

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOAT

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de Master

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecologie Végétale et environnement

Présenté par :

BOUDAUD SettiSafa

THEME

*Etude la dynamique d'une plantation pastorale au
moyen des outils spatiaux : SIG et télédétection
cas de la région de Sidi Makhlouf, Laghouat-Algérie.*

Soutenu publiquement devant le jury composé de :

Président(e) : CHAIBI Rachid

Examineur: SOUFFI Ibtissem

Encadreur : BENCHETTOUH Ahmed

Co-encadreur : AMRANI Ouarda

Année Universitaire : 2019-2020

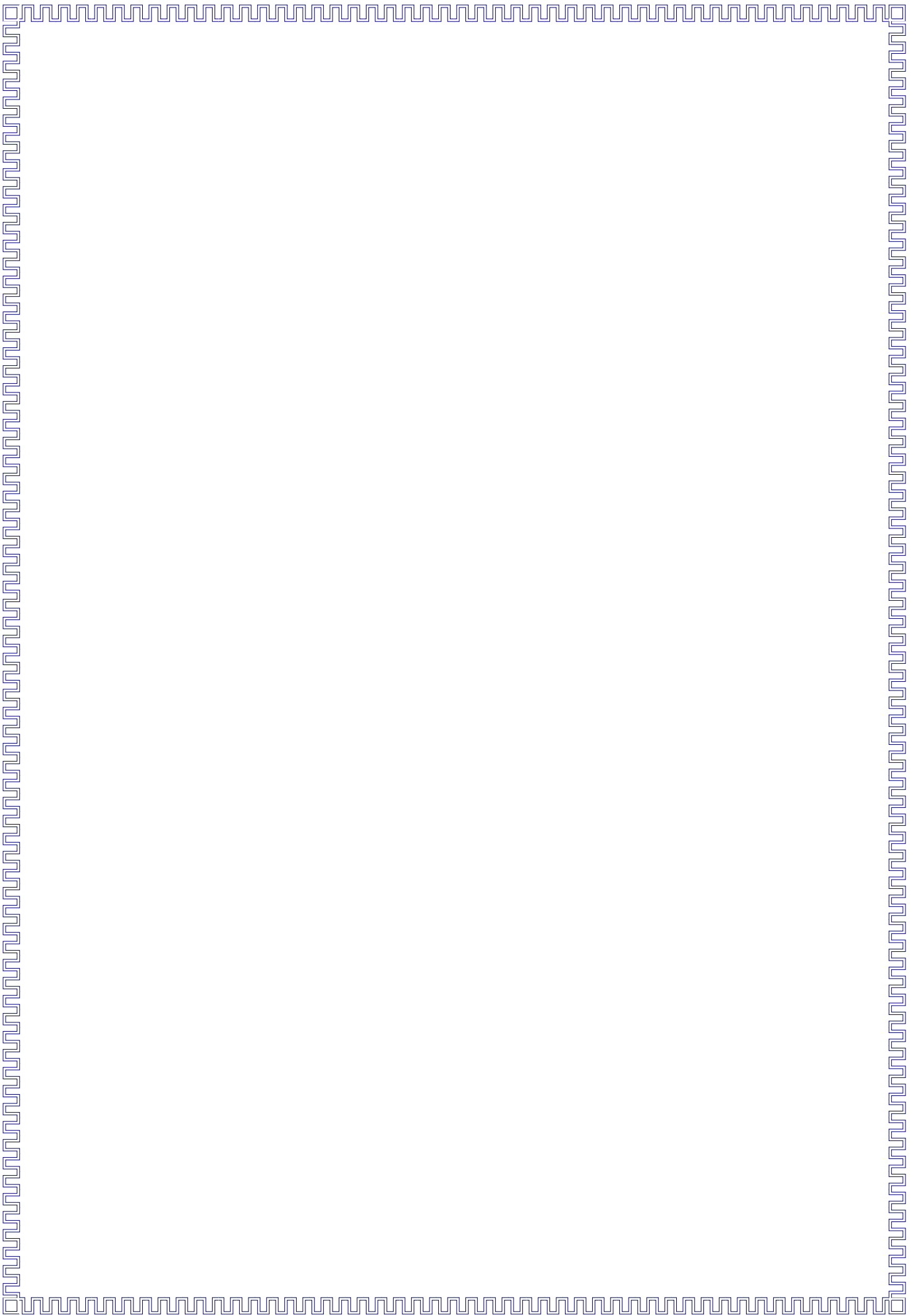


TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES

Résumé:.....	i
ملخص.....	i
Abstract:.....	i
Dédicace:.....	ii
Remerciements:.....	iii
Liste des abréviations:.....	iv
Liste des tableaux:.....	v
Liste des figures:.....	vi
Liste des photos :.....	vii
Introduction Générale:.....	1
Chapitre I : Bilan de connaissances sur la dynamique du couvert végétal	
1.1 Introduction:.....	3
1.2Le couvert végétal :.....	4
1.3Ladynamique du couvert végétal.....	4
1.3.1L'évolution du couvert végétal:.....	5
1.3.2Les causes de la dégradation du couvert végétal :.....	6
1.4. Les factures de dégradation :.....	6
1.4.1. Les facteurs naturels :.....	6
1.4.1.1 La sécheresse et les changements climatiques.....	6
1.4.1.2Vulnérabilité des sols steppiques.....	7
1.4.2Lesfacteursanthropozoïques :.....	7
1.4.2.1Le surpâturage.....	8
1.4.2.2Le défrichage.....	8
1.4.2.3 Les coupes de bois :.....	8
1.4.2.4 L'incendie:.....	9
1.4.2.5 Le tourisme:.....	9
1.4.2.6Lapressionanthropique :.....	9
1.5. Lutte contre les phénomènes de dégradation :.....	10
1.5.1 La reconstitution du couvert végétal:.....	10
1.5.2Lutte contre l'ensablement:.....	10
1.6 Aperçu sur les plantations pastorales.....	10
1.6.1Généralitéssurlesplantationspastorales :.....	11
1.6.2Qu'est-ce qu'une plantation pastorale?.....	11
1.6.3 Effetsdeplantationpastoralesurlesconditionsécologiques:.....	11
1.6.4Rôleantiérosif :.....	11
1.6.5Lutte contre la désertification :.....	11
1.6.6Effets de la plantation pastorale sur la végétation:.....	12
1.6.7 Effet sur la densité des espèces végétales.....	12
1.6.8Effet sur le recouvrement :.....	12
1.7 Conclusion:.....	12
Chapitre II :Matériel et Méthodes	
2.1 Introduction:.....	13
2.2 Présentation de la région d'étude.....	13
2.3 Collection des données:.....	14
2.4 Outils spatiaux utilisés.....	14

TABLE DES MATIERES

2.5 Images satellites utilisées.....	16
2.6 Les logiciels utilisés :.....	16
2.6.1 ENVI-1.5	16
2.6.2 MapInfo-8.0:	17
2.6.3 ArcGIS-10.2.....	17
2.6.4 Le Modèle Numérique du terrain : MNT.....	17
2.6.5 Google Earth pro 18m.....	18
2.7 Indices utilisés dans la détection de la dynamique de végétation.....	18
2.7.1 <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	18
2.7.2 La proportion de végétation (PV)	20
2.7.3 La température de surface du sol (LST).....	20
2.8 Méthodologie de travail.....	21

Chapitre III : Résultats et discussion

3.1 Introduction :.....	22
3.2 Analyse climatiques :.....	22
3.2.1 La température :.....	22
3.2.2: Les précipitations :.....	23
3.2.3 Le vent :.....	24
3.3 Synthèse climatique.....	24
3.3.1 L'indice de continentalité :.....	24
3.3.2 L'indice d'aridité climatique :.....	25
3.3.3 Le diagramme Ombrothermique :.....	25
3.3.4 Le climagramme d'Emberger :.....	26
3.4 Analyse géomorphologiques :.....	27
3.4.1 Altitude :.....	27
3.4.2 Les pentes :.....	28
3.4.3 Les expositions :.....	29
3.5 Analyse géologique et biophysiques :.....	31
3.5.1 Géologique.....	31
3.5.2 Biophysiques.....	31
3.6 La dynamique de végétation de la zone d'étude :.....	33
3.6.1 Évolution de NDVImax :.....	33
3.6.2 Evolution du NDVI max en fonction des précipitations :.....	36
3.6.3 Evolution de PV en fonction du NDVI max :.....	36
3.6.4 Evolution de LST en fonction du NDVImax :.....	37
4 .Conclusion	39
Références bibliographiques	40
Annexes	

ETUDE LA DYNAMIQUE D'UNE PLANTATION PASTORALE AU MOYEN DES OUTILS SPATIAUX : SIG ET TELEDETECTION CAS DE LA REGION DE SIDI MAKHLOUF, LAGHOuat-ALGERIE

Boudaoud Safa Setti¹ & BENCHTTOUH Ahmed²
safabiologie03@gmail.com, ahben17@yahoo.fr

Étudiante Master en écologie végétale et environnement à l'Université Amar Telidji, route de Ghardaia BP G37 (M'kam) 03000 Laghouat (Algérie), Enseignant-chercheur à l'Université Amar Telidji, route de Ghardaia BP G37 (M'kam) 03000 Laghouat (Algérie),

Résumé

La steppe algérienne s'étale sur 27 millions d'hectares. Les formations végétales qui la constituent sont soumises à des multiples formes de dégradation, dues essentiellement à l'action du climat et à celle anthropiques croissante sur ce milieu très fragile. Cependant, depuis quelques décennies HCSD sous la tutelle de l'Etat algérien a mis en place une stratégie consistant en la création des périmètres de plantation à base d'Atriplex. L'étude de la dynamique de la végétation dans ces périmètres devient un objectif scientifique et socioéconomique pressant. Le périmètre Gatnet El haraiar, région de Sidi Makhlouf qui a été mis en place en 2008 est l'un de ces plantations pastorales. Pour ce faire, les outils spatiaux du SIG et de la télédétection sur une période de 20 ans sont utilisés afin de cartographier et valoriser cette technique. Les résultats obtenus montrent que le NDVI max au niveau de trois glacis étudiés G_s, G_m et G_i présente une corrélation positive assez forte au fil du temps 0.74 %, 0.44% et 0.87% respectivement. L'impact du NDVI max au niveau du G_i sur le PV et la LST présente également des corrélations assez fortes 0.97% et 0.93% respectivement.

Mots clés : Steppe, SIG, Télédétection, Dynamique, Plantation pastorale.

الملخص.

يمتد السهوب الجزائري على 27 مليون هكتار حيث تخضع التكوينات النباتية التي تشكلها لأشكال متعددة من التدهور ، ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى عمل المناخ وإلى النمو البشري المنشأ في هذه البيئة الهشة للغاية. ومع ذلك ، نفذت HCSD لعدة عقود تحت إشراف الدولة الجزائرية إستراتيجية تتكون من إنشاء محيط زراعي يعتمد على Atriplex. حيث تصبح دراسة ديناميكيات الغطاء النباتي في هذه المحيطات هدفاً علمياً واجتماعياً واقتصادياً ملحقاً. محيط قطنة الحراير هي واحدة من هذه المزارع الرعوية ، بمنطقة سيدي مخلوف ، التي تم إنشاؤها في عام 2008. للقيام بذلك، يتم استخدام الأدوات المكانية لنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد على مدى 20 عامًا لرسم خريطة لهذه التقنية وتحسينها. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن NDVI max على مستوى ثلاثة جهات (الجهة السفلية والجهة المتوسطة والجهة العلوية) i له ارتباط إيجابي قوي إلى حد ما بمرور الوقت 0.74% و 0.44% و 0.87% على التوالي. تأثير NDVI max عند مستوى الجهة السفلية على PV و LST له أيضًا ارتباطات قوية إلى حد ما 0.97% و 0.93% على التوالي.

الكلمات المفتاحية: السهوب ، نظم المعلومات الجغرافية ، الاستشعار عن بعد ، الديناميات ، المزارع الرعوية

Abstract:

The Algerian steppe is spread over 27 million hectares. The plant formations that constitute it are subject to multiple forms of degradation, mainly due to the action of the climate and to that of anthropogenic growth on this very fragile environment. However, for several decades HCSD under the supervision of the Algerian State has implemented a strategy consisting in the creation of plantation perimeters based on Atriplex. The study of the vegetation dynamics in these perimeters becomes a pressing scientific and socioeconomic objective. One of these pastoral plantations is the Gatnet El haraiar perimeter, Sidi Makhlouf region, which was set up in 2008. To do this, the spatial tools of GIS and remote sensing over a period of 20 years are used to map and enhance this technique. The results obtained show that the NDVI_{max} at the level of three glacis studied G_s, G_m and G_i has a fairly strong positive correlation over time 0.74%, 0.44% and 0.87% respectively. The impact of NDVI_{max} at G_i level on PV and LST also has fairly strong correlations 0.97% and 0.93% respectively.

Keywords: Steppe, GIS, Remote sensing, Dynamics, Pastoral plantation.

Avec l'aide de Dieu tout puissant,
j'ai pu achever ce travail que je dédie :

A ma très chère mère Fatma :

Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A la mémoire de mon Père Abdoukadour. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Ce travail est le fruit, de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. Je dédie cet événement marquant de ma vie à la mémoire de mon père disparu trop tôt. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

A ma très chère sœur Chikha, et leur enfant Hiba et Amina. Ma chère sœur que m'est la mère et le père, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Mon ange gardien et mon fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse.

A mes chères frères Boumediène, Hamid et Abdelmalek et Ali et Boudaoud et leurs enfants. A tous les membres de ma famille Benmaache et Boudaoud, petits et grands. Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

A mon amis Sara et Soumia celui qui a partagé avec moi son temps et ses efforts pour qu'on puisse mener à bien notre travail.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite

Enfin, A tout le groupe de l'option d'écologie végétale, ainsi qui a toute la promo 2020.

Safa

Remerciements

Notre parcours d'étude ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

Nous remercions avant tout Dieu le tout puissant qui donné assez de force pour achever ce travail et de venir à bout de cette formation.

Nous tiens à exprimer nos reconnaissances à notre directeur de thèse, Professeur Benchattouh A, chargé de cours au département de biologie et agronomie pour avoir accepté de diriger notre travail, ainsi que pour ses précieuses orientations.

Nous remercions aussi chaleureusement les membres du jury de nous faire l'honneur de juger notre modeste travail.

Mes sincères remerciements à tous ceux qui, à un moment ou à un autre, ont prodigués des conseils scientifiques, fourni une aide matérielle ou technique, ou tout simplement humaine.

Nous sincère remerciements à tous les enseignants des départements de Biologie de l'université Ammar Thlidji de Laghouat,

Enfin, que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, rouve ici mes profonds et sincères remerciements.

Safa

Liste des abréviations

Liste des abréviations

Abréviations : Significations

% : Pour cent.

°C : Degré Celsius.

°K : Degré Kelvin.

Ha : Hectare.

M : Mètre.

mm : Millimètre.

NDVI : *Normalised Difference Vegetation Index*.

Landsat : Land satellite.

MNT : Modèle Numérique de Terrain.

PIR : Proche Infra Rouge.

R : Rouge.

SIG : Système d'Information Géographique.

HCDS : le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe.

ONS : Office National des Statistiques.

NASA : National Aeronautics and Space Administration.

USGS : United States Geological Survey.

OII : Operational Land Imager.

TM : Thematic Mapper.

ETM+ : The Enhanced Thematic Mapper Plus.

Envi : (*Environmenat* for Vizualizing Images).

PV : Proportion vegetation

LST : **Land surface temprature.**

LAI : Leaf area index

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Caractéristiques spectrales et spatiales des satellites Landsat 4-5 (TM) et Landsat 8 (OLI et TIRS).	16
Tableau 2 :	Variation des Températures mensuelles (1999 -2019) de la zone d'étude.	23
Tableau 3 :	L'indice de De Martonne.	25
Tableau 4 :	Le climagramme d'Emberger de la zone d'étude.	26
Tableau 5 :	Classes de pentes de la zone d'étude	29
Tableau 6 :	Surface des orientations des reliefs	30

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1 :	L'évolution linéaire d'un couvert végétal.	05
Figure2 :	l'évolution cyclique d'un couvert végétal.	05
Figure3:	Localisation de la zone d'étude.	13
Figure 4 :	Organigramme méthodologique de l'approche de l'étude de la dynamique de végétation.	21
Figure5 :	Répartition mensuelle des précipitations (1999-2019) de la zone d'étude.	23
Figure6 :	les variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent (1999 - 2019).	24
Figure7 :	diagramme ombrothermique de la région de la zone d'étude (1999-2019).	26
Figure 8 :	Carte d'altitude de la zone d'étude.	27
Figure 9 :	Classes de pentes de la zone d'étude.	28
Figure 10:	Carte d'exposition de la zone d'étude.	30
Figure 11 :	Carte de Faciès de la zone d'étude.	32
Figure 12 :	Evolution de NDVI au niveau de trois glaciers en fonction du temps.	34
Figure 13 :	Évolution spatiotemporelle du NDVI max dans la plantation Gatnet Elharaiar (1999 – 2019).	35
Figure 14 :	Evolution du NDVI en fonction des précipitations journalières.	36
Figure 15 :	Relations spatio-temporelles entre PV et NDVI max.	37
Figure 16 :	Relations spatio-temporelles entre LST et NDVI.	38

INTRODUCTION

Introduction

L'Algérie constitue une entité écologique exceptionnelle dans la biosphère (Arfa *et al.*, 2009). Rares sont les autres zones biogéographiques présentant une telle étendue et possédant une telle surface constituée par des écosystèmes de type méditerranéen, steppique et saharien (Benderradji *et al.*, 2006).

L'Algérie est un grand centre de diversité biologique (Mamou *et al.*, 2014), sa position géographique et sa structuration bioclimatique font de ses terroirs un gisement relativement important de ressources génétiques (Allouani, 2011). Cependant, la croissance démographique galopante, la sévérité du climat, la pauvreté des sols et leur dégradation constante ont diminué fortement l'autosuffisance alimentaire entraînant une surexploitation des ressources naturelles et des pratiques culturelles non adaptées telles que, le surpâturage, le défrichement et autres. Le développement socioéconomique n'a pas toujours tenu compte de l'impact sur l'environnement (Tedjari, 2018).

La steppe algérienne, qui représente un milieu de richesse naturelle très importante, subie depuis quelques décennies une dégradation intense (Abdesselam et Halitim, 2014). A cet effet, l'étude et la valorisation de ses ressources génétiques d'origine végétale s'avère de plus en plus nécessaire, et ceci pour la conservation des écosystèmes et de la diversité biologique (Mekki, 2016).

Le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR, 2011) estime à 50 millions d'hectares des surfaces menacées par la dégradation en Algérie, soit plus de 20% de la superficie totale du pays dont environ 14 millions d'hectares de zones montagnardes dans le Tell oranais, 32 millions d'hectares en zones steppiques et 4 millions d'hectares de forêts soumises aux menaces du changement climatique (Mostephaoui *et al.*, 2013).

Depuis les années soixante-dix, plus de 21000 ha de plantations forestières ont été réalisées à travers sous différentes formes (bande forestière, boisement de masse, boisement pastoral, ceinture verte, fixation de dunes, reboisement, repeuplement et plantation pastorale). Les échecs enregistrés, témoignent de la présence d'un ensemble de facteurs d'ordres multiples qui se conjuguent, à différents niveaux, mettant en péril les reboisements réalisés sur une période de plus de 35 ans (Zair, 2011).

Introduction

Des programmes de lutte sont menés par l'Etat à travers du pays dont le reboisement constitue la principale action. Cependant, le manque d'une évaluation quantitative et qualitative des opérations de reboisement réalisées (Aderghal *et al.*, 2012) a toujours été un problème majeur pour les différents intervenants au niveau de cet espace (Nedjraoui et Bédrani, 2008).

Nombreuses études écologiques et phytogéographiques sont abordées sur les steppes Algériennes entre autres : Djebaili (1984), Bouazza (1995), Halem (1997), Khaldoun (2000), Le Houerou (2001), Aidoud et al. (2006).

Après ces études, aucune approche sur la plantation pastorale au moyen des outils spatiaux n'a été effectuée. Le déterminisme et l'expression de la dynamique de végétation au sein d'une plantation pastorale au moyen des SIG et de la télédétection devenus un atout précieux dans la valorisation de cette technique en terme spatiotemporel. C'est ainsi, que l'objet de cette approche est l'étude phytogéographique d'une plantation pastorale au moyen des outils spatiaux : SIG et télédétection cas de la région de sidi Makhlouf, Laghouat-Algérie. Un intérêt privé avec l'apport de la télédétection dans ce cadre représente une part de l'originalité de cet apport.

Ce travail a été réalisé, dans la région de Sidi Makhlouf, plantation de Gantnet Elharaiar (Willaya de Laghouat). Cette plantation à base de *Atriplex acescence* a été mise en plantation depuis 2008 sur une surface de 7 Km². A cet effet, la couverture cartographique de notre zone d'étude est de l'ordre de 20 ans (1999 – 2020) afin de mieux cerner les différents paramètres pouvant intervenir dans la remontée de couvert végétal en terme spatiotemporel dans ce périmètre steppique.

Dans ce travail, nous projetons l'analyse pour la compréhension de l'évolution du milieu physique ainsi que la conception d'une base de données d'une série d'images satellites intégrées dans un environnement d'analyse spatiale.

Ce travail est structuré en trois chapitres. Le premier est consacré à une synthèse bibliographique exposant un bilan de connaissances sur la dynamique du couvert végétal. Le second chapitre, expose matériel utilisé et les méthodes adoptées dans notre étude. Dans le troisième chapitre, nous discuterons d'une manière synthétique l'ensemble des résultats obtenus. Enfin, nous terminerons par une conclusion où seront résumés les résultats de ce travail.

CHAPITRE I :
BILAN DE CONNAISSANCES SUR
LA DYNAMIQUE DU COUVERT
VEGETAL

Chapitre I : BILAN DE CONNAISSANCES SUR LA DYNAMIQUE DU COUVERT VEGETAL

1.1 Introduction

La steppe algérienne constitue un vaste domaine qui s'étend entre l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud, s'étendant sur une bande d'une longueur d'environ 1000 km de la frontière tunisienne à la frontière marocaine, et sur une largeur irrégulière allant de 300 km à l'ouest et 150 km à l'est. Son altitude varie entre 400 et 1200 m, couvrant une superficie globale de 36 millions d'hectares dont 20 millions de parcours à vocation essentiellement pastorale (Yabrir, 2014).

Selon ONS (2006), ces zones approvisionnent environ 37% de la population nationale (Souidi *et al.*, 2014). Elles se caractérisent par une forte contrainte édapho-climatique (pluies rares et irrégulières ; engendrant une isohyète variant de 100 à 400 mm, un vent violents et parfois chauds sur des sols vulnérables, minces et pauvres en matières organiques) (Khaldi, 2014).

La végétation, qui subit un processus de contraction, est caractérisée par l'importance des espèces vivaces, ligneuses et graminéennes qui couvrent 10 à 80 % du sol et dont le développement est variable, en fonction des pluies (Houamel, 2018). L'activité de l'élevage occupe une place assez importante dans la vie socio-économique dans le milieu steppique. Le cheptel, essentiellement ovin, qui y vit, représente environ 70 % de l'effectif total du pays, soit 14 millions de têtes sur 20 millions en 2010 (Bousnina, 2016). Les communautés tribales exploitent les espaces de parcours qui sont propriétés commune sur la base d'un droit de jouissance coutumier. Les terres cultivées qui représentent une faible fraction de l'espace steppique sont appropriées à titre individuel selon les règles de la communauté tribale (Khaldi, 2014).

La steppe Algérienne, comme d'autres régions arides du bassin méditerranéen, se caractérise par un déséquilibre écologique profond, qui conduit inexorablement, à une fragilisation de plus en plus accentuée des écosystèmes pastoraux, et à une réduction, souvent irréversible de leur productivité (Benmahmoud-Khattabi, 2017). En effet, l'écosystème steppique est la proie de processus de désertification. Les formations éoliennes et dunaires qui envahissent l'ensemble du territoire steppique témoignent de

l'ampleur du phénomène (Salemkour *et al.*, 2013).

Dans ce chapitre nous allons exposer à travers une recherche bibliographique les différentes pressions exercées sur les écosystèmes, évaluer les impacts socio-environnementaux de la désertification et analyser les différents programmes de lutte contre la désertification adoptés par l'Etat algérien sur les régions steppiques.

1.2 Le couvert végétal

La végétation est une très grande étendue continentale recouvrant le sol de manière permanente ou temporaire (Bélaïr, 2005). Il est le premier maillon de la chaîne alimentaire y représentant l'élément fondamental des écosystèmes terrestres (Aissat, 2018).

Les végétaux régulent les échanges d'énergie et de matière à l'interface sol-végétation-atmosphère. Ils puisent l'eau du sol et les éléments minéraux nécessaires à leur développement et leur croissance en produisant l'oxygène, via le processus de photosynthèse, indispensable à la vie sur terre (Hadid et Sellakh, 2017).

Le paysage végétal n'est pas stable. Son évolution dynamique est liée à l'influence de facteurs externes, mais aussi aux potentialités intrinsèques des groupements végétaux. Il évolue ainsi vers un état d'équilibre avec le milieu, appelé climax. Cette notion dynamique a trouvé son aboutissement avec les travaux de Gaussen sur les Pyrénées, puis ceux d'Ozenda. Elle a été, depuis lors, reprise par de nombreux auteurs (Boudjema, 2017). L'expression «changements globaux» désigne l'ensemble des évolutions qui s'observent à l'échelle de la planète entière. Dans le contexte actuel, le terme fait plus spécifiquement référence aux effets de l'activité humaine sur l'environnement et de ce fait, les changements globaux désignent de nos jours des évolutions tant sociétales qu'environnementales (Longaretti, 2013).

1.3 Ladynamique du couvert végétal

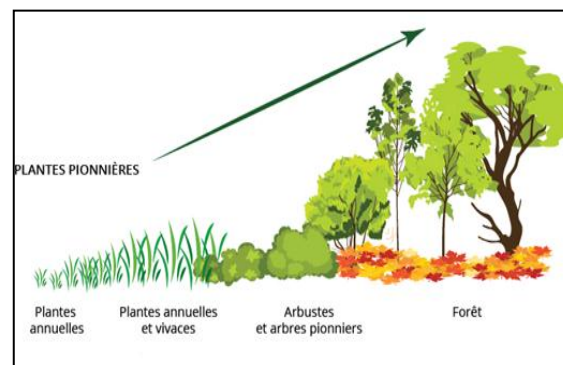
On entend par « dynamisme de la végétation » les modifications et les transformations survenues ou pouvant encore se manifester au sens de la végétation, transformations soit naturelles, soit dues à l'homme, tant dans le sens progressif (évolution) que dans les sens régressif (dégradations) (Hadid et Sellakh, 2017).

La dynamique de la végétation est l'étude de la succession du couvert végétal au fil du temps. Une compréhension de la succession est nécessaire pour comprendre la protection des ressources (Hotyat, 2012).

1.3.1 L'évolution du couvert végétal

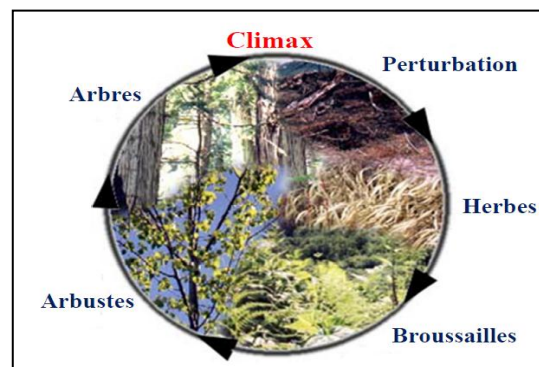
Evolution Lorsque les facteurs de dégradation n'existent plus, la végétation évolue progressivement pour revenir à l'état initiale avant la dégradation, ou ce qu'on appelle la résilience d'un écosystème (Boudjema, 2017).

Cette évolution de la végétation est aussi appelée dynamique progressive. Cette évolution s'exprime en deux types ; une évolution linéaire et celle cyclique. L'évolution linéaire c'est l'ensemble des processus pilotant l'évolution de la végétation à partir des espaces dégradées alors que l'évolution cyclique c'est l'ensemble des processus dynamiques permettant à la végétation de revenir à sa phase de maturité (climax) (Bastin et Allegrini, 2011).



Source : <https://permaci.fr> (2017)

Figure 1 : L'évolution linéaire d'un couvert végétal.



Source : www.doc-developpement-durable.org.

Figure2 : L'évolution cyclique d'un couvert végétal.

1.3.2 Les causes de la dégradation du couvert végétal

Actuellement la steppe algérienne est dans un état très inquiétant. L'importance et l'accélération de sa dégradation ont été démontrées par de nombreuses études entre autres : Le Houérou (1995) ; Aidoud (1996); Nedjraoui (2004) ; Bencherif (2011). En effet, des zones de parcours se sont transformées en terrains nus, qui dans beaucoup de cas, sous l'action de l'érosion éolienne et hydrique perdent la potentialité végétative des couches superficielles du sol en atteignant à un espace à potentiel biologique quasi nul (Anteur, 2019).

1.4 Les factures de dégradation

Les causes de la dégradation d'un couvert végétal dans les régions steppiques sont multiples et peuvent être classées en trois catégories à savoir ; naturelles, socio-économiques et réglementaires (Kanoun, 2016).

Les causes naturelles, il s'agit d'une manière générale du climat et principalement la rareté de pluies et une sécheresse prolongée. En ce qui concerne les facteurs socio-économiques, ils relèvent de multiples causes dont les pratiques culturelles inappropriées, le surpâturage, la croissance démographique et à la rareté des ressources endémiques. Ce sont des éléments étroitement liés à tel point qu'il est impossible de les dissocier. Alors que, les causes réglementaires sont liées aux politiques adoptées par les différents gouvernements dans les zones steppiques (Rotillon, 2010).

1.4.1 Les facteurs naturels

1.4.1.1 La sécheresse et les changements climatiques

De nombreuses études ont tenté de démontrer la tendance à l'aridité dans les steppes algériennes : Djellouli (1981); Rognon(1996) ; Tabet Aoul(1998) ; Labani *et al.*(2006). Ces études ont montré que les steppes algériennes sont marquées par une grande variabilité interannuelle des précipitations. En plus, les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante (Hirche *et al.*, 2011).

La sécheresse touche pratiquement tout le pays, il n'est pas le fait exclusif de la steppe (Hadeid, 2008). Selon les études bioclimatiques faites par Pouget (1977) et

Le Houérou (1995), la limite de 200 mm est très marquée par le paysage suivant: diminution du couvert végétal ; augmentation du nombre et de la surface des champs de dunes ; des couvertures sableuses ; apparition des espèces spasmophiles présahariennes et enfin, les steppes à remth deviennent très fréquentes et souvent dominant sur les sols plus ou moins limoneux.

Du point de vue agronomique, ces modifications ont des conséquences très lourdes sur les sols non sableux ; elle se traduit par une chute brutale des potentialités pastorales, les parcours sont composés en grande majorité d'espèces non appréciées et les ressources fourragères sont limitées aux espèces annuelles qui sont elles-mêmes totalement dépendantes des précipitations. Seules les zones sableuses présentent des ressources fourragères suffisantes mais particulièrement sensibles au surpâturage (Grandi, 2018).

1.4.1.2 Vulnérabilité des sols steppiques

La plupart des sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulations calcaires réduisant la profondeur de sol utile ; ils sont généralement pauvres en matières organiques et sensibles à la dégradation (Rahmouni, 2010).

Selon Aidoud et Touffet (1996), le taux de matières organiques ne dépassant pas les 3 % dans les sols steppiques. Il suffit d'une simple pluviosité pour que le sol se glace et une pellicule de battance de quelques millimètres d'épaisseur se développe rapidement. Cette pellicule de battance conduit à une diminution des réserves d'eau dans le sol et à l'augmentation du ruissellement.

Le maintien d'un effectif ovin trop élevé sur les meilleurs pâturages et autour des points d'eau provoque le piétinement, la compaction superficielle et le tassement du sol, ce qui accroît très sensiblement le risque d'érosion (Nedjraoui, 2011). Les agressions du milieu humain et de techniques de culture inadéquates les ont appauvris et fragilisés. Les sols deviennent vulnérables à l'érosion éolienne, très importante dans ces régions et à l'érosion hydrique qui est due en grande partie aux pluies torrentielles qui sous forme d'orages violents, désagrègent les sols peu épais, diminuent leur perméabilité et leur fertilité (Stoutah, 2017).

1.4.2 Les facteurs anthropozoïques

1.4.2.1 Le surpâturage

Cherifi et Bouzidi (2008) notent que l'impact du surpâturage sur la végétation est important aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif :

Sur le plan qualitatif, les bonnes espèces appétibles sont consommées avant d'avoir eu le temps de former des repousses pour les saisons à venir et elles disparaissent totalement en laissant la place à des espèces non palatables.

Sur le plan quantitatif, le surpâturage provoque une diminution du couvert végétal pérenne qui voit sa densité diminuée avec le temps.

Selon Nedjaroui (1997), la steppe Algérienne en 1968 était déjà sur pâturée, la charge pastorale réelle était deux fois plus élevée que la charge potentielle. Malgré les sonnettes d'alarmes tirées par les pastoralismes de l'époque, la situation s'est en fait aggravée. Trente ans plus, les parcours ne sont fortement dégradés, la production fourragère a diminué de moitié et l'effectif du cheptel est 10 fois supérieur à ce que peuvent supporter les parcours. Cet état des choses résulte de la demande soutenue et de la croissance de la viande ovine en relation avec celle démographique, par la haute rentabilité de l'élevage en zones steppiques du fait de la gratuité des fourrages (Nedjaroui, 2011). Le maintien d'un cheptel de plus en plus important et le défrichement pour la culture des céréales ont donné lieu à la situation désastreuse que connaît la steppe aujourd'hui (Boucif, 2014).

1.4.2.2 Le défrichement

L'espace forestier est sujet à des agressions par le défrichement pour diverses causes, invasion de secteur urbain pour satisfaire les besoins de la population en logements et infrastructures de base à cause de l'évolution démographique et de l'exode rural vers les zones urbaines. Pour satisfaire leurs besoins et maintenir une activité agricole de subsistance, les populations locales défrichent l'espace forestier privé (Hocine et Zizi, 2018).

1.4.2.3 Les coupes de bois

Abdelguerfi et Ramdane (2003) confirment que l'état actuel de la dégradation des peuplements forestiers en Algérie montre que la végétation ligneuse a été surexploitée, suite à la hausse des prix du bois, les coupes illicites de bois de chauffage, de bois d'œuvre

pour la construction et de bois d'ébénisterie sont en augmentation. Arfa (2008) ajoute que ces coupes touchent les arbres ayant les meilleures caractéristiques phénotypiques et génétiques et éliminent les meilleurs porteurs de graines.

Malgré des efforts et des campagnes de reboisement réalisées annuellement depuis l'indépendance, le taux de boisement en Algérie se situe entre 10 et 12% (Amine, 2016). Le couvert végétal est agressé par les actions négatives de l'homme causées des coupes (Class, 2005).

1.4.2.4 L'incendie

Arfa (2008) note que malgré les capacités de régénération de la forêt, les incendies représentent un véritable fléau auquel très peu d'espèces peuvent résister.

Pour sa part, Meddour (2008) précise que la période coloniale a été fatale, comme on le sait, pour notre patrimoine forestier. En effet, une surface cumulée de 3 506 942 ha a été parcourue par le feu, sur une période de 87 ans (1876-1962), soit une moyenne de 41 258 ha/an.

Selon Khader *et al.* (2009), depuis 1963 à nos jours la forêt algérienne enregistre un chiffre de 1 321 995 ha de superficie incendiée.

1.4.2.5 Le tourisme

Le tourisme et les usages récréatifs qui nécessitent l'aménagement de voies de circulations, de stations... augmentent les risques d'incendies et affectent les zones boisées (Abdelbaki, 2012).

1.4.2.6 La pression anthropique

Aggravée par la croissance démographique, Dès que l'homme sut maîtriser le feu, puis pratiquer l'élevage et l'agriculture, il devient alors sédentaire et commença de modifier la végétation (Saidi, 1984), une forte croissance démographique qui a entraîné une augmentation de la consommation de protéines animales est enregistrée durant la dernière moitié du siècle. La population de la steppe de 925 708 habitants en 1954, est estimée en 2008 à plus de sept millions d'habitants (Benhammana, 2012).

1.5 Lutte contre les phénomènes de dégradation

Sous toutes ses formes est l'axe principal de cet aménagement. Les reboisements doivent dans ce cas viser:

1.5.1 La reconstitution du couvert végétal

L'état alarmant du couvert végétal nécessite un programme de réhabilitation axé sur des opérations de protection et des opérations de réhabilitation. Le reboisement basé sur: les plantations pastorales, les fixations des dunes en amont et les bosquets d'ombrage doit contribuer d'une manière considérable à la réhabilitation des parcours (Amghar, 2012).

Seulement, il faut préciser que l'opération de plantation pastorale constitue l'une des mesures les moins coûteuses et les plus efficaces dans ce cadre.

1.5.2 Lutte contre l'ensablement

Compte tenu de son évolution, ce phénomène risque de mettre en danger plusieurs wilayas. Il risque de causer l'échec pour certains périmètres de mise en valeur qui sont devenus de véritables pièges pour la formation de nouvelles accumulations sableuses. Il tend également à mettre en péril certaines plantations forestières telles que les bandes vertes, ainsi de compromettre les efforts déployés en matière d'infrastructures de base (Zair, 2011).

L'ensablement est devenu donc un véritable fléau qui doit être pris au sérieux. L'organisation spatiale de la dynamique de l'ensablement, ainsi que l'ampleur et les dégâts causés par ce phénomène appellent à raisonner efficacement et imposent une stratégie de lutte basée sur un choix judicieux des opérations à engager dont le reboisement avec toutes ses formes constitue l'une des principales actions (Anteur, 2019).

1.6 Aperçu sur les plantations pastorales

Le développement d'une stratégie d'aménagement d'un parcours donné nécessite une bonne connaissance de l'évolution de sa végétation en termes de recouvrement, de composition floristique, de densité et de production (Halimaet *al.*, 2006).

La restauration et régénération des parcours dégradés, le HCDS a tenté des essais des

aires protégées dans différentes steppes (Boussaïd *et al.*, 2018).

1.6.1 Généralité sur les plantations pastorales

1.6.2 Qu'est-ce qu'une plantation pastorale?

La plantation pastorale est une technique qui consiste à réhabiliter un parcours dégradé afin d'y favoriser la régénération des couvertures végétale et pédologique (Badji *et al.*, 2013). Elle est la plus indiquée la remontée biologique naturelle dans les régions dégradées et précaires (Rhouma et Souissi, 2004).

Selon Khalid *et al.* (2015), la plantation pastorale d'une steppe dégradée est une technique permet, après un laps de temps plus ou moins long, la reconstitution des caractéristiques majeures (couvert, composition, production) de la végétation préexistante.

L'objectif des plantations pastorales vise, surtout, à développer la production fourragère et la restauration, à l'aide de la plantation pastorale, d'un parcours dégradé nécessite une période de repos variable selon l'état actuel du parcours, les caractéristiques du site, les conditions climatiques qui suivent la protection, et le niveau d'amélioration à atteindre (Deleule, 2016).

1.6.3 Effets de plantation pastorale sur les conditions écologiques

1.6.4 Rôle antiérosif

La plantation pastorale à la lutte contre l'érosion et la conservation du sol par reconstitution de la végétation (Hachmi *et al.* 2015).

1.6.5 Lutte contre la désertification

Les travaux de fixation des dunes sont des réalisations extrêmement délicates, qui nécessitent durant plusieurs années une protection intégrale et constante, la plantation pastorale consiste à interdire pour une durée définie ou indéfinie toute exploitation et toute éradication de végétaux sur une superficie donnée (Benguerai, 2011).

La nécessité dans le contexte mondial actuel de promouvoir la conservation de la biodiversité et le développement durable des écosystèmes sont autant d'éléments qui justifient l'étude entreprise (Froger, 2006).

A partir des actions de lutte contre la désertification ont été mis en place par l'administration des forêts et le haut-commissariat au développement de la steppe .en effet, des milliers d'hectares des espaces steppiques ont été soustraits à l'exploitation agropastorale en vue de restauration ou de protection mise en défens. Le semis en mélange de ces deux espèces locales sur des parcours dégradés garantira une certaine production pastorale (Meterfi *et al.*, 2011). Il améliorera aussi le couvert végétale dans ces régions désertiques, en assurant la fixation du sable mobile et par conséquent la lutte contre la désertification (Tebache *et al.*, 2013).

1.6.6 Effets de la plantation pastorale sur la végétation

1.6.7 Effet sur la densité des espèces végétales

L'effet de la plantation pastorale sur la densité des espèces végétales paraît moins évident. En effet, la densité dépend de la pression du pâturage, de l'historique d'utilisation, des espèces et des conditions édapho-climatiques (Moulay, 2013).

1.6.8 Effet sur le recouvrement

L'effet de la plantation pastorale sur le 'croissement du recouvrement de la végétation a été remarqué par la plupart des auteurs.

L'utilisation de plantation pastorale, s'avère globalement bénéfique pour le taux de recouvrement et de diversité spécifique dans ces milieux hostiles (Amghar, 2012). D'ailleurs, cette technique a permis, pendant une année, une nette amélioration des paramètres édaphique ; L'impact des plantations pastorales sur la végétation a été marqué par une amélioration des recouvrements basal et aérien qui ont augmenté (Terres, 2008).

1.7 Conclusion

En Algérie, les actions anthropiques inappropriées (labour illicite, défrichement ...etc.) et le surpâturage restent toujours les facteurs majeurs amenant à la dégradation du couvert végétal en milieu steppique. La conservation de ce dernier est essentielle pour assurer la pérennité d'un patrimoine génétique en espèces et sous espèces essentielles pour l'avenir. A cet effet, l'Etat a mis en place une stratégie consistant en la création des périmètres de plantations fourragères à base d'Atriplex.

CHAPITRE II :
MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1 Introduction

Les recherches scientifiques utilisent des approches essentiellement descriptives. Les renseignements fournis par le travail de terrain sont qualitativement exacts, mais quantitativement insuffisants en ce qui concerne les limites et la physionomie. Ils sont alors complétés à l'aide d'un ensemble de techniques, connues sous le nom de télédétection (*remote sensing*), qui consiste dans l'interprétation de photographies aériennes prises par avion ou par satellite (Belkoussa, 2017). Dans ce chapitre, nous essayerons d'expliquer la démarche générale suivie, ainsi que le matériel utilisé pour une approche phytogéographique au moyen des outils spatiaux d'une plantation pastorale.

2.2 Présentation de la région d'étude

Notre étude est réalisée dans le périmètre « Gatnet Elharair » de la plantation pastorale à base de *Atriplex canescens* situé au nord du chef-lieu de la commune de Sidi Makhlouf, wilaya de Laghouat (Algérie) (HCDS, 2008).

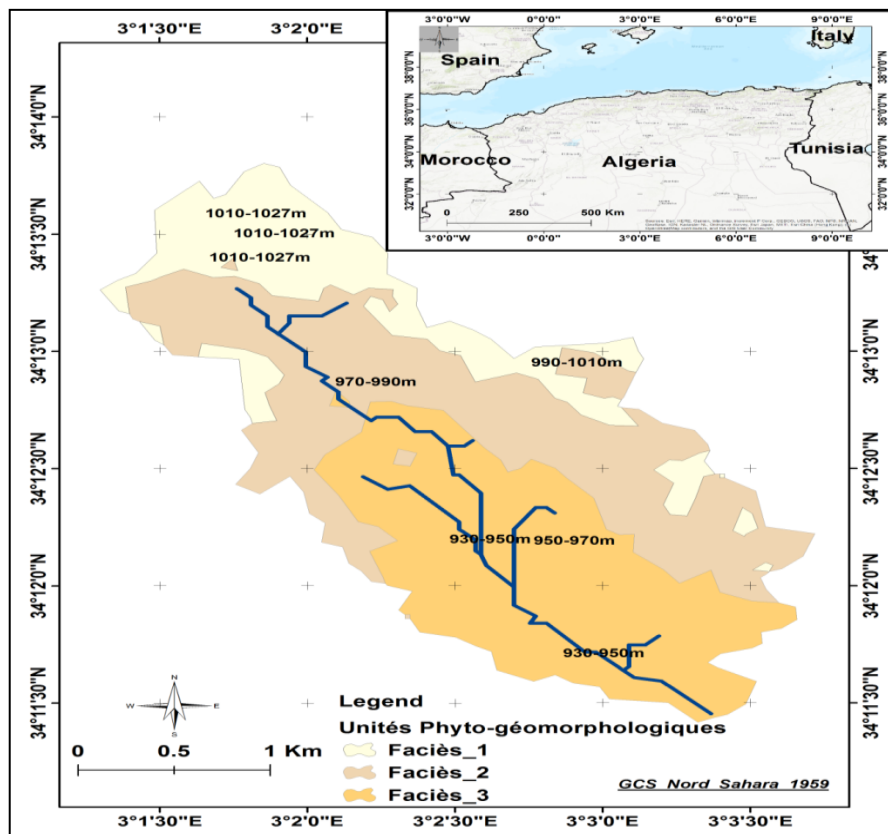


Figure 3: Localisation de la zone d'étude.

Il est situé entre la longitude 3° 00' 63" et 3°05'73" E et la latitude 34° 19' 25" et 34° 23' 87" N. Il occupe une superficie totale d'environ 7 Km². Son altitude varie de 1056 m à 939 m, enregistrant une altitude moyenne de l'ordre de 997 m. Ce périmètre est l'un de 493 unités de plantation pastorale créées sur l'ensemble du territoire steppique algérien. Leur utilisation depuis 1995 est encouragée par l'Etat, dans le but de maintenir la fertilité des sols, de renforcer leur teneur en matières organiques et de lutter contre l'érosion éolienne.

2.3 Collection des données

Les données utilisées pour cette étude sont ainsi :

Données climatiques disponibles sur le site web: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> pour les analyses climatiques (Température, précipitations, vent) de notre zone d'intérêt ont été fournies. On note que ces données d'une période de 20 ans (1999 – 2020). Ce site a été utilisé par d'autres auteurs entre autres Okalet *al.* (2020); Linker (2020) et Habib *et al.*, (2020).

Les images satellitaires utilisées au cours de cette étude ont été téléchargées gratuitement à partir du site web: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Image satellite a été utilisée De Landsat_8 OLI/TIRS (Operational Land Imager) (Thermal Infra red Sensor) (2013 à 2020) et Landsat_5 (*Enhanced Thematic Mapper Plus* : ETM) (1999 à 2011) de Path_196/Row_036 a été choisi.

2.4 Outils spatiaux utilisés

La télédétection est la technique qui par l'acquisition d'images (Tonye *et al.*, 2000), permet d'obtenir de l'information sur la surface de la terre sans contact direct avec celle-ci (Habba *et al.*, 2019). La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information (Tourta *et al.*, 2015), les données de télédétection sont devenues largement utilisées pour des applications civiles. La gamme des applications de télédétection comprend l'archéologie, l'agriculture, la cartographie, génie civil, la météorologie et de la climatologie, des études côtières, la foresterie, la géologie, les systèmes d'information géographique, les risques, l'utilisation des terres et du couvert végétal, les catastrophes naturelles, l'océanographie et les

ressources en eau (Brunier, 2015). D'un point de vue application, et surtout pour l'observation de la Terre (ElHadraoui, 2013).

La télédétection est un outil de collecte des données raster ou des images. Les images de télédétection représentent un enregistrement objectif du spectre qui concerne les propriétés physiques et la composition chimique des matériaux de la surface de la Terre (Medjadj, 2009). Le traitement d'image devient ainsi un outil indispensable pour l'extraction des informations thématiques et/ou quantitatives de l'image (Khedam, 2008), Pour une analyse plus complète, les images doivent être analysées en conjonction avec d'autres données complémentaires, telles que les thématiques existants : Les cartes de la topographie, la géomorphologie, la géologie et l'utilisation des terres, ou avec géochimiques et géophysiques, données d'enquête ou de données «réalité de terrain», logistiques et des outils d'information, là où un système d'information géographique (SIG) entre en jeu. Les SIG contient des outils très sophistiqués pour la gestion, l'affichage et l'analyse de tous les types d'information à référence spatiale (Belkalem, 2017), dépourvues de systèmes d'observation, et à des pas de temps acceptables pour des études dynamiques et sur des périodes continues. La connaissance de ces phénomènes est indispensable pour de multiples applications (Toumi, 2013).

2.5 Les satellites

Jusqu'à ce jour les images satellites utilisées dans les études à l'échelle d'un massif végétale, proviennent presque exclusivement des satellites SPOT et LANDSAT. Ces capteurs fonctionnent dans les domaines (visible-infrarouge ou domaine optique, avec des récepteurs sensibles aux rayonnements électromagnétique de longueurs d'onde allant de 0,4 à 2,4 microns. Leurs images sont qualifiées de haut (10-30 m) ou de moyenne (80 m) résolution spatiale (Ouled Sghaier, 2017). La trajectoire effectuée par un satellite autour de la Terre est appelée orbite. L'orbite d'un satellite est choisie en fonction de la capacité des capteurs qu'il transporte et des objectifs de sa mission. Le choix d'une orbite est déterminé par l'altitude (la hauteur du satellite au-dessus de la surface de la Terre), l'orientation et la rotation du satellite par rapport à la Terre (Bahadj et Bellaoui, 2015).

2.5 Images satellites utilisées

Nous avons utilisé une série d'images issue de deux générations du satellite landsat: Landsat 4-5 *Thematic Mapper (TM)* et celles de Landsat 8 *Operational Land Imager (OLI)* et *Thermal InfraredSensor (TIRS)*. Les caractéristiques spectrales et spatiales de ces séries d'images figurent dans le tableau1.

Tableau 1 : Caractéristiques spectrales et spatiales des satellites Landsat 4-5 (TM) et Landsat 8 (OLI et TIRS).

	Landsat 4 et 5	Landsat 8 OLI et TIRS
Pays	USA	USA
Date de lancement	1984	2013
Altitude	705 Km	705 Km
Capteur	TM	OLI et TIRS
Type	radiomètre à balayage	radiomètre à balayage
Bandes spectrales		1 (CA) [0,43 - 0,45 μm]
		2 (B) [0,45 - 0,51 μm]
	1 (B) [0,45 - 0,52 μm]	3 (V) [0,53 - 0,59 μm]
	2 (V) [0,52 - 0,60 μm]	4 (R) [0,64 - 0,67 μm]
	3 (R) [0,63 - 0,69 μm]	5 (IR) [0,85 - 0,88 μm]
	4 (IR) [0,76 - 0,90 μm]	6 (SWIR1) [1,57 - 1,65 μm]
	5 (IRM) [1,55 - 1,75 μm]	7 (SWIR2) [2,11 - 2,29 μm]
	6 (IRT) [10,4 - 12,5 μm]	8 (Pan) [0,50 - 0,68 μm]
	7 (IRM) [2,08 - 2,35 μm]	9 (Cirrus) [1,36 - 1,38 μm]
		10 (IRT1) [10,60 - 11,19 μm]
		11 (IRT2) [11,50 - 12,51 μm]
Résolution spatiale (dimension des pixels)	30 m Bande 6 : 120 m	30 m Bande 8 : 15 m Bande 10 et 11 : 100 m
Dimension d'une scène	185 x 172 Km	185 x 172 Km
Stéréoscopie	Non	Non
Fréquence de passage	16 jours	16 jours
Vocation	Végétation et occupation du sol	Végétation et occupation du sol
Particularité	Grande variété spectrale	Grande variété spectrale

2.6 Les logiciels utilisés

2.6.1 ENVI-1.5

ENVI (*Environmenat for Vizualizing Images*) est un logiciel de traitement d'image développé par la société ESRI (*Environmental Systems Researchinstitute, Inc*) (Yépezfigueroa, 2018).C'est un logiciel haut de gamme qui permet de lire, de visualiser et d'analyser des images numériques et en particulier issues de la télédétection (Guessar, 2017). Le format utilisé par ENVI est un format raster brut associé à un fichier entête ASCII (texte) (Marchane, 2011).Le fichier entête (*header*) contient toutes les informations utiles au logiciel pour lire le fichier. Son avantage principal qu'il permet de lire des

données hyper spectrales de plusieurs images pour gérer et analyser des fichiers multi dates.

2.6.2 MapInfo-8.0

C'est un outil de type Système d'Information Géographique (SIG) qui sert à créer, traiter et cartographier l'information géographique, Il structure les informations en tables et il gère les cartes raster et vecteur. Les logiciels MapInfo et le Vertical Mapper (VM) ont servi à effectuer les différentes étapes d'élaboration du système d'information géographique (SIG) suivent le système de projection *Universal Transverse Mercator* (UTM) (Koudded, 2013).Le choix de ces logiciels se justifie par la capacité de leur mémoire de gestion des fichiers et l'échange de format des différents fichiers entre les logiciels utilisés.

2.6.3 ArcGIS-10.2

Arc Gis Un logiciel SIG contient de nombreuses nouvelles fonctions et de nombreux outils utilisé pour les traitements sur les données raster et vectorielles, l'un des aspects les plus importants est l'établissement des cartes du milieu physique de et les dérivés du modèle numérique de terrain de la zone d'étude, Arc gis est un logiciel conçu pour gérer, visualiser, cartographier, interroger et analyser toutes les données disposant d'une composante spatiale. Se décline en trois licences aux fonctionnalités et prix croissants : l'Arc Map, l'Arc Catlog et l'Arc Toolbox (Koussa, 2017).

2.6.4 Le Modèle Numérique du terrain (MNT)

Modèle numérique du terrain MNT ou (DEM) De nos jours, on ne peut parler de caractérisation morphologique d'une région donnée sans faire intervenir la notion de modèles numériques du terrain. Un modèle numérique de terrain est une représentation numérique d'une région donnée par un champ d'altitudes. Sa qualité va dépendre du nombre de points de saisie, de leur distribution spatiale, de la continuité spatiale du phénomène dans la zone à traiter et du Mode d'interpolation des points(El-Hmaidi,2016).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.

2.6.5 Google Earth pro 18m

Google Earth pro est un site web de cartographie qui offre une représentation visuelle précise de la surface de la terre entière en utilisant les images satellites, photographies aériennes, et des données SIG. Il est disponible sur le Web en une version gratuite et une autre payante avec des fonctionnalités améliorées (Denis, 2020).

2.7 Indices utilisés dans la détection de la dynamique de végétation

En Télédétection, les indices de végétation font partie des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multi spectrales (Mas, 2000). Ils consistent à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement. 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.) (Boucekara et Darabid, 2013).

Les indices sont calculés à partir d'une combinaison simple ou complexe de bandes spectrales (Inglada, 2016). L'objectif est d'accorder une valeur quantitative aux résultats et de pouvoir traduire les évolutions de la végétation en termes de variables biophysiques (Chion, 2005). Le principal indice utilisé dans l'analyse des images satellites multi spectrales est l'indice de végétation normalisé (NDVI) qui va traduire la densité du feuillage et la proportion de sol effectivement couverte par la végétation (Benguerai, 2011).

2.7.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

L'indice de végétation par différence normalisé ou indice de Tucker (*NDVI* en anglais (*Normalized Difference Végétation Index*) (Rouse *et al.*, 1974), le plus connu et le plus utilisé. Son expression est la suivante :

$$\text{NDVI} = (\text{PIR}-\text{R}) / (\text{PIR}+\text{R})$$

L'indice de végétation par différence normalisée, est un indicateur de la vigueur et de l'activité de la végétation (Meneses-Tovar, 2011).

Le NDVI, est un indice de végétation qui estime la densité foliaire. Il est largement utilisé dans l'analyse de la végétation en raison de sa capacité à mettre en évidence des différences dans la couverture végétale qui ne sont pas facilement visibles autrement (Aitouda, 2012).

Le calcul de cet indice est basé sur la propriété de réflectance du couvert végétal dans le spectre visible (*RED*) et dans le proche infrarouge (*NIR*). Il varie entre -1,0 (sol dépourvu de végétation) et +1,0 (une forte activité chlorophyllienne). La normalisation par la somme des deux bandes permet de réduire les effets 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, la 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 (Oucherif, 2017).

Les changements dans le couvert végétal peuvent être déduits du NDVI. Plus la valeur NDVI est élevée plus la végétation est, dense. Selon les lois de croissance des plantes et les caractéristiques de variation du NDVI, le maximum annuel du NDVI reflète le meilleur état de la végétation en un an (Toumi, 2013).

L'utilisation des valeurs maximales du NDVI (NDVI max) permet de conserver la valeur la plus élevée du NDVI pour chaque pixel au cours d'une période donnée et de produire des images qui sont spatialement continues et relativement sans nuages, avec une résolution temporelle suffisante pour évaluer la dynamique de la végétation (Meneses-Tovar, 2011).

Le NDVI max est défini comme le NDVI maximal pour un intervalle de temps. Le NDVI max décadaire, mensuel et annuel peut être un indicateur fiable des variations qui peuvent affecter l'état du couvert végétal. Il permet aussi de montrer la nature des

variations inter- annuelles de la végétation et de déterminer le lien entre ces variations et celles des conditions climatiques et/ou encore celles induites par l'homme (Hountondjiet *al.*, 2004).

2.7.2 La proportion de végétation (PV)

La proportion de végétation est un indice permettant d'estimer la capacité d'une surface à évaporer, qu'elle soit composée de végétation ou non. IL représente ainsi un indicateur pour, par exemple, identifier des situations de stress hydrique (Nutini *et al.*, 2014). L'utilisation de donnée auxiliaires, comme les précipitations, il est possible d'affiner cette information. Il est aussi employé pour estimer l'évapotranspiration réelle des surfaces continentales, Cet indice se calcule avec un autre indice renseignant sur la couverture de la végétation (*Fraction of Végétation Couver*) calculé à partir du NDVI et des mesures de températures de jour et de nuit. Les valeurs de cet indice vont de 0 (surface non évaporant) à 1,26 (surface très évaporant).Le modèle S-SEBI (Roerink *et al.* ,2000) et le coefficient de Priestley –Taylor est employé pour calculer le PV.

Cet indice a été calculé par la formule suivante :

$$PV = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$$

2.7.3 La température de surface du sol (LST)

La température de surface du sol (LST) contrôlée par le bilan énergétique de surface, l'état atmosphérique, les propriétés thermiques de la surface est un paramètre important contrôlant la plupart des processus physico-chimiques et biologique de la terre (Velluet, 2014).

LST est un bon indicateur de la dégradation des sols le changement climatique et peut être utilisé pour la détection de la sécheresse et l'évaluation de l'impact basé sur l'estimation d'indices du stress de la végétation, spécialement conçu pour surveiller la santé, l'humidité et les conditions thermiques de la végétation (Peres et Da Camara, 2004). La réponse en température de surface est fonction de la teneur en eau du sol et du couvert végétal (Akkaka, 2017).

$$LST = (Band10_Sat - tamper / 1 + CN_band10 * (band10_Sat6temper / 14830)) * Ln (LST)$$

Ou : **Band10_Sat-temper** : La température de la luminance spectrale correspondant à la B10

CN : Compte numérique de la B10

LES : L'émissivité de la surface

2.8 Méthodologie de travail

La réussite de toute étude et en particulier celle d'ordre écologique repose sur l'objectivité de la phase expérimentale qui dépend amplement de l'approche méthodologique adoptée, en vue de répondre aux nombreux objectifs de l'étude considérée. Or, le choix de cette dernière s'avère une opération très délicate, notamment en présence d'un arsenal de techniques et de méthodes d'étude et d'analyse de la végétation. Donc, ce n'est pas par liberté de choix, mais c'est par souci de trouver une méthode appropriée, que nous avons opté pour cette méthodologie de travail :

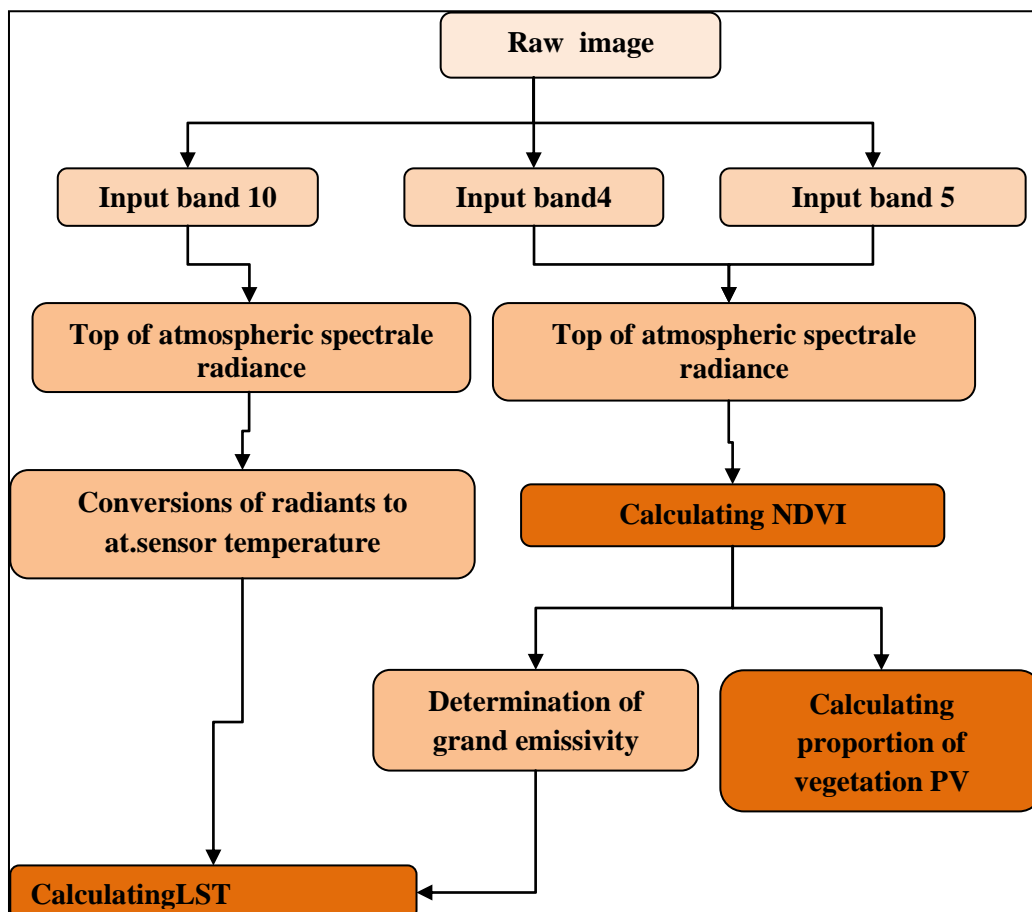


Figure 4 : Organigramme méthodologique de l'approche de l'étude de la dynamique de végétation (Auteur, 2020).

CHAPITRE III :
RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre III : Résultats et discussion

3.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à une description générale du périmètre « Gatnete Elharaiar » de Sidi Makhlouf, afin de donner les indications géographiques et biophysiques, bases indispensables à la future compréhension des mécanismes de l'évolution du couvert végétal. En fait, les pentes, l'exposition du sol, l'altitude, le réseau hydrographique, la lithologie et le climat sont des facteurs interdépendants dans une unité géographique. Ces propriétés biophysiques et géomorphologiques ont une grande importance dans l'explication de la dynamique du couvert végétal.

L'illustration des analyses, au cours de ce chapitre, se résume en trois axes principaux : climat, sol et végétation. L'homme, par le biais de ses activités représentera l'élément coordinateur entre ces axes.

3.2 Analyse climatiques

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, vent, précipitation ...etc.) qui caractérisent l'état de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné. Ces phénomènes sont en interaction d'où leur rôle primordial dans le comportement hydrologique des cours d'eau, l'abondance de la végétation (Paskoff, 2010). Le climat joue un rôle essentiel dans la répartition et le développement des plantes et la nature du sol (Gobatet *al.*, 2010).

3.2.1 La température

Le facteur thermique a une influence capitale sur les comportements des organismes par le contrôle qu'il exerce sur l'ensemble des processus vitaux. La croissance, l'activité végétative et la production sont étroitement dépendantes de la température.

Les espèces végétales sont plus sensibles aux températures minimales de la saison froide et aux températures maximales de la saison chaude et par conséquent à l'amplitude de leurs oscillations (Aliat, 2018).

Tableau 2: Variation des températures mensuelles (1999 -2019) de la zone d'étude

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
T (°C)	12.1	13.5	18.0	22.2	27.0	32.8	37.4	35.8	30.0	24.2	16.7	12.3	23.5
t (°C)	0.8	1.3	4.3	7.5	11.8	16.9	21.2	20.8	16.4	11.6	5.3	1.9	10.0
Moy (°C)	6.4	7.4	11.2	14.9	19.4	24.8	29.3	28.3	23.2	17.9	11.0	7.1	16.8
Apt* (°C)	11.2	12.2	13.8	14.7	15.2	15.9	16.2	15.0	13.6	12.7	11.4	10.4	13.5

Tel que :

T : Température moyenne mensuelle des maxima.

t : Température moyenne mensuelle des minima.

(T+t)/2 : Température moyenne mensuelle des moyennes.

Apt*= T (°C) –t (°C)

L'examen du (tableau 2) déduit que les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées essentiellement durant la période estivale (Mai à Septembre) dont le mois le plus chaud est celui du juillet avec une température maximale de l'ordre de **37.4** °C. Tandis que, les températures les plus basses sont enregistrées pendant la période hivernale (Décembre à Mars) dont le mois le plus froid est celui du Janvier une température minimale de **0.8** °C.

3.2.2 Les précipitations

Les précipitations sont définies comme : « formes variées sous lesquelles l'eau solide ou liquide contenue dans l'atmosphère se dépose à la surface du globe : pluie, brouillard, neige, grêle, rosée » (Sarra et Samira, 2017).

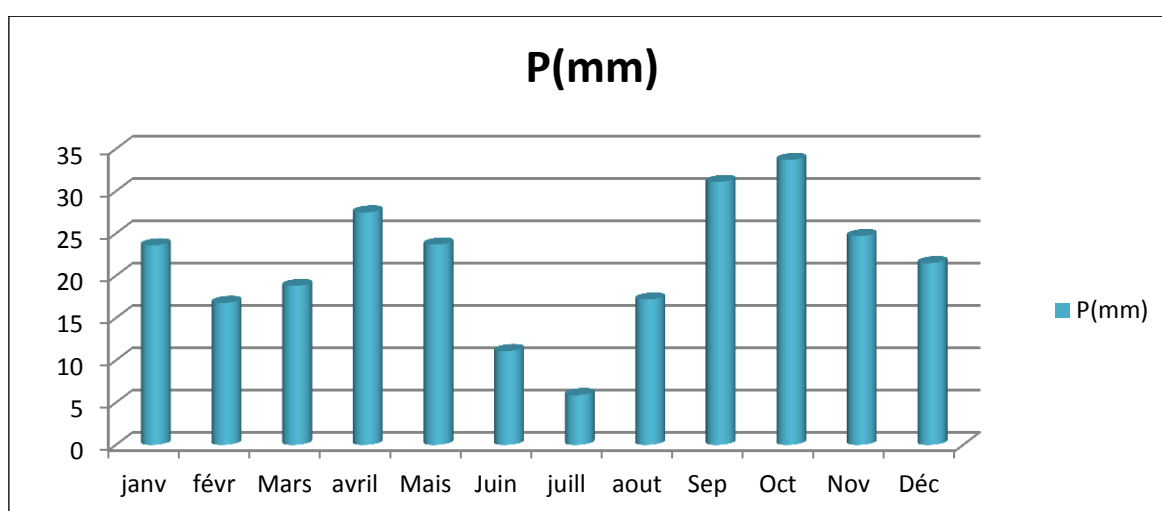


Figure 05 : Répartition mensuelle des précipitations (1999-2019) de la zone d'étude.

Les cumules pluviométrique mensuels de la station de Sidi Makhoulf ont été estimés. D'après (la figure 5), on déduit que le mois d'Octobre est le mois le plus humide avec un cumul pluviométrique mensuel moyen de **33.7 mm**, alors que la valeur minimale du cumul pluviométrique mensuel moyen a été enregistrée à **5.9mm** au cours du mois de Juillet. Le cumul annuel de la pluviométrie sur **20 ans** est de l'ordre de **255.6 mm**. On note que la région d'étude se caractérise par un régime pluviométrique annuel rare et irrégulier.

3.2.3 Le vent

Le vent agit soit directement par une action mécanique sur le sol et les végétaux, soit indirectement en modifiant l'humidité et la température. Généralement l'action du vent est positive sur la végétation, en favorisant sa transpiration et les échanges gazeux. Mais peut devenir nuisibles par son degré de siccité ou sa violence (Hartani, 2019).

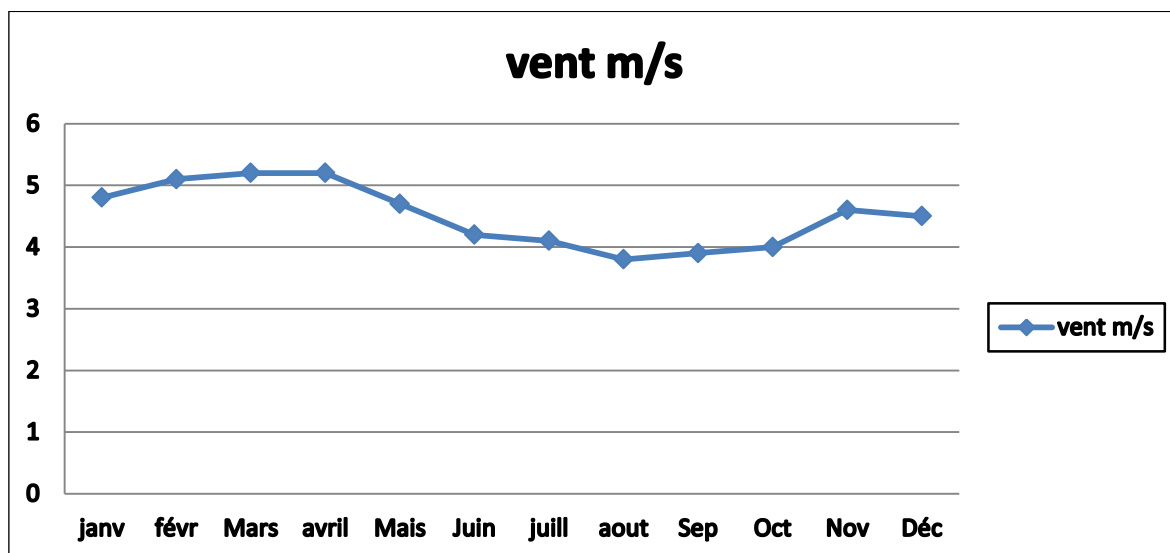


Figure 06. Les variations mensuelles moyennes de la vitesse du vent (1999 -2019).

Dans notre région les mois de Février. Mars et Avril sont caractérisés par un vent fréquent et intense. La vitesse moyenne annuelle est estimée à 4.5m/s.

3.3 Synthèse climatique

3.3.1 L'indice de continentalité

L'indice des écarts thermiques mensuels (T-t) (tableau 2) appelé également l'indice de continentalité permet de préciser l'influence maritime ou au contraire continentale d'une région donnée.

Debrach (1953) définit quatre types de climats (Bouraadaet *al.*, 2016):

- climat insulaire: $M-m < 15^{\circ}\text{C}$.
- climat littoral: $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$.
- climat semi-continentale: $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$.
- climat continental : $M-m > 35^{\circ}\text{C}$.

Ainsi, l'indice de continentalité permet de situer notre zone dans un climat continental.

L'analyse de l'indice des écarts thermiques mensuels (T-t) met en relief des températures assez importantes pendant une période allant de mois du Juillet (37.4°C) à Janvier (0.8°C).

3.3.2 L'indice d'aridité climatique

En se basant sur le régime de précipitations moyennes interannuelles P (mm) et de températures moyennes interannuelles T ($^{\circ}\text{C}$).L'indice d'aridité est calculé par la formule de De Martonne (1942) (Daget, 1977): $I = P / (10+T)$

Grille d'interprétation :

- I < 10 climat très sec.
- I < 20 climat sec.
- 10 < I < 30 climat humide.
- I > 30 climat très humide.

Tableau 03: L'indice de De Martonne.

Paramètres climatiques	P (mm)	T ($^{\circ}\text{C}$)	T+10	I
Sidi Makhloof	255.6	23.5	33.5	7.6

D'après le tableau (03), la zone d'étude est caractérisée par **un climat très sec**.

3.3.3 Le diagramme Ombrothermique

Selon Da Lage et Metaille (2000).le diagramme ombrothermique est une représentation graphique des caractéristiques d'un climat local par la superposition des figures exprimant d'une part.les précipitations et. D'autre part.les températures.

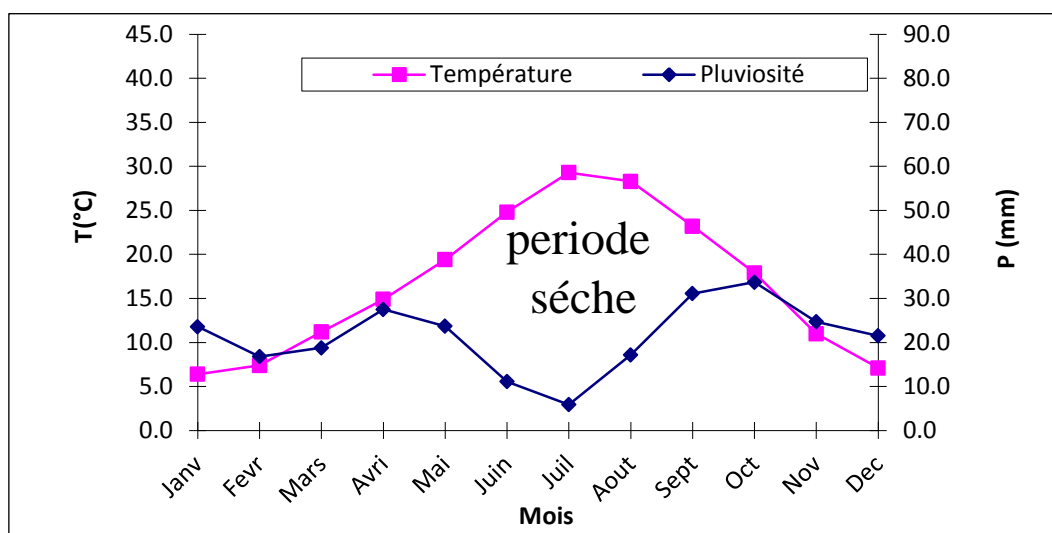


Figure 07 : diagramme ombrothermique de la région de Sidi Makhoulf (1999-2019).

D’après (la figure 07).le diagramme ombrothermiques de la région de Sidi Makhoulf a mis en évidence deux périodes bien distinctes ainsi :

- ✓ La première période est froide et humide. elle s’étale sur trois mois (du Novembre à la fin de Février).
- ✓ Le second est chaud et sec. elle dure huit mois (du Mars à la fin d’Octobre).

3.3.4 Le climagramme d’Emberger

Les travaux d’Emberger (1930. 1936 et 1955) consistent à définir et classer les climats méditerranéens du point de vue biogéographique (étages bioclimatiques) selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Q₂ : Quotient pluviothermique ;

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en degré Kelvin (°C + 273).

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en degré Kelvin (°C + 273).

Tableau 04: Le climagramme d’Emberger de la zone d’étude.

P (mm)	M (°K)	m (°K)	Q ₂	Etage bioclimatique
255.6	302.3	279.4	38.4	aride

Le climagramme d’Emberger classe la station de la zone d’étude dans l’étage bioclimatique aride.

Remarque : le détail de climagramme d’Emberger de la région de sidi Makhoulf entre 1999-2019 est représenté dans l’annexe 1.

3.4 Analyse géomorphologiques

3.4.1 Altitude

L’altitude c’est un paramètre environnemental intéressant pour caractériser une station car elle fait la synthèse de plusieurs phénomènes dont la température, la pluviométrie et l’ensoleillement. Quant aux effets de l’altitude, il faut prendre aussi en considération les effets du versant et certaines situations de confinement qui ont un effet vis-à-vis du vent, du brouillard, mais peuvent aussi se comporter comme des « trous à gelées ». Quand l’altitude augmente, les précipitations augmentent mais les températures diminuent (Seltzer *et al.*, 1946). C’est pourquoi elle constitue un facteur limitant pour le développement et la dynamique de végétation.

A partir du MNT30 de notre zone d’étude, traité par le logiciel ArcGIS10.2 nous avons élaboré une carte d’altitude (Fig08).

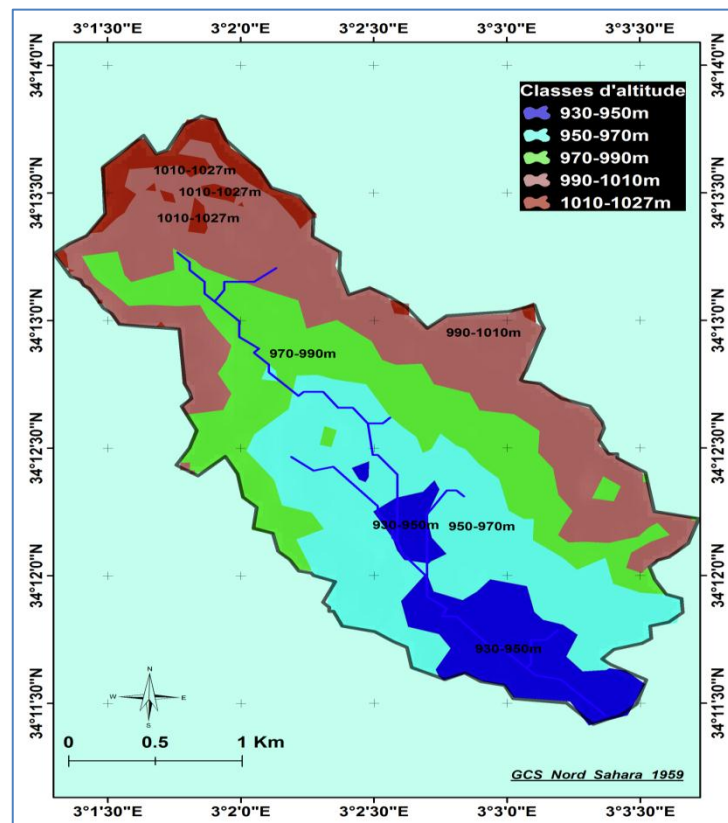


Figure 08 : Carte d’altitude de la zone d’étude.

D'après la figure 08, nous remarquons que les altitudes de la zone d'étude sont comprises entre 930 m et 1027m, avec une altitude moyenne 977m, et une prédominance des deux classes qui viraient entre 950 m et 970 m et entre 990 m et 1010 m.

3.4.2 Les pentes

L'étude des pentes revêt une grande importance en tant qu'élément déterminant l'aspect du relief. Les pentes agissent favorablement sur la dégradation des sols. en effet sur des terrains raides et fragiles les sols soumissent aisément aux différents types de dégradation qu'un terrain à des pentes faibles.

La carte des pentes représentées par la figure 09 est établie à partir du modèle numérique de terrain, les valeurs des pentes sont regroupées en 4 classes ainsi :

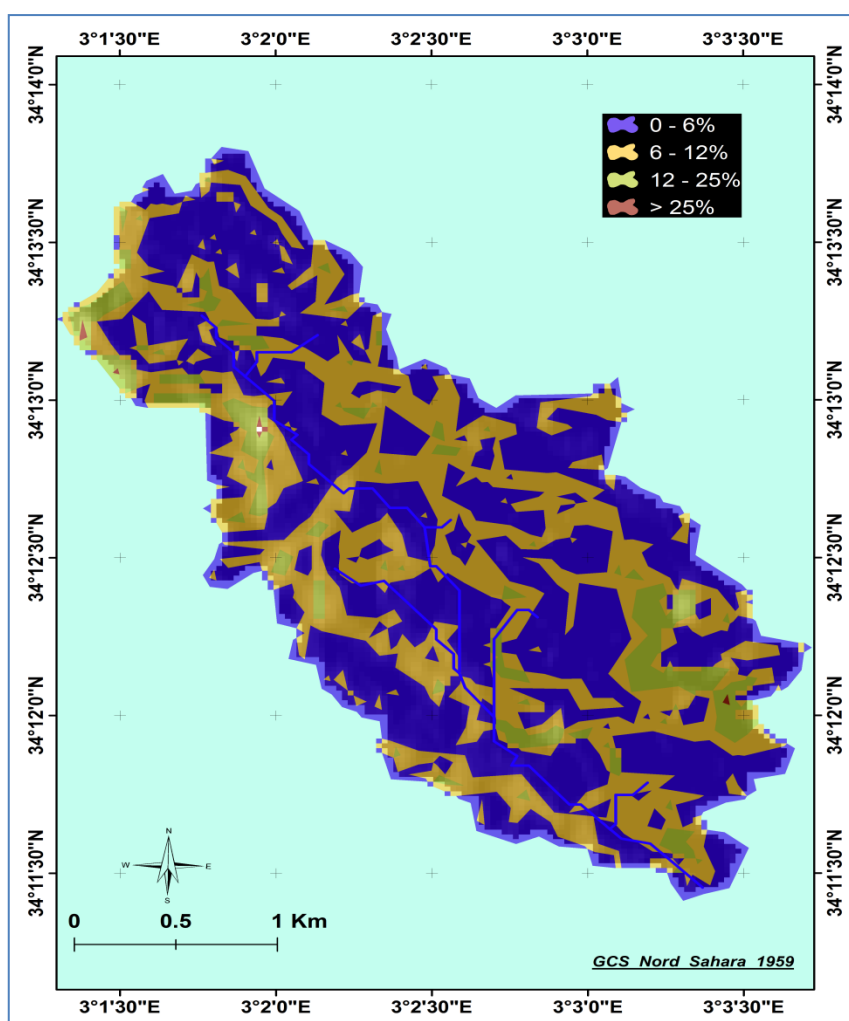


Figure 09 : Classes de pentes de la zone d'étude.

Tableau 05. Classes de pentes de la zone d'étude

Classes de pente	Surface	
	(Ha)	(%)
0 - 6%	391.3	53.8
6 - 12%	280.2	38.5
12 - 25%	55.4	7.6
> 25%	2.3	0.3

D'après le tableau 05, on remarque :

Classe 1 : 0 - 6%

Cette classe caractérise les terrains à pentes très faibles. On la rencontre au niveau du glacis inférieur. Elle occupe la majeure partie de la zone d'étude (53.8%).

Classe 2 : 6 - 12%

Cette classe représente 38.5 % de la superficie totale de la zone d'étude. Elle caractérise les zones à pentes faibles, et assurent la transition entre la plaine et les hautes piémonts.

Classe 3 : 12 -25%

Cette classe représente 7.6 % de la zone d'étude qui est très touchée par le ravinement. Généralement dans ce cas il y a un risque d'érosion important quel que soit le système de mise en culture.

Classe 4 : > 25%

Les pentes > 25% marquées au niveau des zones du haut piémont caractérisant les versants à pentes fortes. Cette classe représente 0.3 % de la superficie totale de la zone d'étude.

3.4.3 Les expositions

L'influence de l'orientation des versants est déterminée par l'intermédiaire des facteurs tels que, la durée d'ensoleillement, l'état hydrique du sol et la direction des vents (notamment ceux qui sont dominants). Ces facteurs climatiques ont une influence directe sur le développement et la croissance des végétaux (Benchettouh. 2019).

La carte d'expositions des reliefs de notre zone d'étude est (figure 10) extraite automatiquement sur la base du modèle numérique de terrain et les valeurs d'expositions sont regroupées en 8 classes (tableau 06) :

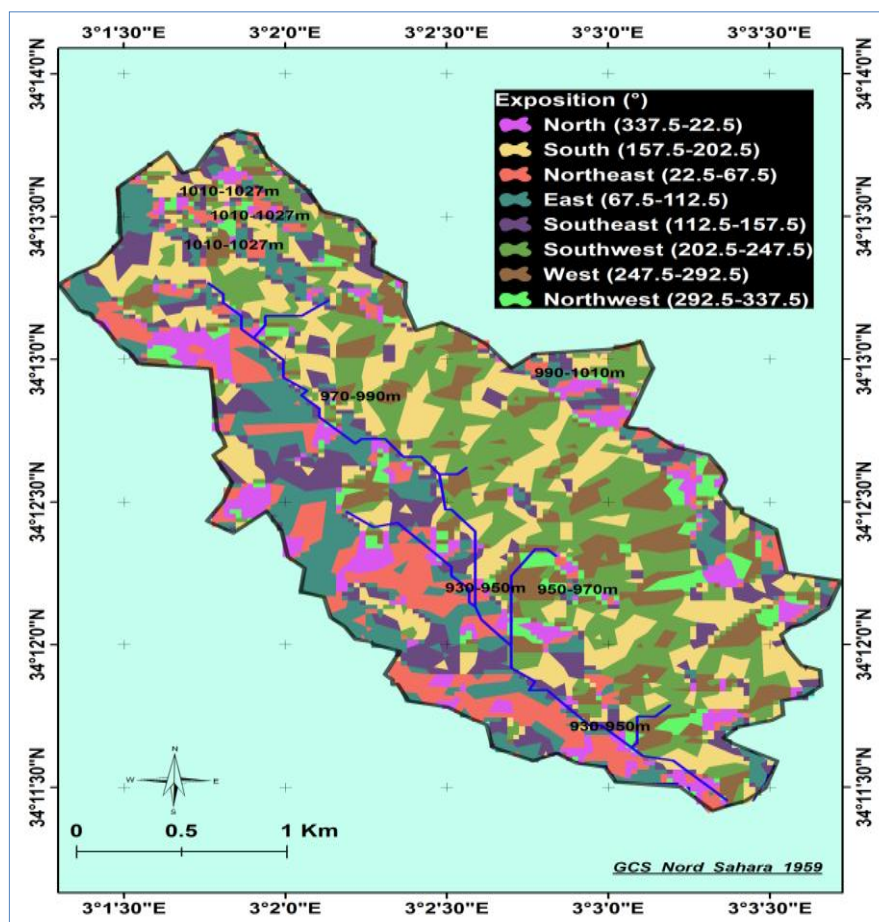


Figure10 : Carte d'exposition de la zone d'étude

Tableau 06 : Surface des orientations des reliefs

Les orientations (°)	Surface (ha)	(%)
East (67.5-112.5)	101.3	13.9
North (337.5-22.5)	51.0	7.0
Northeast (22.5-67.5)	77.8	10.7
Northwest (292.5-337.5)	29.7	4.1
South (157.5-202.5)	143.3	19.7
Southeast (112.5-157.5)	83.5	11.4
Southwest (202.5-247.5)	158.4	21.7
West (247.5-292.5)	84.1	11.5
Total	729.2	100.0

D'après le tableau 06, huit classes d'orientation sont considérées : Nord. Nord-est. Est. Sud-est. Sud. Sud-ouest. Ouest et Nord-ouest. D'après la figure 10 et tableau 06, on remarque que les expositions dominantes sont respectivement le Sud-ouest (21.7%) et le Sud (19.7%).

3.5 Analyse géologique et biophysiques

3.5.1 Géologique

La géologie a une action indirecte sur la répartition et le développement des végétaux, d'une part, elle conditionne la réserve minérale du sol par la nature chimique du substratum géologique (effet sur la lithologie) et d'autre part, elle intervient dans la formation des reliefs (géomorphologie). Cette action devient prépondérante en zone aride du fait du faible recouvrement de la végétation (Kerboua, 2013).

3.5.2 Biophysiques

La végétation présente un intérêt majeur dans l'étude de l'écosystème (Cholet. 2006). Elle est en effet très sensible aux conditions climatiques locales sur le site aux conditions topographiques et hydriques du sol ainsi qu'à l'action de l'homme (Duchaufour *et al.*. 2018). Elle est en quelque sorte le reflet de toutes les conditions qui règnent dans un milieu donné. Son étude approfondie et celle de la variation de sa composition sur le terrain permettent une meilleure compréhension du fonctionnement d'un écosystème.

Dans les zones steppiques, l'aridité du climat ne permet pas le développement d'un couvert végétal capable de protéger la surface du sol (Bouali. 2017). La plus part des espèces, en ce milieu aride, ont acquis des caractéristiques biologiques et morphologiques particulières leurs permettant de surmonter toutes les conditions défavorables du milieu (Bensaïd. 2006). Bien que le faible taux de recouvrement, la végétation steppique constitue une ressource naturelle de grande importance notamment dans la protection du sol contre le phénomène de l'érosion éolienne et dans la structuration des horizons superficiels du sol (Hartani. 2017).

La division de la zone d'étude en unités géomorphologique (faciès ou glacis) (Photo 1) est effectuée en se basant sur l'aspect géomorphologique du terrain et la répartition des espaces et leur dominance et leur nature. Les faciès sont représentés par la figure 11.

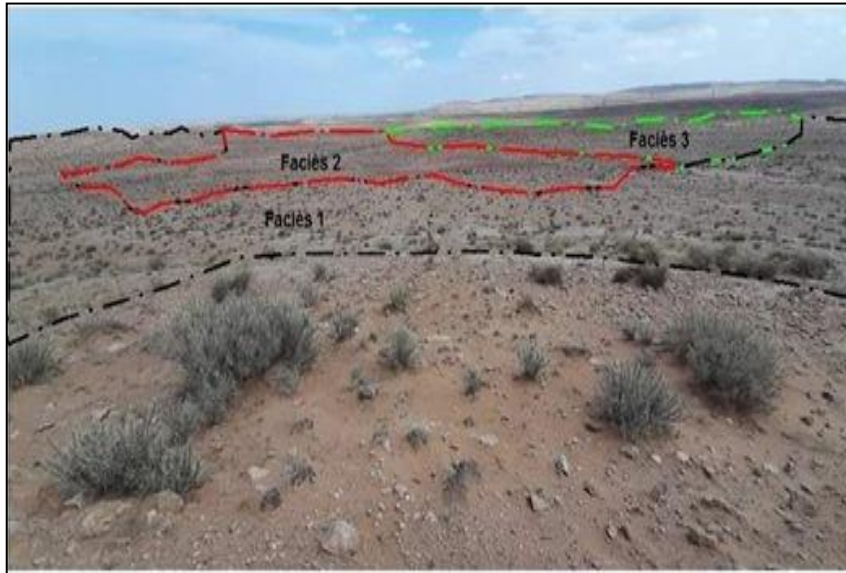


Photo 1 : Les déferent facies de la zone d'étude (auteur 2020).

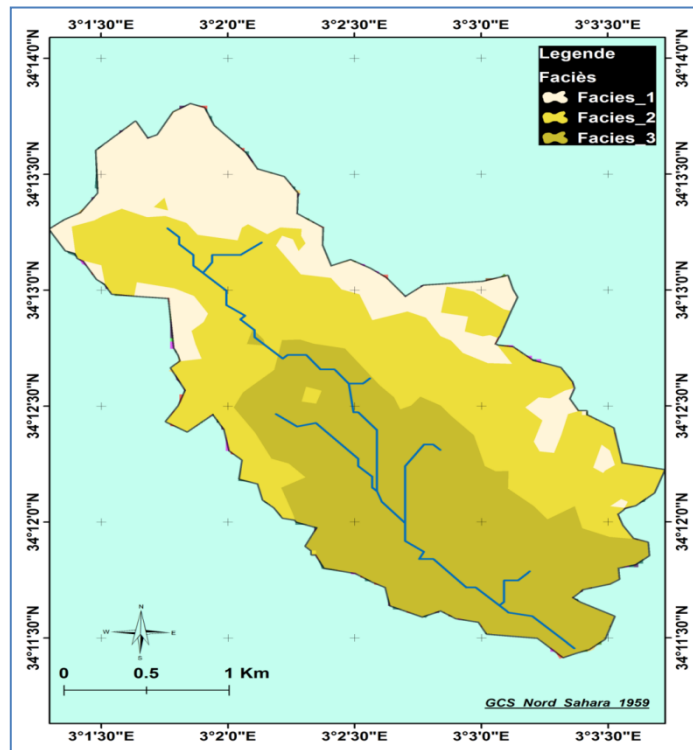


Figure 11 : Carte des facies de la zone d'étude.

La couverture végétale de la zone d'étude est caractérisée par une physionomie divisée en trois glacis qui se caractérisent par différentes formations végétales et lithologique :

Glacis supérieur se dominée par l'Alfa (*Stipa tenacissima*) et quelque plantes épineuses sur un terrain rocheux.

Glacis moyen est dominé par *Artemisia campestris* et *Astragalus agmatise* sur un terrain limoneux d'accumulation dure et une terre bien compactée.

Glacis inférieure est dominé par *Atriplex canescens*, *Astragalus agmatise* et *Ligium spartium* et *Cynodon dactylon* dans les ravins sur un terrain sableux léger et épaisse.

3.6 La dynamique de végétation de la zone d'étude

3.6.1 Évolution de NDVI max

L'objectif de cette étude vise à exposer le traitement d'une série temporelle d'image satellites (1999 au 2020), pour extraire les informations relatives aux changements d'occupation et l'utilisation du sol sur le périmètre de Gatnet Elharair, plantation de Sidi Makhoulouf. Nous nous proposons d'utiliser l'indice de la végétation normalisé NDVI qui est un indicateur couramment utilisé pour la cartographie et le suivi de l'évolution de la végétation. En plus de cet indice nous avons également utilisé d'autres variables qui semblent avoir une relation avec celui-ci dont le PV et LST.

Les changements du couvert végétal peuvent être déduits du NDVI. Plus la valeur NDVI est élevée plus la végétation est dense. Selon les lois de croissance des plantes et les caractéristiques de variation du NDVI, le maximum annuel du NDVI reflète le meilleur état de la végétation en un an (Huang *et al.*, 2001).

Selon Holben (1986), le choix des valeurs maximales du NDVI max permet de conserver la valeur la plus élevée du NDVI pour chaque pixel au cours d'une période donnée et de produire des images qui sont spatialement continues et corrigées, avec une résolution temporelle suffisante pour évaluer la dynamique de la végétation. Cet indice peut être un indicateur fiable des variations qui peuvent affecter l'état du couvert végétal. Il permet aussi de montrer la nature des variations interannuelles de la végétation et de déterminer le lien entre ces variations et celles des conditions climatiques et/ou encore celles induites par l'homme (Toumi, 2013).

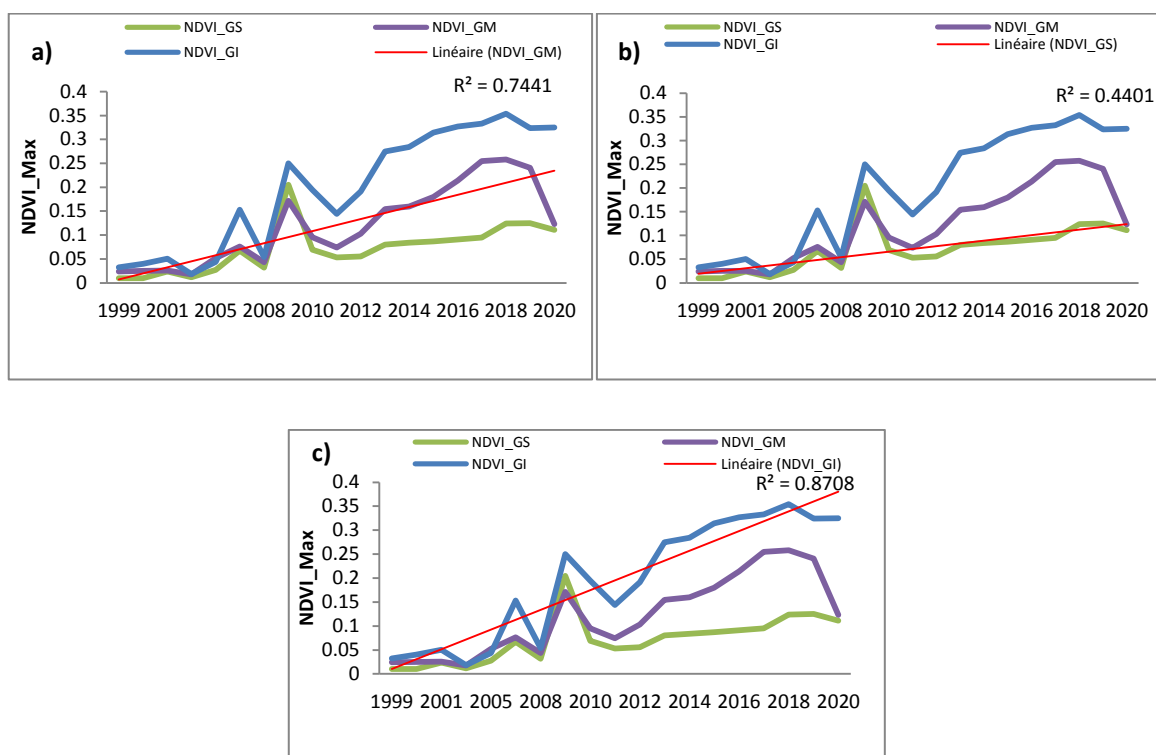


Figure 12 (a. b.c) : Evolution de NDVI au niveau de trois glaciers en fonction du temps.

La figure 12 (a. b. c) montre l'évolution interannuelle du NDVI max au niveau de trois glaciers en fonction du temps. Le couvert végétal dans la plantation de Gatnet Elharair a changé avec une tendance ondulante durant la période 1999 - 2020. Les pics des valeurs NDVI max se manifestent durant les années 2006.2009 et 2019 pour les trois glaciers (Gs. Gm et Gi), tandis que les creux d'onde pourraient être trouvés dans 2008 et 2011. Cette baisse du NDVI max est due à l'effet du pâturage. Le NDVI max en 2019 est le plus haut au cours des derniers 21 ans enregistrant des valeurs de l'ordre 0.324. 0.241 et 0.125 pour les glaciers Gi. Gm et Gs respectivement, indiquant une tendance à l'activité de la végétation.

La figure 12 (a. b. c) illustre également la différence entre les trois NDVI max de trois glaciers au fil du temps. En effet, les différences entre les trois faciès sont toujours positives du glacier inférieur au glacier supérieur. Cette différence est très nette entre le glacier inférieur et celui supérieur de la zone d'étude le long de la période d'étude. Les valeurs maximales sont enregistrées à partir de l'année 2013 avec une valeur du pic positive observée durant l'année 2017 (NDVI max = 0.234). Cette hausse explique que la densité végétale est en relation d'une part, à la mise en protection du périmètre et à la nature lithologique du sol d'autre part. La texture sableuse favorise d'avantage la croissance d'Atriplex et le cortège floristique pastorale qui est en association.

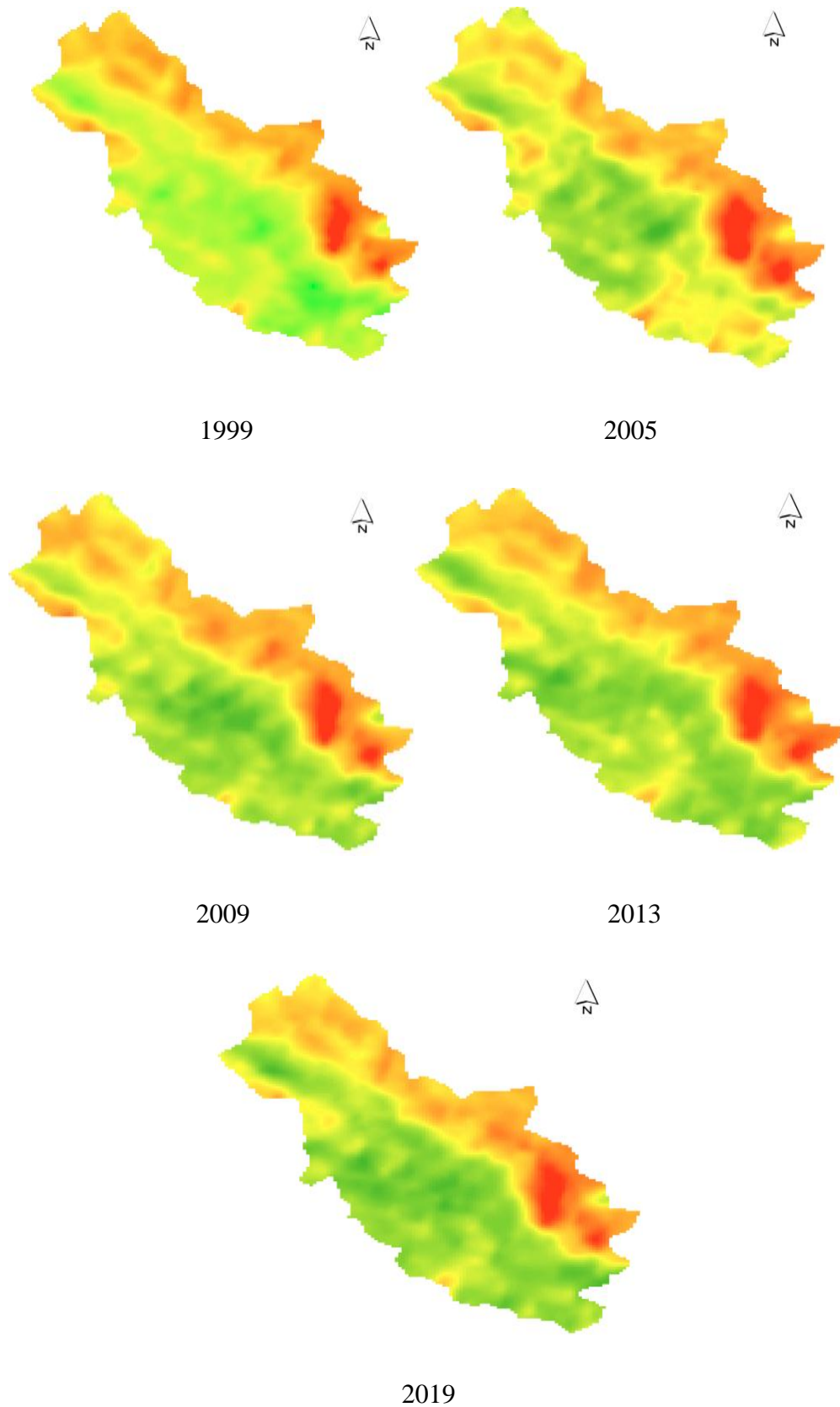


Figure 13. Évolution spatiotemporelle du NDVI max dans la plantation de Gatnet Elharaïar (1999 – 2019)

D'une manière générale l'évolution de NDVI max pour les trois faciès au fil du temps présente une augmentation en termes de surface (Fig. 13). Cette augmentation se traduit par corrélation significative. En effet, l'examen de la figure 12 (a. b. c) montrent que NDVI max au niveau du Gs, Gm et Gi présente une corrélation de l'ordre de 0.74%, 0.44 Et 0.87% respectivement.

3.6.2 Evolution du NDVI max en fonction des précipitations

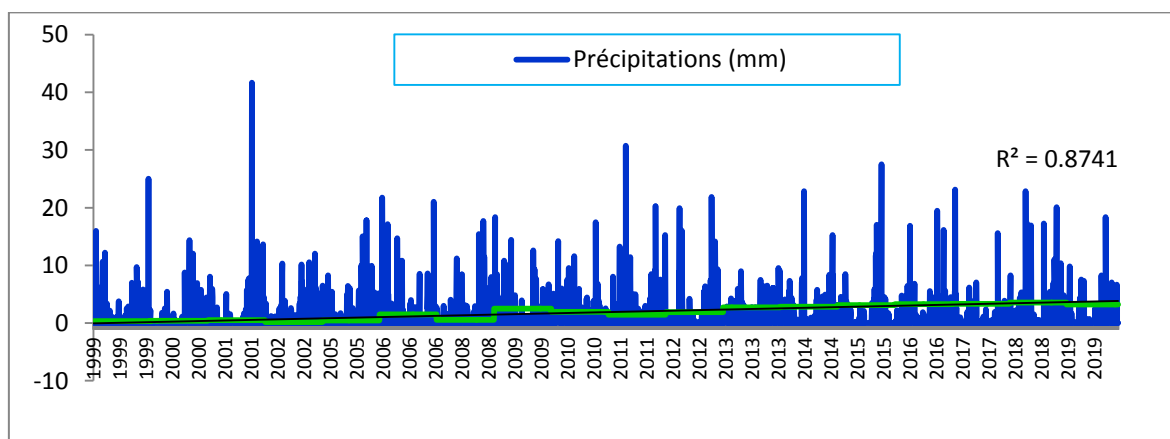


Figure 14. Evolution du NDVI en fonction des précipitations journalières.

D'après la figure 14, on remarque que les valeurs du NDVI max sont en évolution présentant une corrélation assez forte au fil du temps et enregistrant un coefficient de détermination de l'ordre de 0.87%. Cependant, nos résultats ne s'accordent pas ceux trouvés par d'autres travaux effectués dans de grandes zones sahéliennes (Tucker et Nicholson, 1999 ; Milich et Weiss, 2000; Li *et al.*, 2004). Ces études ont démontré une relation étroite entre la pluie et la productivité de la végétation en utilisant le NDVI saisonnier sur une grande surface mais pas à l'échelle interannuelle sur des petites surfaces.

3.6.3 Evolution de PV en fonction du NDVI max

Le développement d'une relation entre l'indice de végétation normalisée (NDVI) et l'indice de surface foliaire (LAI) est essentiel pour décrire le modèle de variation spatiale ou temporelle du LAI qui contrôle les échanges de carbone, d'eau et d'énergie dans de nombreux modèles de processus éco systémiques.

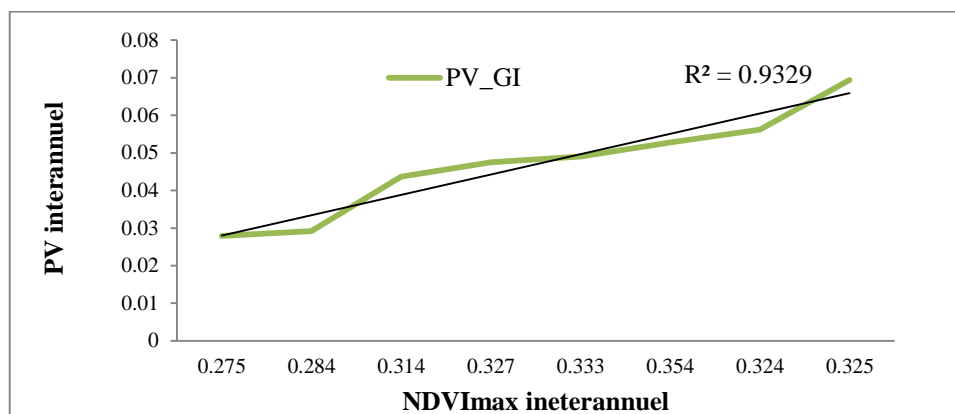


Figure 15 : Relations spatio-temporelles entre PV et NDVI max.

L'indice de surface foliaire (LAI) est largement défini comme la surface foliaire projetée par unité de surface au sol (Guyon *et al.*, 2003) En fait, LAI fournit un indicateur du cycle de croissance de la végétation(Akpo *et al.*,2003)Les résultats rapportés soulignent le rôle clé du comportement de la végétation dans l'évolution dynamique.

La figure 15 met en évidence une relation entre NDVI max du glacis inférieur et PV de la zone d'étude. Le résultat de l'évolution de PV en fonction du NDVI max a révélé une très forte corrélation positive ($R^2 = 0.932$).

Néanmoins, plusieurs auteurs (par exemple Asraret *al.*, 1984; Sellers, 1985; Fassnacht *et al.*, 1997 ;Dubois, 2003 ;El Khadji, 2009 ;Kotchi, 2015) rapportent que la relation entre NDVI et LAI a généralement une relation linéaire.

3.6.4 Evolution de LST en fonction du NDVI max

La température de surface terrestre (LST) est la température radiative de la surface terrestre qui joue un rôle crucial dans la physique de la surface terrestre à travers le processus d'échanges d'énergie et d'eau entre la surface terrestre et l'atmosphère (Zhang *et al.*, 2007;Rozenstein *et al.*, 2014). Le couvert végétal joue un rôle important dans la détermination de la surface du sol, en effet, une corrélation significative mais négative a été trouvée entre les valeurs NDVI et la température de surface du sol (Gebrekidan, 2016).

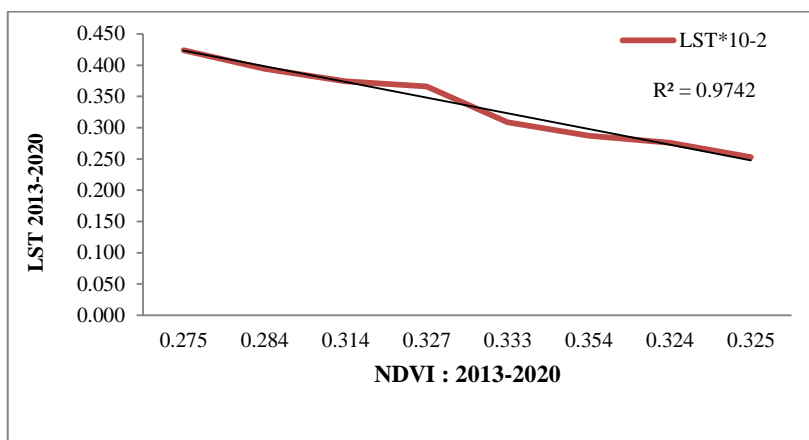


Figure 16: Relations spatio-temporelles entre LST et NDVI.

La figure 16 met en évidence une relation entre NDVI max du glacis inférieur et LST de la zone d'étude. Le résultat de l'évolution de LST en fonction du NDVI max a révélé une très forte corrélation négative ($R^2 = 0.97$). Ce qui explique que le NDVI a un effet de refroidissement sur la surface de la terre.

Des études ont révélé une forte corrélation négative entre le NDVI et le LST (Gurney *et al.* 1983; Goward *et al.*, 1985; Hope *et al.*, 1986; Hope 1988; Goward et Hope 1989; Nemani et Running 1989; Price 1990; Smith et Choudhury 1991 ; Hope et McDowell 1992; Nemani *et al.*, 1993; Prihodko et Goward 1997; Goward *et al.*, 2002), résultant des effets de refroidissement de la transpiration de la canopée. Ces premières études étaient généralement limitées à des zones relativement petites et basées sur un nombre limité d'images (Karnieli *et al.*, 2010). La variabilité spatio-temporelle de la relation LST-NDVI à l'échelle continentale ou mondiale a été étudiée dans plusieurs études (Schultz et Halpert 1995; Lambin et Ehrlich 1996; Churkina et Running 1998; Nemani *et al.*, 2003; Julien *et al.*, 2006; Olthof et Latifovic 2007; Sun et Kafatos 2007; Julien et Sobrino 2009).

CONCLUSION

Conclusion

Conclusion

La steppe algérienne, qui représente un milieu de richesse naturelle très importante, subie il y a bien longtemps une dégradation intense. L'étude de la valorisation de ses ressources génétiques d'origine végétale s'avère de plus en plus intéressante, et ceci pour la conservation des écosystèmes et de la diversité biologique.

Depuis quelques décennies HCSD a mis en place une stratégie consistant en la création des périmètres de plantation à base d'Atriplex. Cependant ces efforts restent toujours sans évaluation de l'impact de cette technique sur le milieu steppique.

A l'issue de ce travail, mené dans le périmètre de la plantation pastorale de la région de Sidi Makhoulouf, nous avons tiré quelques constations, en guise de conclusion:

Les résultats obtenus montrent que le NDVI max au niveau de trois glacis étudiés G_s, G_m et G_i présente une corrélation positive assez forte au fil du temps 0.74 %, 0.44% et 0.87% respectivement. Une corrélation significative (0.93%) mais négative a été trouvée entre le NDVI max et la température de surface terrestre LST.

Cependant, la quantité des pluies n'a aucun effet sur l'évolution du NDVI max. Ce résultat ne s'accorde pas avec ceux trouvés par d'autres travaux effectués dans de grandes zones.

C'est pourquoi, il est important d'une part, de signaler que l'évaluation de la végétation nécessite le développement et le suivi d'indicateurs physiques, biologiques et sociaux, en tenant compte des interactions entre les différentes composantes de l'écosystème (végétation, sol, eau, climat, population). D'autre part, il est indispensable de généraliser ce travail sur plusieurs périmètres de plantation pastorale ayant une surface importante.

Ces perspectives seront traitées dans des sujets de recherche à venir.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Abdelaziz, Habba., Omar, Ishak, et Ouhab, A. (2019). La classification des images satellitaires par l'apprentissage profonde (deeplearning) (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draïa-Adrar).
- 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). Université Hassiba Ben boualichle faculté des Sciences Département de Biologie.
- Abdesselam, S., et Halitim, A. (2014). Changement d'utilisation des terres et dégradation des sols en zone aride. Cas du sud de Hodna, Algérie [*Land use change and soils degradation in arid area. A case study of south Hodna, Algeria*].
- Abdelguerfi, A., et Ramdane, S. A. (2003). Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture. Projet ALG/97/G31 FEM/PNUD, Plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité, MATE, RADP, 22.
- Aderghal, M., Chaker, M., et Laouina, A. (2012). Évaluation des projets de lutte contre la dégradation des terres: la commune des Sehoul (Maroc). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 23(3), 211-218.
- Aidoud, A., et Touffet, J. (1996). La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 7(3), 187-193.
- Aïdoud, A., Le Floch, É., et Le Houérou, H. N. (2006). Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 17(1), 19-30.
- Aitouda, H. (2012). Estimation des variables biophysiques des cultures et étude de l'effet du changement d'échelle sur leur variabilité spatiale. Université du Québec à Chicoutimi.
- Akaka, I. (2017). Suivi diachronique de l'état hydrique des cultures céréalières par des séries temporelles du satellite Landsat-8, cas de sous bassin versant de Sidi Mhamed Benali (Rélizane, Algérie). Mémoire de Master, Sciences agronomique, p23-49.
- Akpo, L. E., Banoin, M., et Grouzis, M. (2003). Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragères de la végétation herbacée: bilan pastoral en milieu sahelien. *Revue de médecine vétérinaire*, 154(10), 619-628.
- Aliat, T. (2018). Les écosystèmes humides des hautes plaines orientales algériennes Biodiversité: Préservation et Valorisation (Doctoral dissertation).
- Allouani, M. (2011). Contribution à l'étude des causes de la disparition du patrimoine Végétal local à travers la viticulture (Doctoral dissertation).
- Amine, K. A. (2016). L'eau superficielle en Algérie de sa naissance à sa gestion.
- Amghar, F. (2012). Restauration et réhabilitation des écosystèmes steppiques (Doctoral dissertation).

Références bibliographique

- Anteur, D. (2019). Intégration des données multi-sources dans un système d'informations géographiques (SIG) pour le diagnostic de milieu et l'aménagement Hydro-Agricole de la région steppique ouest-Algérienne (Doctoral dissertation).
- Arfa, A. M. T. (2008). Les incendies de forêts en Algérie: stratégies de prévention et plans de gestion, Mémoire de Magister en écologie végétale et environnement. Université de Constantine.
- Arfa, A. M. T, Benderradji, M. E. H, et Alatou, D. (2009). Analyse des bilans des incendies de forêt et leur impact économique en Algérie entre 1985-2006. *New Medit*, (1).
- Badji, M., Sanogo, D., et Akpo, L. E. (2013). Effet de l'âge de la mise en défens sur la reconstitution de la végétation ligneuse des espaces sylvo pastoraux du sud bassin arachidier (Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 64(1), 4876-4887.
- Bahadj, F., et Bellaoui, M. (2015). Extraction de la Température de Surface de la Terre à Partir d'une Image Satellitaire (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draia-ADRAR).
- Bastin, Y., Allegrini, C., (2011). Vocabulaire forestier: écologie, gestion et conservation des espaces boisés, Agro Paris Tech, pp. 168.
- Belkalem, A. (2017). Evaluation des risques d'érosion hydrique: cas du bassin versant de l'Oued Kramis (Algérie).
- Belkaoussa, Z. (2017). Etude spatio temporelle de l'occupation du sol par la méthode de la classification orientée objet au moyen de l'ENVI 5.1 cas du bassin versant de l'Oued Kramis région de Mostaganem.
- Benchettouh, A. (2019). L'érosion hydrique dans les régions marneuses du tell oranais cas des bassins versants de la Mina (Relizane) et Kramis (Mostaganem) (Dissertation doctorale) Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem (Algérie).
- Benderradji, M. E. H., Alatou, D. J., Arfa, A. M. T., et Benachour, K. H. (2006). Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation Impact du phénomène en Algérie. *New Medit*, 4, 15-22.
- Benguerai, A. (2011). Évolution du phénomène de désertification dans le sud oranais (Algérie) (Doctoral dissertation, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen).
- Benhammana, M. (2012). Analyse rétrospective des contraintes et des perspectives de développement de la filière lait en Algérie (Doctoral dissertation).
- Benmahmoud-Khattabi, A. (2017). Espaces sud arides 40 ans de gestion traditionnelle et projets de développement (Analyse de 1970 à 2010).
- Bensaïd, A. (2006). SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de Naâma (ALGÉRIE) (Doctoral dissertation).
- Berriah, A. (2015). Les reboisements de chêne liège dans l'ouest algérien: bilan et perspectives d'amélioration (Doctoral dissertation).

Références bibliographique

- Bélaïr, G. (2005). Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie). *Ecologie méditerranéenne*, 31(1), 1-18.
- Bouali, W. (2017). Contribution à l'élaboration d'un souchier bactérien et caractérisation de la flore *Bacillus cereus* dans le Sud-Ouest Algérien (Doctoral dissertation).
- Bouazza, M. (1995). *Phytoecological Study of the Steppes at Stipa tenacissima L. and Lygeum spartum L. in South Sebdou (Oran, Algeria)*. Ph.D. Thesis, University of Tlemcen, Tlemcen.
- Boucekara, M. K., et Darabid, D. (2013). Extraction des différents indices de végétation à partir des images satellitaires (Doctoral dissertation).
- Boucif, H. (2014). Contribution à l'étude de la productivité des parcours steppique de la région sud de la wilaya de Tlemcen (commune de l'bouïhi) (Doctoral dissertation).
- Boudjema, M. A. (2017). Parc National de Tlemcen. Dynamique de la couverture végétale et perspective (Doctoral dissertation).
- Boussaïd, A., Souïher, N., Dubois, C., et Schmitz, S. (2018). L'amplification de la désertification par les pratiques agro-sylvo-pastorales dans les hautes plaines steppiques algériennes: les modes d'habiter de la Wilaya de Djelfa. *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- Bousnina, I. (2016). Situation de l'élevage dans les nouveaux périmètres agricoles de mise en valeur Cas de la région d'Ouargla (Doctoral dissertation).
- Bouraada, K., Chavanon, G., Essafi, M., El Ghadraoui, L., et Benjelloun, M. (2016). Diversité écologique du peuplement de coléoptères des écosystèmes dunaires mobiles de la frange septentrionale et de la région orientale du Maroc. *Ecologie Méditerranéenne*, 42(1), 39-50.
- Brunier, G. (2015). Côtes sablo-vaseuses sous influence deltaïque de l'Amazone et du Mékong: dynamique morpho-sédimentaire, stabilité et aménagement (Doctoral dissertation).
- Chérifi, K., et Bouzidi, M. A. (2008). Approche préliminaire d'étude d'impact du surpâturage dans les Monts de Tessala (wilaya de Sidi-Bel-Abbès).
- Chion, C. (2005). Programmation génétique appliquée à l'imagerie hyper spectrale pour l'évaluation d'une variable biophysique au sein d'une grande culture: cas de l'azote dans un champ de maïs (Doctoral dissertation, École de technologie supérieure).
- Cholet, O. (2006). Etude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire (Doctoral dissertation).
- Class, G. (2005). La place des arbres en ville au sein des aménagements Réaction des citadins face à la coupe des arbres.
- Daget, P. (1977). Le bioclimat méditerranéen: caractères généraux, modes de caractérisation. *Végétation*, 34(1), 1-20.

Références bibliographique

- Da Lage, A., et Métaillé, G. (2000). Dictionnaire de Biogéographie végétale (CNRS.). Paris, France.
- Deleule, M. (2016). Évolution des systèmes d'élevages dans les steppes du Maghreb : enjeux et perspectives. Mémoire de master, 2.
- Denis, A. (2020). Travaux Pratiques de Télédétection Spatiale I.
- Djebaili, S. (1984). *Algerian Steppe: Phytosociology and Ecology*. Odessa Polytechnic National State University, Algiers.
- Dubois, J. (2003). L'importance de l'agrégation spatiale lors de l'estimation de l'indice foliaire de peuplements résineux par télédétection (Doctoral dissertation, Université du Québec à Trois-Rivières).
- Duchaufour, P., Faivre, P., Poulenard, J., Houot, S., et Gury, M. (2018). Introduction à la science du sol-7e éd.: Sol, végétation, environnement. Dunod.
- El Hadraoui, Y. (2013). Etude diachronique de l'occupation du sol et de modélisation des processus érosifs du bassin versant du Bouregreg (Maroc) à partir des données de l'Observation de la Terre. Mémoire d'Ingénieur Géomètre-Topographe. CNAM. Maroc, 88.
- El Hmaidi, Abdellah P. E. S.(2016) Apports Du Modèle Numérique De Terrain Mnt A La Modélisation Du Relief Et Des Caractéristiques Physiques Du Bassin Versant Du Moyen Beht En Amont Du Barrage El Kansera (Sillon Sud Rifain, Maroc).
- El Khadji, N. (2009). Estimation des paramètres biophysiques des cultures agricoles par télédétection aéroportée.
- Froger, G. (2006). Significations et ambiguïtés de la gouvernance dans le champ du développement durable. Mondes en développement, (4), 11-28.
- Gebrekidan, M. T., Knipfer, C., Stelzle, F., Popp, J., Will, S., et Braeuer, A. (2016). A shifted-excitation Raman difference spectroscopy (SERDS) evaluation strategy for the efficient isolation of Raman spectra from extreme fluorescence interference. *Journal of Raman spectroscopy*, 47(2), 198-209.
- Gobat, J. M., Aragno, M., et Matthey, W. (2010). Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols (Vol. 14). PPUR Presses polytechniques.
- Grandi, M. (2018). Etude des mécanismes de l'ensablement et leur impact sur la désertification" cas de la wilaya de Nâama" (Doctoral dissertation).
- Guessar, A. N. E. I. (2017). Contribution à l'aménagement et la Réhabilitation de la forêt de Sdamas Chergui cas de la forêt de Medroussa (Wilaya de Tiaret) (Doctoral dissertation).
- Guyon, D., Berbigier, P., Courrier, G., Lagouarde, J. P., et Moreau, P. (2003). Estimation du LAI dans un écosystème cultivé de pin maritime à partir de mesures de fractions de trouées directionnelles. *Canadian journal of remote sensing*, 29(3), 336-348.

Références bibliographique

- Habib, S. M., El-Raie EmamSuliman, A., Al-Nahry, A. H., et Abd El Rahman, E. N. (2020). *Spatial modeling for the optimum site selection of solar photovoltaics power plant in the northwest coast of Egypt. Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 100313. doi:10.1016/j.rsase.2020.100313
- Hachmi, A., El Alaoui-Faris, F. E., Acherkouk, M., et Mahyou, H. (2015). Parcours arides du Maroc: restauration par mise en repos, plantations pastorales et conservation de l'eau et du sol. *Geo-Eco-Trop*, 39(2), 185-204.
- Hadeid, M. (2008). Approche anthropique du phénomène de désertification dans un espace steppique: le cas des hautes plaines occidentales algériennes. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 8(1).
- Hadid, W et Sellakh, (2017). Rôle de la Végétation sur la stabilité de l'érosion hydrique et qualité des sols sur les piémonts nord du Dahra Ouest de Mostaganem Commune de Sidi Ali.
- Halem, M. (1997). La steppe Algérienne: causes de la désertification et propositions pour un développement durable (Doctoral dissertation, Thèse de magistère. UNIV Sidi Bel Abes. 180p).
- Halima, M., Abderrahmane, L., et Khéloufi, B. (2006). Essai sur le rôle d'une espèce végétale rustique pour un développement durable de la steppe algérienne. Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie.
- Hartani, A. (2017). Appréciation des Risques et Potentielle d'érosion Hydrique dans la Région de Naama.
- Hartani, A. (2019). Utilisation de la télédétection dans l'étude de la dégradation des agro systèmes dans le bassin versant de l'Oued Chélif (Doctoral dissertation).
- Hirche, A., Salamani, M., Abdellaoui, A., Benhouhou, S., et Valderrama, J. M. (2011). *Landscape changes of desertification in arid areas: the case of south-west Algeria. Environmental monitoring and assessment*, 179(1-4), 403-420.
- Hocine, O., et Zizi, A. (2018). Pratiques alimentaires en élevage caprin dans la région d'Azeffoun (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Holben B., (1986). *Characteristics of maximum value composite images for temporal AVHRR, International Journal of Remote Sensing*, 7, pp. 1417-1437.
- Hotyat, M. (2012). Intérêt de l'approche systémique pour l'étude de formations végétales en milieux forestiers: l'exemple de la forêt de Fontainebleau. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Hors-série 14).
- Houamel, S. (2018). Les steppes d'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) dans l'Est Algérien: répartition actuelle, biodiversité, dynamique et conditions de durabilité (Doctoral dissertation, Université Mohamed Kheider-Biskra).
- Hountondji, Y. C., Ozer, P., et Nicolas, J. (2004). Mise en évidence des zones touchées par la désertification par télédétection à basse résolution au Niger. *Cybergeo: European Journal of Geography*.

Références bibliographique

- Huang, C., B., Wylie, L., Yang, C., Homer, et G., Zylstra, (2001). *Derivation Of A Tasseled Cap Transformation Based On Landsat 7 At-Satellite Reflectance*. Raytheon ITSS, USGS EROS Data Center Sioux Falls, SD 57198, USA. 10 pages.
- Inglada, J. (2016). Cartographie de l'occupation des sols à partir d'images optiques. Observation des surfaces continentales par télédétection: agriculture et forêt, ISTE Editions, Londres.
- Julien, Y., et Sobrino, J. A. (2009). *The Yearly Land Cover Dynamics (YLCD) method: An analysis of global vegetation from NDVI and LST parameters*. *Remotesensing of environment*, 113(2), 329-334.
- Kanoun, M. (2016). Adaptation des éleveurs ovins face aux multiples changements d'ordre environnementaux et socioéconomiques dans les territoires steppiques (Doctoral dissertation).
- Kerboua, F. (2013). Contribution à la détermination des causes de l'abandon et/ou de la dégradation des sols cultivés sous palmeraie cas de l'oasis d'el kantara (Doctoral dissertation).
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., Anderson, M., Imhoff, M. L., Gutman, G. G., et Goldberg, A. (2010). *Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations*. *Journal of climate*, 23(3), 618-633.
- Khader, S. A., Gaffen, S. L., et Kolls, J. K. (2009). *Th17 cells at the crossroads of innate and adaptive immunity against infectious diseases at the mucosa*. *Mucosalimmunology*, 2(5), pp, 403-411.
- Khedam, R. (2008). Contribution au développement de méthodologies de fusion/classification contextuelles d'images satellitaires multi-sources: application à la cartographie thématique du milieu urbain de la ville d'Alger (Doctoral dissertation).
- Khaldi, A. (2014). La gestion non durable de la steppe algérienne. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*.
- Khalid, F., Benabdeli, K., et Morsli, B. (2015). Impact de la mise en défens sur la lutte contre la désertification dans les parcours steppiques: cas de la région de Naâma (sud-ouest algérien). *Revue d'écologie*.
- Khaldoun, A. (2000). Évolution technologique et pastoralisme dans la steppe algérienne. Le cas du camion Gak en hautes-plaines occidentales. *Options Médi*, 39, 121-127.
- Koudded, M. (2013). Cartographie des risques d'érosion hydrique des sols au moyen du Système d'Information Géographique Cas du bassin versant de l'oued Fergoug (Doctoral dissertation).
- Koussa, M. (2017). Apport d'un système d'information géographique pour la gestion des ressources en eau de la région de Djelfa (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).

Références bibliographique

- Kotchi, S. O. (2015). Estimation et évaluation d'incertitude d'indicateurs agro météorologiques par télédétection en vue de supporter la lutte phytosanitaire (Doctoral dissertation, Université Laval).
- Le Houérou, H. N. (1995). Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes, Institut agronomique méditerranéen de Montpellier.
- Le Houérou, H. N. (2001). *Biogeography of the arid steppe land north of the Sahara*. *Journal of Arid Environments*, 48(2), 103-128.
- Li, J., Lewis, J., Rowland, J., Tappan, G., and Tieszen, L. L. (2004). *Evaluation of land performance in Senegal using multi-temporal NDVI and rainfall series*. *Journal of Arid Environments* 59, 463-480.
- Linker, R. (2020). *Unified framework for model-based optimal allocation of crop areas and water*. *Agricultural Water Management*, 228, 105859. doi:10.1016/j.agwat.2019.105859.
- Longaretti, P. Y. (2013). 10. Changements globaux. Le développement durable à découvert, 40.
- Mamou, R, Boissinot, A, Bensidehoum, M, Amroun, M, et Marniche, F. (2014). Inventaire de l'herpéto faune du sud de la kabylie (Bouira et Bordj Bou Arreridj) Algérie. *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, 23, 259-273.
- Marchane, A. (2011). Etude de la relation entre enneigement et climat à grande échelle sur le Haut Atlas de Marrakech à l'aide des images MODIS (Période 2000-2010) Mémoire de Stage de Fin d'Etudes.
- Martonne, E. (1942, Octobre). Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité (Carte hors texte). In *Annales de Géographie* (Vol. 51, No. 288, pp. 241-250). Armand Colin.
- Mas, J. F. (2000). Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 26(4), 349-362.
- Meddour-Sahar, O. (2008). Contribution à l'étude des feux de forêts en Algérie: approche statistique exploratoire et socio-économique dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Thèse de Magister, INA El Harrach, Alger.
- Medjadj, T. (2009). L'apport de la télédétection de haute résolution spatiale pour le développement urbaine qualitatif cas de la ville d'Alger (Doctoral dissertation).
- Mekki, A. (2016). Contribution à l'étude écologique de l'Arthropodo faune dans quelques stations à Retama raetam (Fabacées) dans la région de Naâma (Doctoral dissertation).
- Meneses-Tovar, C. L. (2011). L'indice différentiel normalisé de végétation comme indicateur de la dégradation. *Unasylva*, 62(2), 39-46.

Références bibliographique

- Meterfi, B., Letreuch-Belarouci, N., et Benabdeli, K. (2011). Incidence de la fluctuation des précipitations sur l'occupation des sols dans les hautes plaines de Sidi-Bel-Abbès (Algérie). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, (Volume 5), 191-210.
- Milich, L., and Weiss, E. (2000). *GAC NDVI interannual coefficient of variation (CoV) images: Groundtruthsampling of the Sahel along north-south transects. International Journal of Remote Sensing* 21, 235-260.
- Mostephaoui, T., Merdas, S., Sakaa, B., Hanafi, M., et Benazzouz, M. (2013). Cartographies des risques d'érosion hydrique par l'application de l'équation universelle de pertes en sol à l'aide d'un système d'information géographique dans le bassin versant d'Elhamel (Boussaâda) Algérie [Mapping of water erosion by the application of the universal equation of loss of ground using a geographic information system in the catchment area of El Hamel (Boussaada) Algeria]. *Journal algérien des régions arides. Nspécial*, 131-147.
- Moulay, A. (2013). Contribution à l'étude de la régénération naturelle et artificielle de *Stipa tenacissima* L. dans la région steppique occidentale (Algérie).
- Nedjraoui, D., et Bédrani, S. (2008). La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo*, 8(1), 1-15.
- Nedjraoui, D. (2011). Vulnérabilité des écosystèmes steppiques en Algérie.
- Nutini, F., Boschetti, M., Candiani, G., Bocchi, S., et Brivio, P. A. (2014). *Evaporative fraction as an indicator of moisture condition and water stress status in semi-arid rangeland ecosystems. Remote Sensing*, 6(7), 6300-6323.
- Okal, H., Ngetich, F., et Okeyo, J. (2020). *Spatio-temporal characterisation of droughts using selected indices in Upper Tana River Watershed, Kenya. Scientific African*, e00275. doi:10.1016/j.sciaf.2020.e002.
- Olthof, I., et Latifovic, R. (2007). *Short-term response of arctic vegetation NDVI to temperature anomalies. International Journal of Remote Sensing*, 28(21), 4823-4840.
- Oucherif, A. (2017). Proposition d'un filtre d'image satellite pour la localisation des zones potentiellement humides sur le département de la Drôme (Doctoral dissertation, irstea).
- Ouled Sghaier, M. (2017). Extraction des structures linéaires à partir des images satellitaires à très haute résolution pour l'aide à la gestion des catastrophes majeures (Doctoral dissertation, École de technologie supérieure).
- Paskoff, R. (2010). Les littoraux: impact des aménagements sur leur évolution. Armand Colin.
- Peres, L. F., et DaCamara, C. C. (2004). *Land surface temperature and emissivity estimation based on the two-temperature method: Sensitivity analysis using simulated MSG/SEVIRI data. Remote Sensing of Environment*, 91(3-4), 377-389.
- Pouget, M. (1977). Cartographie des zones arides: géomorphologie, pédologie, groupements végétaux, aptitude du milieu à la mise en valeur à 1/100 000: région de Messaad-Ain El Ibel (Algérie). 64P.

Références bibliographique

- Rahmouni, A. (2010). Morphologie et propriétés du gypse sols références du Hodna.
- Rhouma, H. B., et Souissi, M. (2004). Les parcours du Sud tunisien: Possibilités et limites de leur développement. *Cahiers Options Méditerranéennes*, (62), 185-189.
- Roerink, G. J., Su, Z., et Menenti, M. (2000). S-SEBI: A simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(2), 147-157.
- Rotillon, G. (2010). Economie des ressources naturelles. La découverte.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., et Deering, D. W. (1974). *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*. NASA special publication, 351, 309.
- Rozenstein, O., Qin, Z., Derimian, Y., et Karnieli, A. (2014). *Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm*. *Sensors*, 14(4), 5768-5780.
- Saidi, N. (1984). Dynamique de la végétation du maquis dans les chaînes du djebel Zérouela et djebel Bou-Zegza (Atlas tellien). *These Ing.Agron., INA, Alger*, 131 p.
- Salemkour, N., Benchouk, K., Nouasria, D., Kherief, N., et Belhamra, M. (2013). Effets de la mise en repos sur les caractéristiques floristiques et pastorale des parcours steppiques de la région de Laghouat (Algérie).
- Sarra, A., et Samira, R. (2017). Dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Khemis Miliana.
- Seltzer, P., Lasserre, A., Grandjean, A., Auberty, R., et Fourey, A. (1946). Le climat de l'Algérie. Impr. "La Typo-litho" et J. Carbonel.
- Souidi, Z., Hamimed, A., et Donze, F. (2014). Cartographie du risque de dégradation des terres en région semi-aride. Cas des Monts de Beni Chougrane dans le Tell occidental algérien. *Geo-Eco-Trop*, 38(1), 85-102.
- Sun, D., et Kafatos, M. (2007). *Note on the NDVI-LST relationship and the use of temperature-related drought indices over North America*. *Geophysical Research Letters*, 34(24).
- Stoutah, Z. (2017). Parasitisme ovin et les difficultés d'élevage pastoral en Algérie (Doctoral dissertation, Institut des sciences vétérinaire-université Blida).
- Tebache, S., Tebbache, A., et Bekdouche, F. E. (2013). La restauration des écosystèmes terrestres: synthèse bibliographique.
- Tedjari, N. (2018). Contribution à l'amélioration des systèmes fourragers dans la région semi-aride de Sétif (cas des prairies naturelles) (Doctoral dissertation).
- Terres, D. (2008). Synthèse Afrique du nord «Flore Végétation Occupation.
- Tonye, E., Akono, A., et Nyongui, A. N. (2000). Le traitement des images de télédétection par l'exemple (Vol. 210). Paris: Gordon and Breach Science Publishers.

Références bibliographique

- Toumi, S. (2013). Application des Techniques Nucléaires et de la Télédétection à L'étude de L'érosion Hydrique Dans le Bassin Versant de L'oued Mina (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat es-sciences de l'école nationale supérieure d'hydraulique).
- Tourta, S., Mokhnache, A., et Seghiri, S. (2015). Utilisation des données satellitaires pour l'estimation du coefficient de réflectance bidirectionnelle réel à l'aide de mesures satellitaires. *Sciences et Technologie. A, sciences exactes*, (41), 15-18.
- Tucker, C. J., & Nicholson, S. E. (1999). *Variations in the size of the Sahara Desert from 1980 to 1997. Ambio*, 587-591.
- Velluet, C. (2014). Modélisation et analyse pluriannuelles du fonctionnement hydrologique et énergétique de deux écosystèmes dominants au Sahel agropastoral (Sud-Ouest Niger) (Doctoral dissertation).
- Yabrir, B. (2014) Etude de la qualité du lait de brebis collecté dans la région de Djelfa : effets des facteurs de production sur ses caractéristiques, évolution au cours de l'entreposage réfrigéré, aptitudes technologiques. Thèse de Doctorate en Biochimie, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 130 P.
- YépezFigueroa, S. P. (2018). Etude intégrée de la dynamique des flux hydrosédimentaires dans le bas cours du fleuve Orénoque (Venezuela) par mesures in-situ et télédétection (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).
- Zair, M. (2011). Bilan écologique et socio-économique des reboisements dans la wilaya de Naâma et perspectives d'avenir.
- Zhang, B. L., R. T. Pinker, and P. W. Stackhouse, (2007): *An empirical orthogonal function iteration approach for obtaining homogeneous radiative fluxes from satellite observations. J. Appl. Meteor. Climatol.*, 46, 435–444.

ANNEXE

Annexe

Annexe 1 : Les figures et les photos

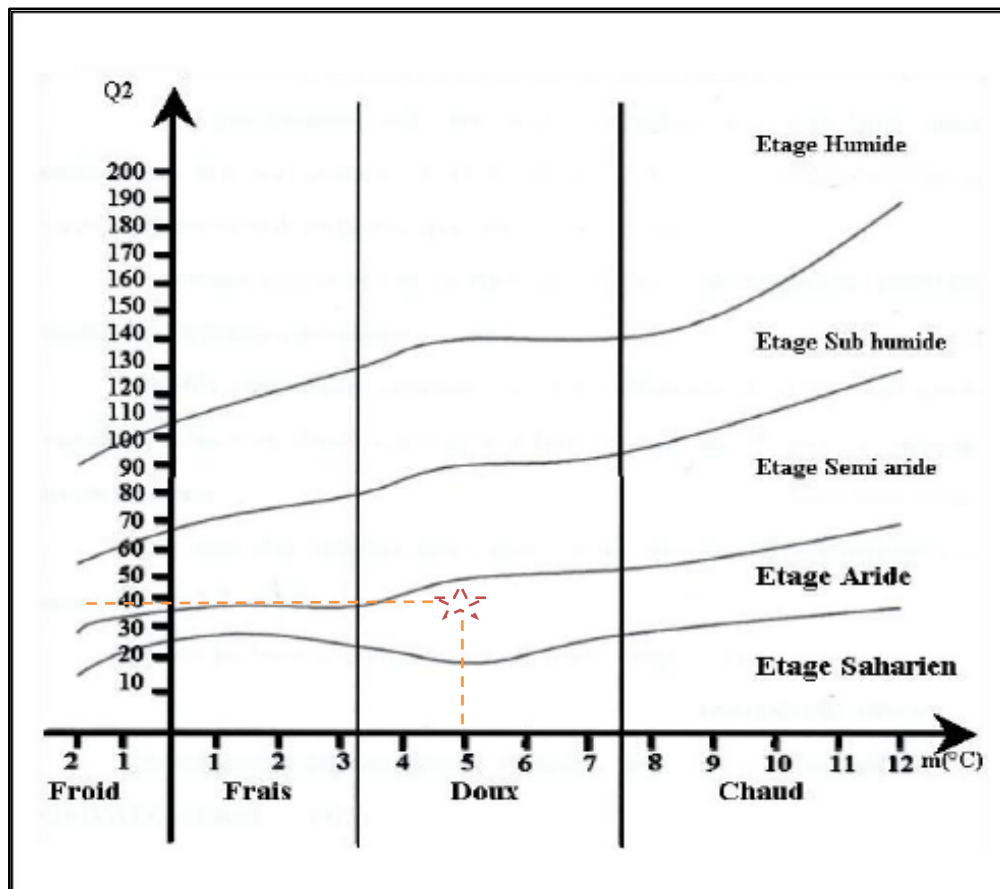


Figure 1: Climagramme pluviométrique d'Emberger de la zone d'étude.



Photo 1. *Artemisia campestris*

Photo 2. *Atriplex canescens*

Annexe



Photo 3. Stipa tenacissima



Photo 4. Silybum marianum



Photo 5. Astragalus armatus



Photo 6. Cynodon dactylon