Euphorbia calyptrata , Helianthemum ledifolium subsp , Apertum , Muricaria prostrata et Silene Arenarioiedes. (Amghar, 2012).

Dans cette étude, le recours à la télédétection a permis de mettre en évidence une évaluation quantitative des formations végétales de la station.

La base cartographique a constitué un outil de gestion des unités de conservation et de suivi de l'évolution des couverts végétaux et de l'occupation du sol couplé aux systèmes d'informatiques géographiques (SIG), la télédétection apparait comme un outil efficace à mettre à la disposition des gestionnaires. Cette méthode nous a offert plusieurs avantages et cela pour divers raisons (Benseghir et al. 2021) :

- La réalisation d'un plan d'échantillonnage directement sur le modèle.
- Le respect des règles statistiques lors de l'échantillonnage grâce aux extensions dédiées.
- Extraction et saisie automatique des données relatives à la végétation à partir du modèle.
- Rapidité d'exécution.
- Possibilité d'automatiser le travail d'évaluation statistique.

Conclusion

Conclusion

L'étude dont il est question dans le présent travail présente une méthode d'estimation du recouvrement de la végétation dans une station du sud constantinois, dans le périmètre dit de Foris à l'Est de l'Algérie dans la commune d'Ouled Rechache, wilaya de Khenchela, en utilisant des images multispectrales.

La station de Foris constitue un exemple assez représentatif des zones arides menacées par le fléau de désertification. La dégradation des milieux steppiques et la réduction de la couverture végétale sont la principale illustration des perturbations écologiques. Parmi les solutions proposées pour la réhabilitation des parcours dégradés, la technique de la mise en défens qui a enregistré dans pas mal de sites, des résultats écologiques encourageants.

Cette étude nous montre l'utilité de la télédétection dans le domaine de l'évaluation dans un contexte d'aménagement du milieu steppique de conservation, basé sur l'utilisation des indices dérivés d'imagerie multispéctrale pour une évaluation écologique qualitative par l'analyse des faciès de la carte d'occupation de sol de sabio et quantitatif par l'analyse descriptive et l'analyse non paramétrique avec des possibilités d'analyses offertes d'une mise en défens.

Les Résultats obtenus de la comparaison de la végétation et des états de surface entre zone protégée et non protégée (à l'intérieur et hors mise, en défens) a montré l'efficacité de la mise en défens.

La mise en défens d'une steppe dégradée permet, après un laps de temps plus ou moins long, la reconstitution des caractéristiques majeures (couvert, composition, production) de la végétation préexistante.

En terme perspectives il est intéressant d'utiliser une image multispéctrale pour une évaluation écologique de la couverture végétale puisque on gagne du temps et évite le déplacement sur le terrain. Il serait également souhaitable que cette méthode sera applicable à tous les pays de sahel pour s'assurer l'état d'environnement de toutes les régions sensibles.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abdelbaki A.**, 2012. Utilisation des SIG et télédétection dans l'étude de la dynamique du couvert végétal dans le sous bassin versant d'oued Bouguedfine (Wilaya de Chlef), département de Biologie, université Hassiba Ben Bouali Chlef, Mémoire de fin d'étude, p39
- **AIDOUD A et TOUFFET J.**, 1996 : La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima*), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes.
- **Aïdoud,A.,Le Floc'h,E.,Le Houérou ,HN.**,2006. Les steppes arides du Nord de l'Afrique.*Séchresse*,17,(1-2),20-23
- **Amghar F.**, 2012. Restauration et réhabilitation des écosystèmes steppiques : Effet de la mise en défens et de l'introduction des plantes fourragères sur la biodiversité, le sol et sa surface. Thèse Doct., USTHB, 19p
- **Amghar F.,Forêt E .,Margerie P., Langlois E.,Brouri L.,Kadi-Hanifi H.**,2012.Grazing enclosure and plantation :a synchronic study of two restoration techniques improving plant community and soil properties in arid degraded steppes (Algeria).*Rev Ecol (Terre et Vie)*,67(3),257_269.
- **Bannari A, Morin D, Huete A.R. et Bonn F.**, 1995. A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, n°13, 95-120.
- **Benabadji, N.**, 1999. Physionomie, Organisation et composition floristique des Atriplexiaies au Sud de Tlemcen, Chott El Gharbi (Algérie). *Atriplex in vivo*.N° 8.
- **Benseghir L,Kadi-Hanifi H,Bachari NEI.**, 2019. Estimation of aerial biomass in the conserved areas of *Stippa tenacissima* L, found in the high steppes of western Algeria using vegetation indices based on Landsat imagery *African Ecology Review* 57:466-476.<http://doi.org/10.1111/aje.12623>.Boschetti M.Nutini F, Mandrin G,Brivio PA,Nelson A.2014
- **Benseghir L, Bachari N.**, 2021. Shortwave infrared vegetation index-based modelling for aboveground vegetation biomass assessment in the arid steppes of Algeria. *African Journal of Range Forage Science*, 1-10, doi: 10.2982989/10220119.2021.1882575.
- **Benseghir, L., & Bachari, N.E.I.**, 2021. Modélisation du pourcentage de recouvrement de la végétation steppique par les indices de végétation dérivés d'imagerie multi spectrale Landsat OLI .*International Journal of Human Settlements*, 3-4 p
- **Benrbiha A.**, 1984.Contribution à l'étude de l'aménagement pastoral dans les zones steppiques:Cas de la coopérative Pastorale d'Ain Oussara (w.Djelfa). INA., Alger, 160p. +Ann.

Références bibliographiques

- **BENSTITI.**, 1974. Contribution à l'étude de potentialité d'une nappe alfatière dans la région de Moudjebara (Djelfa).
- **Bessaih À., Hellal B. et Ayad N.**, 2014. Réhabilitation par l'Atriplex des parcours steppiques du Sud de la préfecture de Saïda (Algérie Occidentale), *European Scientific Journal* edition .10(32)ISSN:1857_7881(Printe)_ISSN 1857_7431.
- **Benzina I.**, 2021. Aménagement steppique, Cours Université Mostefa Ben Boulaid Batna 2, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Département Ecologie et Environnement, Batna, p4.
- **Bouchareb B., Huguenin J., Hammouda R.F., Nedjraoui D., Selmi H.**, 2019. Suivi diachronique de steppe restaurée : constats et perspectives *Revue Agriculture*.10(1):92_99, Université Ferhat Abbas Sétif 1.
- **BOUDY P.**, 1952 : Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris ED, la maison rustique 505p.
- **Bourbouz A. Donadieu U.**, 1987. L'élevage sur parcours en régions méditerranéennes. CIHEAM/ IAM, Montpellier, France, 140 P.
- **Burrough P.A.**, 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford, Oxford University Press, p 193.
- **Facelli J.M and Temby, A.M.**, 2002. Multiple effects of shrubs on annual plant communities in arid lands of South Australia. *Austral Ecology*, 27, 422-432.
- **Floret Ch.**, 1981. The effect of protection on steppic vegetation of the Mediterranean arid zone of southern Tunisia. *Vegetatio*: 46:117-129.
- **Floret Ch, pontanier, R.**, 1984. Aridité climatique, aridité edaphique. *Bull.Soc.Bot.Fr. Actual.Bot.*, 131, 265-275.
- **Flechner, T.L.**, 1994. Ecological costs of livestock grazing in Western North America. *Conserv.Biol.*, 8:629_644.
- **Froment, R.**, 1972. Etablissement des cultures fourragères d'Atriplex en Tunisie centrale in « Sém. Et. Prob. Méd. ».
- **Girard M. C., et Girard, C. M.**, 1989. Télédétection appliquée, zones tempérées et Intertropicales. (2 ed.), Paris, Masson, 260 p.
- **Gower, J.F.R., Borstadt, G.A., Gray, L.H. et Edel, H.R.**, 1988. The Fluorescence Line Imager: High-Resolution Imaging Spectroscopy over Water and Land. *Spectral-Signatures of Objects in Remote Sensing*, 273-278 p. France.

Références bibliographiques

- **Guyot G.**, 1984. Caractérisation spectrale des couverts végétaux dans le visible et le proche infrarouge, application à la télédétection. Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection, n°95, pp 5-14.
- **Ghaouci S.**, 2018. Méthode d'étude et d'inventaire de la faune et la flore, cours Hassiba Ben Bouali de Chlef, faculté de Science de la nature et cde la vie, département Eau, environnement et développement durable, pp 35-36 .
- **Ghaouci S.**, 2018. Méthode d'étude et d'inventaire de la faune et la flore, cours Hassiba Ben Bouali de Chlef, faculté de Science de la nature et cde la vie, département Eau, environnement et développement durable, PP 52-53
- **Haddouch I, Mederbal K, Saïdi S.**, L'ANALYSE DE L'ESPACE ET LA DETECTION DES CHANGEMENTS POUR LE SUIVI DES COMPOSANTS SABLE-VEGETATION DANS LA ZONE DE MECHERIA, ALGERIE. Département de Foresterie, Faculté des Sciences, Université de Tlemcen.
- **Homes, Alexandre ; Illowsky, Barbara ; Doyen, Susan.** Introduction aux statistiques commerciales.
- **JENSEN J.R.**, 2007. Remote Sensing of the Environment - An Earth Resource Perspective (Second Edition). Pearson Prentice Hall, 592 p.
- **Le Houérou, H. N.**, 1987. Aspects Météorologiques de la Croissance et du Développement Végétal Dans les Déserts et Les Zones Menacées de Désertification. (pp. 59).
- **Le Houérou HN.** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Options Méditerranéennes Ser B Études et Recherches 1995 ; 10 : 1-396.
- **Le Houérou, H.N.**, 1996 b. – Dégradation, régénération et mise en valeur des terres sèches d'Afrique., In : L'homme peut-il refaire ce qu'il a fait ? (PONTANIER R., M'HIRI A., AKRIMI N., ARONSON J., LE FOC'H.Edits). Paris, 65-102
- **MELLAL T.**, 2014. Utilisation d'un système d'information géographique (SIG) pour la création d'une base de données phytoécologique. Commune de Tircine, daïra d'Ouled brahim Wilaya de saida. Département d'écologie et environnement, UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMEN, Mémoire de fin d'étude, p2.
- **Moquet A.**, 2003. Apports de la télédétection pour la cartographie d'habitats terrestres en zones humides méditerranéennes, application aux habitats de la Réserve Nationale de Camargue. PFE d'Ingénieur Agronome. École Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Nancy. 64p.

Références bibliographiques

- **Munson, S. M., Belnap, J., & Okin, G. S., 2011.** Responses of wind erosion to climate-induced vegetation changes on the Colorado Plateau. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(10), 3854-3859
- **Nedjraoui D, Bédrani S., 2008.** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 8 Numéro 1, consulté le 05 janvier 2021.
- **Ousmane S., 2020.** L'utilisation de la télédétection dans l'évaluation qualitative de la végétation steppique de Foris (wilaya de Khenchela), Département de Biologie, UMBB, Mémoire de fin d'étude.
- **Ratiba HOURIZI, Aziz HIRCHE, Yamna DJELLOULI et Dalila NEDJRAOUI.,** CHANGEMENTS SPATIO-TEMPORELS DES PAYSAGES STEPPIQUES D'ALGÉRIE. CAS DE LA RÉGION DE MÉCHÉRIA.
- **Rouse, J.W. et Haas, R.H., 1973.** Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. Third ERTS Symposium, 1, 309-317. - Washington DC: NASA.
- **Rouse J. W., Hass R. H., Shell J. A., Deering D. W., Harlan J. C., 1974.** Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. Final Report, Type III, NASA/GSFC, Greenbelt, MD, 371 p.
- **Roy et al., 2014.** Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. 156 P.
- **Salah Eddine Bachir BOUIADJRA, Wael El ZEREY et Khéloufi BENABDELI., 2017 :** Étude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale : cas des monts du Tessala (Algérie occidentale)
- **Sasaki, T., Furukawa, T., Iwasaki, Y., Seto, M., & Mori, A. S., 2015.** Perspectives for ecosystem management based on ecosystem resilience and ecological thresholds against multiple and stochastic disturbances. *Ecological Indicators*, 57, 395-408
- **Soudani. K., 2005.** Cours rédigé de télédétection. Introduction générale à la télédétection. ECOII Version 1.2 – Série -Version PDF. . Univ. Paris Sud XI. 26 p.
- **UVED., 2008.** ENVCAL - Suivi de l'environnement par télédétection, Cours en ligne. Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.
- **Yates, C.J., Norton, D.A. & Hobbs, R.J., 2000.** Grazing effects on plant cover, soil and microclimate in fragmented woodlands in south-western Australia: implications for restoration. *Austral Ecol.*, 25: 36-47.

Abstract:

In order to contribute to a better knowledge of the steppe zones of the wilaya of Khenchela, for a greater awareness of the complexity of rural development of the current state of degradation that this fragile region has experienced in recent decades, we considered it both opportune and useful to carry out this study based on the use of vegetation indices (IV) derived from multispectral imagery from the Landsat-8 OLI satellite for the qualitative and quantitative evaluation of the percentage of vegetation cover in a defended perimeter and a perimeter subject to free grazing in the locality of Foris.

The GIS tool allowed us to quickly set up a random sampling protocol in the two treatment areas and to carry out a statistical evaluation of the vegetation cover and landscape units thanks to the exploitation of two models by vegetation indices.

Keywords: Khenchela, Steppe, degradation, vegetation indices, multispectral, Landsat 8,.

ملخص

من أجل المساهمة في معرفة أفضل بمناطق السهوب في ولاية خنشلة ، لزيادة الوعي بتعقيد التنمية الريفية لحالة التدهور الحالية التي مرت بها هذه المنطقة الهشة في العقود الأخيرة ، فقد اعتبرناها مناسبة ومناسبة على حد سواء. مفيدة لإجراء هذه الدراسة بناءً على استخدام مؤشرات الغطاء النباتي (IV) المستمدة من الصور متعددة الأطياف من القمر الصناعي Landsat-8 OLI من أجل التقييم النوعي والكمي للنسبة المئوية للغطاء النباتي في محيط محمي ومحيط خاضع للرعي الحر في محلة Foris. وبالتالي، سمحت لنا أداة QGIS بإعداد بروتوكول أخذ عينات عشوائي في منطقتي المعالجة وإجراء تقييم إحصائي لوحدات الغطاء النباتي والمناظر الطبيعية بفضل استغلال نموذجين بواسطة مؤشرات الغطاء النباتي.

الكلمات المفتاحية : خنشلة، السهوب، تدهور، مؤشرات الغطاء النباتي، متعدد الأطياف، لاندسات