REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE D'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DOCTEUR YAHIA FARES - MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de Master

En Ecologie

Spécialité : Ecologie

Par

HANIFI Hasnia Chafika & MOKHTARI Leila Nafissa

Thème :

Contribution au suivi de l'évolution du couvert végétal en zone arides par décades.

Soutenue publiquement le : 21 /06 /2022 , Devant le jury composé de :

Président	Mme KHOUDIR S.	UYFM	Grade : MAA
Promoteur	Mr. AIT HAMMOUDA T.	UYFM	Grade : MAA
Examinateur	Mr. BOUDERBALA R.	UYFM	Grade : MAA

Année universitaire 2021/2022

REMERCIEMENT

AlHamdulillah que dieu nous a donné la force, la patience et la volonté d'arriver à notre but pour réussir et réaliser notre travail. Et le courage d'arriver à ce jour.

Nous remercions Monsieur ***AIT HAMMOUDA TAHAR.*** Pour ses conseils, son attention et esprit large avec nous, son soutien durant toute cette période de notre réalisation du mémoire ; il nous a éclairé notre bon chemin pour arriver à ce travail. Merci de votre confiance en nous et pour votre écoute et votre disponibilité.

Ainsi que, nous tenons à remercier et exprimer notre reconnaissance aux membres du jury :

Madame ***KHOUDIR SAMIA*** de nous avoir honoré de présider le jury de la soutenance.

Madame ***BOUDERBALA RACHIDA*** d'avoir bien accepté d'examiner le contenu du présent travaille.

Nous tenons à remercier toute l'équipe d'Ecologie de l'Université *YAHIA FARES*. Merci à toute l'équipe pédagogique et administrative du *SNV*.

Nous tenons également à remercier les personnes qui nous ont aidés. Nos professeurs qui nous ont enseignés et suivis durant notre cycle d'études.

Enfin, nous remercions nos familles de leur soutien physique et moral et à toute personne qui nous ont aidé du près ou de loin pour réaliser ce travaille.

Dédicace

Mes grands remerciements pour notre Dieu qui m'a aidé et m'a donné le pouvoir, la patience et la volonté d'avoir réalisé ce modeste travail.

Avec l'expression de me reconnaissance, je dédie ce modeste travaille :

À mon cher père ***Rachid*** *que j'ai toujours souhaité qui soit parmi nous à cet événement, que son âme soit au paradis(رحمه الله) .*

À ma cher mère ***Nacera*** *qui m' a entouré par son amour et soutien moral dans les moments les plus déficèle. Qu'Allah te garde pour nous, et donne la santé et le bonheur, Merci pour tous. T'es la plus belle chose dans ma vie.*

À mes chers frères, ***KheirEldine*** *et* ***NAdjib****, Merci pour votre soutien et de m'encourager, qu'Allah vous protège.*

À ma cher sœur ***Nawel*** *et ma belle sœur* ***Mouna,*** *qu'Allah vous protège.*

À mes neveux ***Ritadj*** *et* ***Yazen Karem****.*

À ma grand- mére et mes tentes et mes oncles ***Yakhlef****.*

A mon adorable binôme et chère collègue ***Leila,*** *pour leur soutien moral*

Durant toutes les périodes de réalisation de ce projet et pour les belles moments ensemble. Je n'oublierai jamais.

À mes copines : ***Chaima, Kouki****.*

À notre cher promoteur ***Ait Hamouda Taher****.*

À mes chers camarades de la promo 2021/2022 écologie.

Je dédie également ce travail à tous mes professeurs du cycle primaire, moyen, lycée et universitaire.

Et toute personne qui ma fait du courage et ma donner de l'aide dans ce travail.

Hasnia Chafika

Dédicace

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

À Mes chers Parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leur grand sacrifices, que dieu Leur préserve bonne santé et longue vie.

À Ma chère Sœur et son mari, pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

À ma chère binôme et amie ***Hasnia****, pour sa patience, sa confiance et sa compréhension tout au long de ce travail, Je n'oublierais jamais les bons moments passés ensemble durant ces dernière années à l'université.*

À notre cher promoteur ***Ait Hamouda Taher****.*

À mes chers amis.

À mes camarades de la promo 2021/2022 écologie et environnement.

Et à toute ma famille et à tous ce que j'aime.

Leila Nafissa



Résumé

Les zones arides occupe environ le 1/3 de la surface terrestre et se trouve surtout concentrée en Afrique, en Asie et en Australie. Elles représentent aujourd'hui un enjeu écologique et économique majeur pour les pays situés dans cette partie du monde. En Algérie, la zone aride représente près de 95% du territoire national dont 80% dans le domaine hyper aride.

Le sud oranais se situe sur les hautes plaines steppiques de l'Algérie. La zone concernée par cette étude s'étend sur une superficie d'environ 38078 km2.

Pour réaliser notre objectif qui est le suivi de l'évolution du couvert végétal en utilisant l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI), à partir de l'utilisation de la télédétection, On s'est basé sur l'analyse diachronique de quatre image satellitaire Landsat (Tm 1987, 1997 et 2007 ; Oli 2017), couvrant une période de 30ans. Les résultats obtenus sont des résultats numérique et des graphes pour interprétés, les résultats montrent que les valeurs de NDVI varié de 0.1 à 0.26 dans les zones arides, et qu'il y a eu une régression du couvert végétale.

Finalement, le sud Oranais, à l'image des zones arides en Algérie, est très sensible à la désertification, il subit de fortes pressions anthropiques de type socio-économique et démographiques accentué par les changements climatiques.

Mot clé : Couvert végétale, Zone aride, Sud oranais, Télédétection, NDVI, ENVI.

ملخص

تحتل المناطق القاحلة ما يقرب من ثلث سطح الأرض وتتركز بشكل أساسي في إفريقيا وآسيا وأستراليا. اليوم ، يمثلون تحديًا بيئيًا واقتصاديًا كبيرًا للبلدان الواقعة في هذا الجزء من العالم. في الجزائر ، تمثل المنطقة القاحلة ما يقرب من 95٪ من التراب الوطني ، 80٪ منها في المنطقة شديدة الجفاف.

يقع جنوب القطاع الوهراني على السهول المرتفعة للجزائر. المنطقة المعنية تغطي هذه الدراسة مساحة تبلغ حوالي 38078 كيلومتر مربع.

لتحقيق هدفنا المتمثل في مراقبة تطور الغطاء النباتي باستخدام مؤشر الفروق الطبيعي للغطاء النباتي (NDVI) ، باستخدام الاستشعار عن بعد ، اعتمدنا على التحليل المتزامن لأربع صور من القمر الصناعي لاندسات (Tm 1987 و 1997 و 2007 ؛ Oli 2017) ، وتغطي فترة 30 عامًا. النتائج التي تم الحصول عليها عبارة عن نتائج رقمية ورسوم بيانية للتفسير ، وأظهرت النتائج أن قيم NDVI تباينت من 0.1 إلى 0.26 في المناطق الجافة ، وأن هناك انحدارًا في الغطاء النباتي.

أخيرًا ، جنوب وهران ، مثل المناطق القاحلة في الجزائر ، حساس جدًا للتصحر ، فهو يخضع لضغوط بشرية المنشأ من النوع الاجتماعي والاقتصادي والديموغرافي الذي يزيده تغير المناخ.

الكلمات المفتاحية: غطاء نباتي ، منطقة قاحلة، جنوب القطاع الوهراني، الإستشعار عن بعد، ENVI ، NDVI .

Abstract

The arid zones occupy approximately 1/3 of the earth’s surface and are mainly concentrated in Africa, Asia and Australia. Today, they represent a major ecological and economic challenge for the countries located in this part of the world. In Algeria, the arid zone represents nearly 95% of the national territory, 80% of which is in the hyper-arid domain.

The south of Oranian is located on the high steppe plains of Algeria. The area concerned by this study covers an area of approximately 38078 km2.

To achieve our objective which is to monitor the evolution of the vegetation cover using the normalized difference vegetation index (NDVI), from the use of remote sensing, we relied on the diachronic analysis of four Landsat satellite images (Tm 1987, 1997 and 2007; Oli 2017), covering a period of 30 years. The results obtained are numerical results and graphs for interpretation, the results show that the NDVI values varied from 0.1 to 0.26 in the arid zones, and that there was a regression of the vegetation cover.

Finally, south of Oranian, like the arid zones in Algeria, is very sensitive to desertification, it is subject to strong anthropogenic pressures of a socio-economic and demographic type accentuated by climate change.

Keywords: Vegetation cover, Arid zone, south of Oranian, Remote sensing, NDVI, ENVI

Table des matières

Résumé

Introduction générale……...1

Chapitre 1 : Revue bibliographique sur la télédétection et les zones arides en Algérie

Partie 1 : Zones arides en Algérie 3

1. Introduction ……..……..……..……..…….....3
2. La steppe ……..……..…….....…….....4

2.1. Définition ..……..……..…….....4

2.2. La végétation steppiques……...……6

2.3. Le Climat……..……7

2.3.1. Pluviométrie ……..……...7

2.3.2. Température ……..……...8

2.3.3. Les vents ……..……...8

2.4. Les ressources en eau ……..…...9

2.5. Les Sols steppique ……..……..9

3. Les changements subis sur les steppes ……..……..…10

3.1. Extension du sable et érosion éolienne ……..…….....10

Partie 2 : Télédétection ……...……..12

1. Introduction et définition ……..…….....12
2. Historique de la Télédétection ……..….12
3. Objectif de la télédétection ……..….13
4. Principes de base de la télédétection ……..……...13
5. Processus de la télédétection ……..……....14
6. Bases physiques de la télédétection …….....15

6.1. Le rayonnement électromagnétique ……...…...15

6.2. Le spectre électromagnétique ……....…...16

6.3. La signature spectrale ……..…..…..17

6.4. La réflectance solaire ……....……18

7. Les images satellitaires …….....…...18

7.1. Résolutions des images satellitaires ……...…….….18

a. Résolution spatiale …….....…..…18

b. Résolution temporelle ……..……...…..… 18

c. Résolution spectrale …….....19
d. Résolution radiométrique …….....19
8. Domaines d'applications de la télédétection…….....19
8.1.Télédétection des milieux arides ……...20
8.2.Intérêt des images satellitaires dans l'étude des zones arides et semi-arides …...20

Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

1. Cadre abiotique ……....22
1.1. Localisation de la zone d'étude …….……..22
1.2. Géologie…….23
1.3. Lithologie …….……...…….25
1.4. Pédologie ……..26
1.5. Hydrographie ……....26
1.6. Etude climatique et bioclimatique ……..……..28
1.6.1. Paramètres climatiques …….……28
A. Précipitation …….……...……..28
B. Régime saisonnier……..……...…….29
C. Température ……..…...….30
D. Humidité relative.…….…….….33
E. Les Vents…….……...……33
1.6.2. Synthèse climatique .……...….34
A. Diagramme Ombrothermique ……..…....…34
B. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger …….…..36
2. Cadre biotique ……...……...37
2.1. Végétation …….37
2.2. Faune …….39

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

1. Matériel et méthode …….....…...40
1.1.Matériels et données utilisées …….....40
1.2.Les capteurs ……...……..40
a) Landsat 5 TM ……....41
b) Capteur OLI …….....……...41
1.3. Logiciels utilisé ……..……42

2. Approche méthodologique ……...43

2.1.Acquisition des images satellitaires ……..44

2.2. Réalisation des méta-fichiers ..…….……..……..45

2.3. Composition coloré ……..……46

2.4. Découpage des bordures déformées……..46

2.5. Mosaïquage des images satellitaires.……..……..47

2.6. Extraction de la zone d'étude ……...……...…48

2.7.Indice de végétation NDVI …….……..48

Chapitre 4 : Résultats et Discussion

1. Composition coloré ……...50
2. Résultats de découpages des bordures déformées ...…….51
3. Mosaïque des images satellitaires ……...……..51
4. Extraction de la zone d'étude ……...52
5. Indice de la végétation NDVI …….……..53

5.1.Valeurs NDVI ……..54

5.2. Evaluation des changements de la biomasse végétale …….56

6. Discutions générale …….……..60

Conclusion …….……..…61

Référence bibliographique ……...…….62

Annexes

Abréviations

- **ANAT** : Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire
- **C° :** degré Celsius
- **CENEAP** : Centre National des Etude et d'Analyses pour la Planification
- **CFN** : Conservation des forêts de Naâma
- **ENVI**: Environment for Visualizing Images.
- **IR:** InfraRouge.
- **K° :** degré Kelvin
- **Landsat**: Land Satellite.
- **NDVI:** Normalised Difference Végétation Index.
- **Oli:** Operational Land Imager.
- **P :** Précipitation
- **PIR:** Proche InfraRouge.
- **ROI:** Régio**n** of interesst.
- **SIG**: Système d'Information Géographique.
- **T** : Température
- **TM:** Thematic Mapper.

Liste des figures

Figure 1 : Carte bioclimatique de l'Algérie 3

Figure 2 : Evolution des paysages végétaux en zone aride algérienne 4

Figure 3 : La steppe en Algerie 5

Figure 4 : Carte pluviométrique de l'Algérie 8

Figure 5 : Illustration des principes de télédétection passive(1) et de télédétection active(2) 14

Figure 6 : Processus de télédétection 15

Figure 7 : Spectre électromagnétique 16

Figure 8: Signature spectrale des surfaces naturelles dans les domaines du visible, du proche InfraRouge et de l'InfraRouge moyen 17

Figure 9 : Principe de la réflectance solaire 18

Figure 10:Résolution radiométrique à 4 bits et 8 bits 19

Figure 11: Quelques exemples d'application de la télédétection spatiale : (A) réalisation de Modèles Numériques de Terrain, (B) suivi des conditions atmosphériques, (MNT), (C) carte d'occupation du sol 20

Figure 12 : Localisation de la zone d'étude 22

Figure 13: Carte géologique de la Wilaya de Naâma (CENEAP, 2009) 24

Figure 14: Carte lithologique de la wilaya de Nama (CENEAP, 2009) 25

Figure 15 : Carte hydrographique de la wilaya de Nama. (CENEAP, 2009) 27

Figure 16: Régime saisonnier pour chacune des stations : A) Mecheria; B) El Bayadh; C)Naâma ; D) AinSefra 30

Figure 17: Température moyennes mensuelles maximal et minimal de Naâma(1991_2017) 31

Figure 18: Température moyennes mensuelles maximal et minimal de Mecheria (1987_2017) 31

Figure 19 : Température moyennes mensuelles maximal et minimal de Ain Sefra (1981_2009) 32

Figure 20 : Température moyennes mensuelles maximal et minimal de El Bayadh (1981_2009) 32

Figure 21 : Histogramme représentent l'Humidité relative moyenne des quatre stations d'étude de l'année 1987 à 2017 33

Figure 22 : Histogramme des vitesses moyennes du vent (1987-2017) 34

Figure 23 :Diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussen pour la station de Naâma 35

Figure 24 : Diagrame ombrothermique de Bagnols et Gaussen pour la station de Mecheria 35

Figure 25: Diagrame ombrothermique de Bagnols et Gaussen pour la station de El Bayadh 35

Figure 26 : Diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussen pour la station Ain Sefra 36

Figure 27 : Position des quatre stations sur le Climagramme d'Emberger 37

Figure 28: Landsat 5 TM 41

Figure 29 : Landsat 8 Oli 41

Figure 30 : Organigramme des étapes de l'approche méthodologique utilisé pour traitement et analyse des images satellitaires 44

Figure 31 : Les étapes de téléchargement de l'image satellites 45

Figure 32: Création du Méta fichier pour Landsat TM. 45

Figure 33: Avant et après la composition coloré d'une image 46

Figure 34: Les étapes de découpage des bordures d'une image 47

Figure 35: Les étapes de la réalisation la mosaïque des quarte scènes 47

Figure 36: Les étapes de la réalisation d'un masque et le découpage de la zone d'étude 48

Figure 37: Calcule NDVI automatique 48

Figure 38 : Image de l'NDVI 49

Figure 39 : Composition colorée des images Landsat prise en 1987-2017 50

Figure 40 : Image avant et après le découpage des bordures 51

Figure 41 : Mosaïque des quarte scènes couvrant la zone d'étude 51

Figure 42 : Limite de la zone d'étude 52

Figure 43: Images Landsat de 1987-2017 découpée selon les limites de la zone d'étude 52

Figure 44 : La méthode de calcule NDVI avec la formule 53

Figure 45 : Image de NDVI de 1987-2017 54

Figure 46 : Taux des valeurs de NDVI en 1987 54

Figure 47 : Taux des valeurs de NDVI en 1997 55

Figure 48 : Taux des valeurs de NDVI en 1997 55

Figure 49: Taux des valeurs de NDVI en 2017 55

Figure 50 : Carte de la densité de la biomasse végétale en 1987 56

Figure 51 : Carte de la densité de la biomasse végétale en 1997 57

Figure 52 : Carte de la densité de la biomasse végétale en 2007 57

Figure 53 : Carte de la densité de la biomasse végétale en 2017 58

Figure 54 : Superficies des différentes classes de NDVI 59

Liste des Tableaux

Tableau I: les Stations de références pour le climat (Température et Pluviosité) ..……..…28

Tableau II: Précipitation moyenne mensuelle et annuelle des quatre stations de 1987 à 2017……..……...29

Tableau III :Régime saisonnier des quatre stations en (mm) ……..... 29

Tableau IV: Valeurs des quotients d' Emberger et températures minimales du mois le plus et froid et températures maxima du mois le plus chaud pour les quatre stations (1987-2017)...36

Tableau V: La répartition des superficies en ha Les différentes espèces arboré **(Source CFN,2009)** …….….39

Tableau VI : les données des images satellitaires de sud oranais du 1987 à 2017. …….40

Tableau VII: Equivalence entre les bandes du capteur TM et OLI de Landsat.(**Salim, 2018)**…….41

Tableau VIII : Superficies de la densité de la biomasse végétale du Sud Oranais (1987,1997, 2007 et 2019). ……..……..59

Introduction générale

Introduction générale

Les zones arides et steppiques occupent environ 32% des terres en Algérie, sensibles à la désertification, composées de 20 millions ha de parcours steppiques et 12 millions ha de parcours présahariens **(Ghazi, 2012).** Ces zones, ont connu une dégradation (par surpâturage, mise en culture et urbanisation) de plus en plus accentuée de toutes les composantes de l'écosystème (flore, faune et sol).

Depuis une quarantaine d'années, l'écosystème steppique a été dégradé et profondément bouleversé, tant dans sa composition que dans son fonctionnement (**Djebaili, 1978 ; Nedjraoui, 1981 ;Bouzenoune, 1984 ; Le Houerou, 1985 ; Aidoud, 1989 ; Djellouli, 1990 ; Boughani, 1995 ; Kadi- Hanifi, 1998 et Hirche et *al.*, 2018).**

Les Hautes Plaines Sud Oranaises représentent une région steppique à vocation pastorale et dont le milieu naturel est fragile. Ne permettant pas un peuplement dense, les caractéristiques biogéographiques de la steppe ont permis à l'homme de s'y adapter en adoptant le nomadisme comme mode de vie. **(Bengouerai, 2011).**

La télédétection spatiale est un domaine scientifique moderne de haute technologie qui a été développé et qui se développe continuellement pour mieux répondre aux besoins en information dans les domaines des sciences de la terre, de la protection de l'environnement, de la gestion des ressources naturelles et de plusieurs autres domaines. **(Benmostefa, 2012)**

Dans le contexte environnemental la télédétection c'est la technologie d'enregistrement des énergies électromagnétiques qui provient des surfaces terrestres, les océans ou l'atmosphère. Avec le développement récent de la télédétection, des SIG et de la technologie de l'informatique, il est maintenant possible d'évaluer et de surveiller la dynamique des couvertures végétales et de l'occupation des sols à des échelles spatio-temporelles différentes **(Belkaid, 2020).**

Dans ce contexte, l'objectif de notre étude est de suivi l'évolution du couvert végétal de Sud Oranais d'une période de 30 ans entre les années 1987, 1997, 2007, et 2017 à l'aide des outils de télédétection, intégrant l'utilisation des images satellitaires LANDSAT issue du capteur TM et Oli d'une résolution spatiale de 30m , et des technique bien adoptées au suivi de végétation à savoir l'Indice de Végétation Global Normalisé « NDVI ». D'autre part, une comparaison de l'évolution du NDVI, et par conséquent du couvert végétal.

Pour rependre à ces objectifs, nous organiserons notre document autour de quatre chapitres :

- Une introduction générale ;
- Le premier chapitre est consacré à un aperçu bibliographique sur les zones aride en première partie puis en deuxième partie il survole les bases nécessaires pour la compréhension de la Télédétection ; et ses différentes applications dans les recherches actuelles;
- Le deuxièmes chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude Sud Oranais par son milieu biotique et abiotique ; et une synthèse climatique des paramètres météorologiques.
- Troisième chapitre proposera une méthode originale de fusion d'images multispectrales.
- Le quatrième chapitre décrit divers travaux et résultats de la chaîne d'acquisition et de traitement liés à l'objectif du mémoire.

Comme conclusion sur notre travail, évalué les résultats obtenus, nous suggérerons quelques travaux de recherche comme perspectives.

Chapitre 1

Revue bibliographique sur la télédétection et les zones arides en Algérie

Partie 1 : Zones arides en Algérie

1. Introduction

La zone aride occupe environ le 1/3 de la surface terrestre et se trouve surtout concentrée en Afrique, en Asie et en Australie. Elles représentent aujourd'hui un enjeu écologique et économique majeur pour les pays situés dans cette partie du monde ; et ceux, à l'instar de l'Algérie, ayant une vaste proportion de leur territoire incluse dans ce type d'écosystèmes **(Benkheira, 2008).** A l'heure actuelle, les zones arides, soumises à des pressions anthropozoïques importantes dont dépendent les phénomènes parfois irréversibles **(Manière et Chamignon, 1986).**

En Algérie, la zone aride représente près de 95% du territoire national dont 80% dans le domaine hyper aride **(Halitim, 1985).** Elles sont confrontées au problème de désertification et ses conséquences, notamment la perte de la biodiversité et la disparition d'espèces, souvent à haute valeur patrimoniale. De plus, l'Algérie doit concilier la préservation de ces écosystèmes fragiles et garantir aux populations locales un développement équitable, au même titre que les autres régions situées au Nord du pays.**(Benkheira, 2008)**

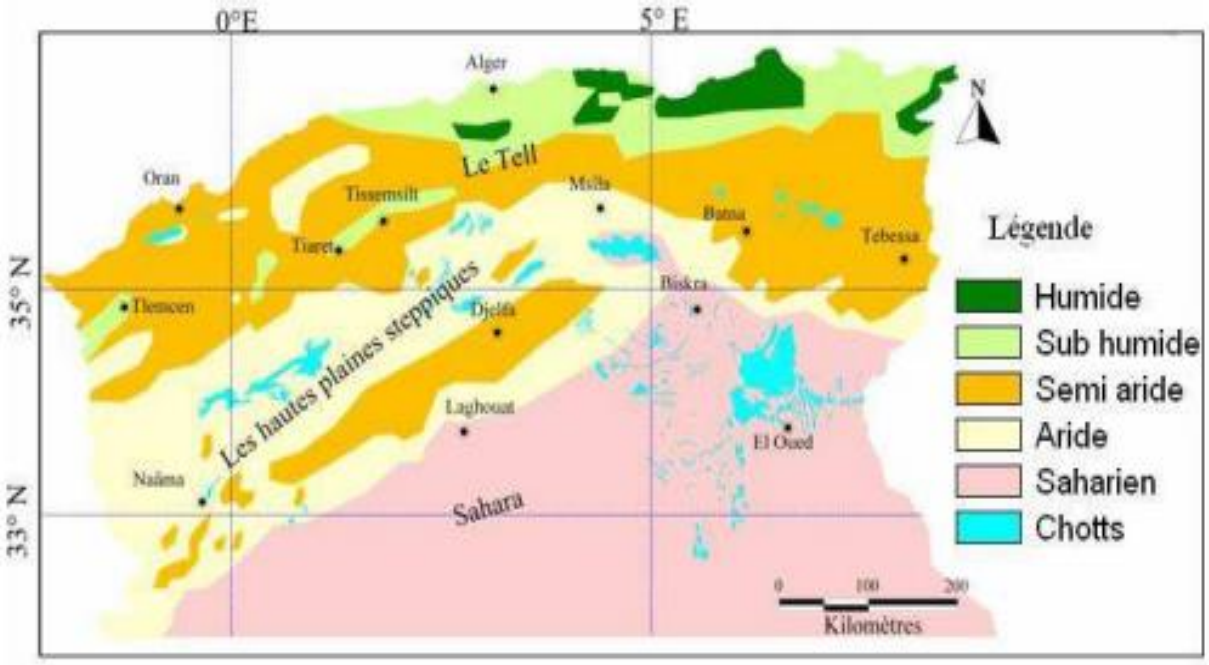


Figure 1 : Carte bioclimatique de l'Algérie **(ANAT, 2004).**

Néanmoins, la végétation steppique a fortement régressé, couvrant autrefois une partie importante de ces zones est exposée aux effets néfastes de l'homme et à des conditions écologiques et climatiques agressives**. (Haddouche et *al.*, 2009)**

L'évolution, à tendance régressive très prononcée, de ces groupements végétaux peut d'après **Claudin et *al* (1975)**, pour les hautes plaines algériennes, être schématisée de la façon suivante **:**

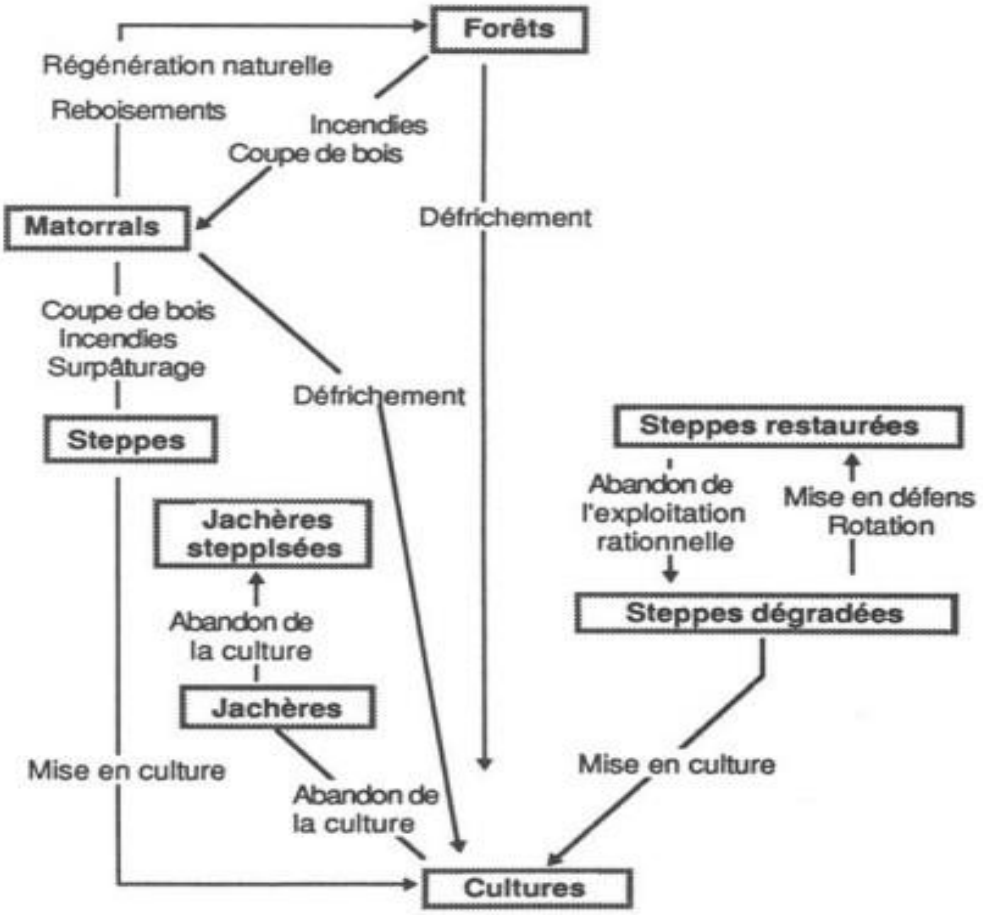


Figure 2 : Evolution des paysages végétaux en zone aride algérienne **(Claudin et *al.*, 1975)**

2. La steppe

2.1. Définition

Bien que plusieurs définitions existent de la steppe nous citant celle de **Le Houerou (1985)** qui définit la steppe comme étant un immense étendue à relief peu couvert d'une végétation herbacée et clairsemée. Le terme steppe correspond à une formation végétale néo climacique, basse, discontinue, formée d'espèces pérennes et annuelles et dépourvues d'arbres où le sol nu apparaît dans des proportions variables. En 1995, le même auteur note en décrivant la steppe algérienne que ce sont d'immenses étendues plus au moins arides, à relief peu marqué (600-700 m d'altitude) couvertes d'une végétation steppique basse, clairsemée caractérisée par un quotient P/E.T.P entre 0,065 et 0,28 recevant des précipitations moyennes annuelles variant de 100 à 400 mm**.**

Les limites de cet espace géographique s'appuient sur les critères pluviométriques entre 100 et 400 mm de pluviosité moyenne annuelle. D'une région à une autre, la steppe change de physionomie. Aux « mers » d'alfa se substituent des plateaux d'armoise blanche. A l'armoise se succèdent des régions dégradée ou des dépressions salines à végétations rare. **(Haddouche et *al.*, 2009)**

En Algérie, on estime la superficie steppique à 20 million d'hectares, ce qui représente une part de près de 8.5% du territoire national. La steppe algérienne présente une entité géographique bien différenciée, en raison de l'aridité de son climat, de son hydrologie, de la nature de son sol, de sa végétation, de l'occupation des terres et du mode de vie de ses habitants. C'est un ruban de 1000km de long sur une largeur de 300 km à l'ouest et au centre, réduit à moins de 150 km à l'est **(Halem, 1997)**. Elle se localise entre deux chaines de montagnes en l'occurrence, l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud. C'est ce qu'on appelle « bled el ghnem » (pays du mouton) car elle se caractérise par sa principale production : le mouton**. (Haddouche et *al.*, 2009)**

La Steppe algérienne constitue une vaste région qui, forme un ruban d'environ 1000 km de long sur 300 km de large, réduite à moins de 150 km à l'Est **(figure 3).** Elle s'étend sur une superficie de 20 millions d'hectares mais compte 15 millions d'hectares de parcours. Sa limite Nord commence avec le tracé de l'isohyète 400 mm, qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec. La Steppe, en tant qu'espace géographique, se limite au Sud de l'Atlas saharien à 100 mm de précipitations**. (Houamel, 2018)**

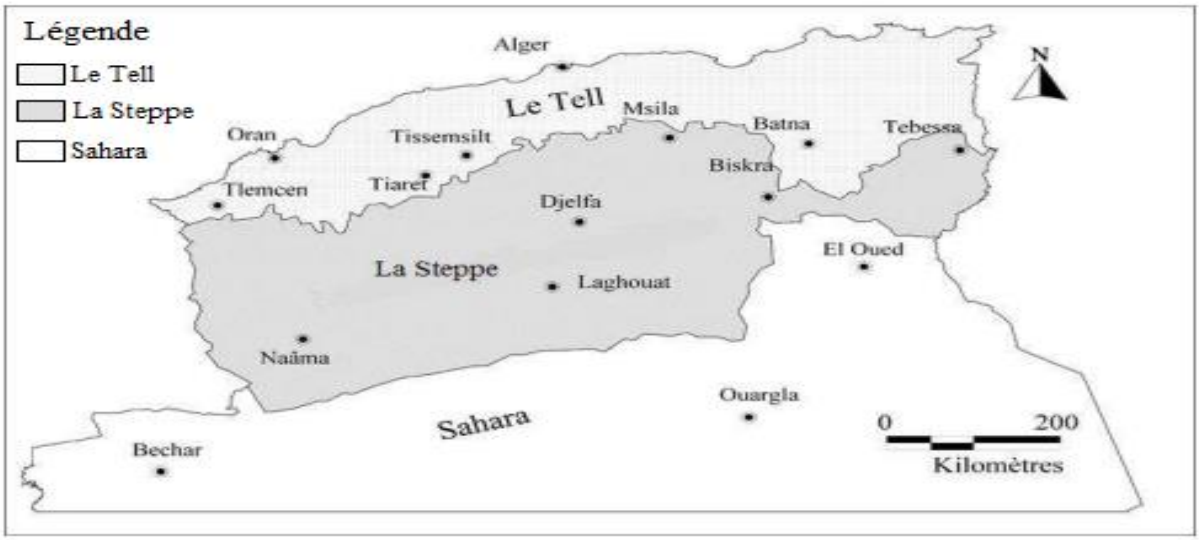


Figure 3 : La steppe en Algerie **(ANAT, 2004)**

2.2. La végétation steppique

Les steppes arides sont structurées et dénommées par des végétaux pérennes en touffes individualisées dans une matrice de sol nu ou occupé par des plantes à existence éphémère. Cette structure typique est une réponse à l'aridité.**(Montana, 1992)**

La végétation est formée en grande partie par des espèces vivaces ligneuses (chamaephytes) ou graminéennes. Arbustive ou buissonnante, elle est discontinue formant des touffes couvrant 10 à 80% de la surface du sol. C'est une végétation basse et traque une hauteur variable entre 10 à 60 cm. Ces espèces vivaces sont particulièrement adaptées aux conditions climatiques et édaphiques arides. Un grand nombre d'entre elles gardent leur verdure en saison sèche. À ces espèces vivaces s'ajoute une végétation annuelle dite printanière (acheb). Herbacée, elle apparait avec les premières pluies pour quelques semaines (2mois environ) et occupe en préférence les sols sablonneux et limoneux et humide. Elles s'abritent souvent à l'intérieur des touffes des espèces annuelles vivaces (chamaephytes, alfa, sparte…). **(Haddouche et al., 2009)**

La végétation steppique est dominée par l'Alfa (*Stipa tenacissima*) qui occupe 4 millions d'hectares, suivie par le Chih (*Artemisia herba alba*) avec 3 million d'hectares, puis le Sennagh (*Lygeum spartum*) et le Guettaf (*Artiplex halimus*) avec respectivement 2 et 1 million d'hectares. Le reste est occupé par des associations diverses**. (Bensouia, 2003)**

Les espèces les plus couramment rencontrées sur la steppe algérienne selon **(Haddouche et *al.*, 2009)** sont :

- *Stipa tenacissima* (alfa) est localisée sur des surélévations ou des sols lessivés ;
- *Lygeum spartum* (sparte) est localisée sur des dépressions ou plateaux à sol légèrement gypseux ;
- *Artemisia herba-alba* (armoise blanche) et *Aristida Pungens* (drin) sur des sols sableux ;
- *Atriplex halimus, Salsola vermiculata, Salsola tétragona et Salsola sieberi* sur des sols halomorphes.

Il est possible qu'avant l'action de l'homme, la végétation évoluant librement ; ait réalisé en chaque lieu des ensembles harmonieux, stables et équilibre avec les conditions du milieu. Après les interventions successives de l'homme et du cheptel dans le temps et dans l'espace, la végétation originelle a donné naissance à la végétation actuelle. Selon **(Le Houérou, 1985),** la steppe algérienne s'est maintenue dans un état dynamique relativement satisfaisant jusqu'à

1975. Une réduction considérable du potentiel de production est survenue entre 1975-1985, évalué à 75% en moyenne. **(Haddouche et *al.*, 2009)**

2.3. Le Climat

2.3.1. Pluviométrie

La pluviométrie constitue la référence la plus significative en région aride dans la répartition des formations et groupements végétaux **(Le Houérou, 1989)** et en matière de fonctionnement de l'écosystème **(Noy-Meir, 1974)** ce qui conditionne la sensibilité de tels écosystèmes au phénomène de désertification puisqu'elle conditionne l'état de la végétation pérenne**. (Houamel, 2018)**

Les précipitations varient entre 100 et 400 mm/an (figure 4) dans la zone steppique selon un gradient Sud-Nord **(Benguerai, 2011).**

La répartition de la région steppique peut être présentée comme suit **(Houamel, 2018) :**

- 300 - 400 mm, correspond à la zone sub-steppique du semi-aride **(Le Houérou et *al,* 1977)**, caractérisée par la disparition des espèces forestières et l'apparition des espèces steppiques telles que l'armoise (*Artemisia herba alba*), l'alfa (*Stipa tenacissima*) et le sparte (*Lygeum spartum*). Ces terrains considérés comme de bons parcours sont situés au Nord des Hautes Plaines algéro-oranaises et sur le versant Sud des Aurès, des Monts des Ouleds Naîls et des Nememchas. Dans cet étage bioclimatique, les parcours sont en compétition avec la céréaliculture au niveau des dépressions et même sur les glacis.
- 100 - 300 mm, cette tranche pluviométrique correspond à la région des steppes méridionales arides et présahariennes **(Le Houérou et *al,* 1977)** qui sont caractérisées par une réduction importante du couvert végétal donnant lieu à des parcours médiocres sur des sols squelettiques et ayant atteint un seuil de dégradation très avancé.
- < 100 mm, correspond à la zone Sud de l'Atlas saharien. La végétation est contractée et localisée dans les lits d'oueds. C'est une végétation hygrophile et psamophile fortement adaptée aux conditions xériques et qui présente un très fort taux d'endémisme. On retrouve des pâturages à base d'espèces graminéennes à *Aristida pungens* et *Panicum turgidum* et d'arbustes fourragers tels que les nombreux acacias.

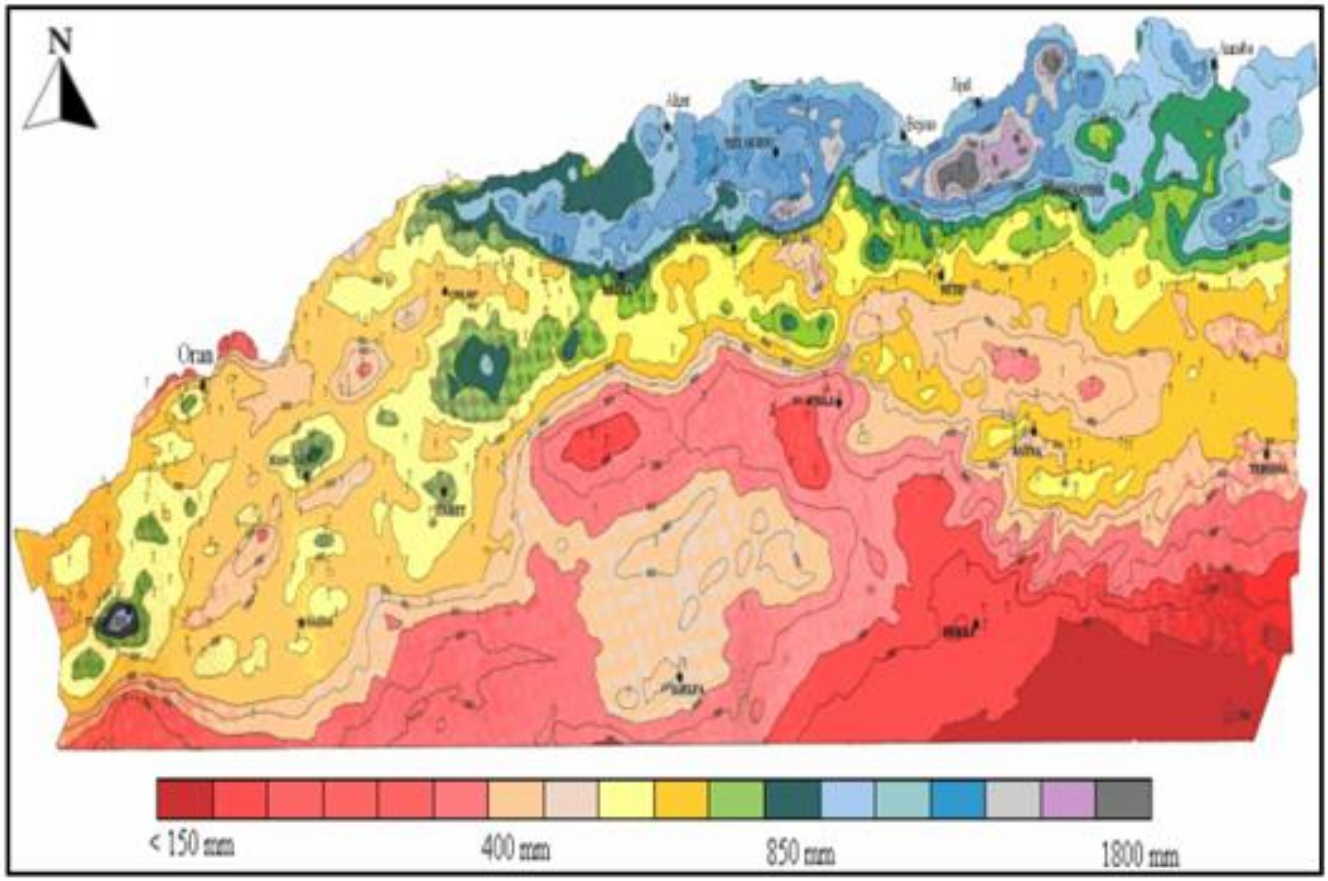


Figure 4 : Carte pluviométrique de l'Algérie (**ANAT, 2004**)

2.3.2. Température

La steppe algérienne est caractérisée par une période de sécheresse estivale longue allant de cinq à six mois. Sous l'effet du Sahara ces régions se caractérisent par un climat sec et chaud, la moyenne des températures minimales du mois le plus froid "m" comprise entre 0 et 9°C dans les régions littorales et entre – 2 et + 4°C dans les régions semi-arides et arides. Une moyenne des températures maximales du mois le plus chaud "M" varie avec la continentalité, de 28°C à 31°C sur le littoral, de 33°C à 38°C dans les Hautes Plaines steppiques et supérieure à 40°C dans les régions sahariennes. **(Houamel, 2018)**

2.3.3. Les vents

Le vent est l'aspect climatique le plus important dans l'étude d'une région aride, il est malheureusement souvent délaissé ou mal évalué dans les stations météorologique (où il se compte en nombre de jour) alors qu'il joue un rôle déterminant dans sa capacité de transport d'éléments solides si sa vitesse était bien appréciée. A ce sujet **Bensaïd (2006)** note : « Le vent est non seulement, un agent érosif spécifique au façonnement des paysages désertiques, mais aussi responsable de l'ensablement et de leur origine ». Le vent est donc capable

d'éroder des roches tendres et cela par le frottement exercé par les grains de sable transportés. La zone steppique est un champ de remous pour les masses d'air, en raison des immenses étendues et des couloirs qu'elle comporte. **(Benguerai ,2011).**

2.4. Les ressources en eau

Les potentialités en eau du pays s'élèvent à environ 16,8 milliards m3, dont 80 % sont renouvelables (70 % pour les eaux de surfaces et 10 % pour les eaux souterraines) et sont localisées dans la frange nord du pays **(Nedjraoui D. et Bedrani, 2008)**. Le réseau hydrographique peut être représenté par des dispositifs de captage des eaux superficielles et par l'utilisation des eaux d'infiltration **(Benrebiha, 1984)**. Ces eaux superficielles sont captées par des petits ouvrages à ciel ouvert que ce soit au niveau des piémonts aménagés pour domestiquer les épandages de crues, dans les lits d'oueds, barrés par de petits barrages, dans des citernes (ou R'dirs) construites pour recueillir les eaux de ruissellement et pouvant contenir de 50 à 60.000 litres. Pour les eaux d'infiltration, les sources sont le plus souvent situées au pied des massifs calcaires des piémonts, ainsi que les sources artésiennes autour des sebkhas. Les puits permettent l'utilisation des eaux de nappes phréatiques **(Houamel, 2018).**

2.5. Les Sols steppiques

Le sol est un milieu cohérent dont les propriétés s'expliquent par son histoire, les conditions de son environnement et souvent aussi par l'action humaine. Les sols steppiques sont pauvres et fragiles à cause de la rareté de l'humus et de leur très faible profondeur. « Adaptés au régime climatique aride, ils sont généralement peu évolués, moins profonds et parfois inexistants. Ils sont caractérisés par une évolution beaucoup plus régressive que l'inverse, c'est-à-dire morphogenèse qui l'emporte sur la pédogenèse » **(Haddouche, 1998).**

Les sols steppiques ont deux caractères principaux :

- Pauvreté et fragilité des sols, prédominance des sols minces de couleur grise due à la raréfaction de l'humus. Ce sont les sols les plus exposés à la dégradation ;
- Existence des sols cultivables dont la superficie est limitée et bien localisée.

La répartition géographique des sols est, en général, suivant la situation géomorphologique, ainsi que le degré de pente. Les sols minéraux bruns d'érosion, par exemple, sont liés aux affleurements rocheux et sont situés sur de fortes pentes. En fonction du substrat rocheux, on distingue principalement les lithosols et les rigosols en altitude. Les

dépressions qu'elles soient linéaires (lits d'oueds) ou des dépressions fermées constituées par les chotts et les dayas sont les meilleurs sols. Ce sont des sols formés par des éléments fins déposés par les eaux de ruissellement, constituant un horizon pédologique très fertile. Les sols des piémonts sont beaucoup moins homogènes et moins épais. Leurs constituants son plus grossiers et moins stables que ceux des sols des dépressions. **(Haddouche et *al.*, 2009)**

3. Les changements subis sur les steppes

Les descriptions des steppes d'aujourd'hui sont parfois très alarmantes, constituant une des préoccupations majeures dans l'ensemble des pays. Le phénomène de dégradation des parcours steppiques n'est pas récent et a été rapporté depuis plus d'un siècle.

Au cours des quatre dernières décennies, ces milieux semblent avoir subi des changements particulièrement rapides et intenses, mais cette période a été également marquée par des sécheresses récurrentes, plus ou moins graves selon les régions. Les changements profonds des politiques de gestion adoptées ainsi que des usages et pratiques d'élevage ont certainement modifié les niveaux des impacts anthropozoïques sur la végétation et les milieux**. (Aidoud et *al.*, 2006).**

En Algérie, les écosystèmes steppiques vivent sous une double menace, d'une part la surcharge d'un cheptel en constante croissance et d'autre part l'exploitation aléatoire et mécanisée qui conduit à la dégradation des sols fragiles. Hélas, ce fabuleux patrimoine s'est rétréci au fil des temps comme une peau de chagrin pour ne plus couvrir, aujourd'hui, qu'une partie infirme du territoire national**. (Haddouche et *al.*, 2009)**

Ainsi, ces dernières années, on assiste à un véritable changement dynamique de la steppe avec l'avancée et l'extension de l'ensablement vers l'intérieur du pays. En effet, les effets néfastes des périodes de sécheresses à partir des années 1970 conjugués à l'accroissement de la population (sous l'effet des contraintes socio-politiques) ainsi que la conjoncture qu'a connu le pays dans les années 1990 ont fortement bouleversé l'équilibre fragile du milieu steppique aride**. (Bensaïd et *al.*, 2021)**

3.2. **Extension du sable et érosion éolienne**

Les phénomènes de l'érosion éolienne et de l'extension de l'ensablement ne peuvent se produire que si les conditions édaphiques, climatiques et de végétation leur offrent un terrain propice, à savoir :

- l'aridité du climat;

- un sol peu profond;
- présence d'un espace assez étendu et absence de barrières naturelles permettant de limiter la vitesse du vent pour freiner les mouvements des particules;
- un taux de recouvrement faible de la végétation.

Les conditions énumérées ci-dessus sont en réalité omniprésentes dans cette zone d'étude; sauf que dans le passé le couvert végétal était dense. A cette époque on a parlé de «mer d'alfa» tellement il y avait une forte densité des espèces herbacées et légumineuses qui protégeaient le sol. Cette végétation a joué un rôle considérable dans le piégeage du sable et de la matière organique entraînée par le vent; matériaux qui s'accumulent au pied de chaque touffe de végétation.**(Bensaïd, 2006)**

Ces dernières années on assiste à un déséquilibre écologique qui a favorisé l'extension phénoménale de l'ensablement dans des endroits, épargnés auparavant. Les causes sont plus complexes qu'on l'imagine dont le facteur humain à une grande responsabilité. Le défrichement, l'agriculture extensive et itinérante, l'arrachage des espèces ligneuses, l'évolution de la population, la sédentarisation des nomades et le surpâturage sont autant de facteurs qui ont contribué à la création des conditions les plus propices pour que l'érosion éolienne prend une telle ampleur. Cette dernière a comme point de départ les zones ayant un sol sablonneux dépourvu d'une couverture végétale. L'ampleur du phénomène réside dans sa vitesse de propagation amplifiée par les vents efficaces. Il gagne du terrain au fur et à mesure que la végétation avoisinante est détruite ou enterrée.**(Bensaïd, 2006)**

Partie 2 : Télédétection

1. Introduction et définition

Le mot télédétection (en anglais « remote sensing ») désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'étudier à distance des objets ou des phénomènes. Le néologisme « remote sensing » fait son apparition aux Etats-Unis dans les années soixante, lorsque des capteurs nouveaux viennent compléter la traditionnelle photographie aérienne. La télédétection permet, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre (y compris l'atmosphère et les océans), sans contact direct avec celle-ci. Elle englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information. **(Kergomard, 1990)**

La télédétection permet d'étudier de vastes champs géographiques et constitue un puissant outil pour l'étude de la fracturation. En effet, le traitement des données satellitaires est devenu incontournable pour l'évaluation des ressources naturelles et la cartographie des états de surface d'où son utilisation dans le cadre de cette étude. **(Ta, M. Y, Lasm, T. Jourda, J. P, Kouamé, K. F, & Razack, M, 2008)**

2. Historique de la Télédétection

- 1783 : Première ascension en ballon par les frères Montgolfier
- 1839 : Invention de la photographie.
- 1858 : Premières photos aériennes par Nadar,
- 1957 : Entrée de la télédétection dans l'ère moderne avec le lancement de Spoutnik
- 1972 : Lancement du programme Land SAT (USA),
- 1986 : Lancement de Spot 1 (France +Belgique et Suède),
- 1991 : Mise en orbite et début de l'exploitation du satellite européen ERS-1, équipé de plusieurs capteurs passifs et captifs pour l'étude de l'environnement global de la planète.
- 1999 : Lancement par la société privée Space Imaging Corp. du satellite IKONOS, offrant des images à très haute résolution spatiale (1 m).

L'Algérie possède un satellite de communication Alcomsat-1, construit pas une société chinoise « China Aerospace Science and Technology Corporation ». En plus de ce satellite de communication, l'Algérie a aussi lancé quatre satellites d'observation de la terre. Il s'agit :

- Alsat-1 : lancé le 28 novembre 2002, est le premier d'une série de cinq microsatellites, lancés dans le cadre de DMC (Désastres Monitoring Constellation), pour la période de temps de 2002-2005. L'objectif de la mission est de fournir des images multi spectrales de résolution moyenne pour la surveillance des catastrophes naturelle ainsi que pour d'autres applications thématiques de la télédétection.
- Alsat-1B : ce satellite assure la continuité de la couverture nationale antérieurement assurée par le satellite Alsat-1,
- Alsat-2A : lancé le 12 juillet 2010. C'est le deuxième satellite d'observation de la terre du programme spatiale national, à haute résolution spatiale (2,5m en mode panchromatique et 10m en mode multi spectrale couvert par les quatre canaux spectraux: bleu, vert, rouge et proche infrarouge).
- Alsat-2B : mis en orbite le 26 septembre 2016. Ces deux derniers forment une mini-constellation offrant des images à haute résolution, avec une plus grande réactivité dans la programmation et un volume d'images prises quotidiennement **(Boudebza et *al*., 2020).**

3. Objectif de la télédétection

La télédétection a pour objectif de fournir des informations sur les paysages sous la forme de données images en utilisant le rayonnement électromagnétique comme véhicule de ces informations. **(Boudebza et al., 2020)**

4. Principes de base de la télédétection

On peut rappeler que tout corps dont la température est supérieure au Zéro absolu (-273,15°C) émet de multiples rayonnements, dans des longueurs d'ondes différentes dont les caractéristiques vont dépendre des propriétés physiques et chimiques du corps et de sa localisation dans l'espace. À partir de là, on peut concevoir qu'en captant et en enregistrant le rayonnement électromagnétique d'un objet, on peut acquérir de l'information sur celui-ci : c'est le principe de base de la télédétection. Cette information peut porter sur la position des objets, leurs dimensions et leurs formes mais aussi sur leurs propriétés optiques (absorption, réflexion, transmission) et physico-chimiques (température, teneur en eau, en chlorophylle...) **(Collet, 2010).**

On distingue en général les moyens de télédétection « active » et « passive » (**Figure 5**)**:**

- ✓ *Télédétection passive:* enregistrement du rayonnement naturel, fourni par la lumière ou la chaleur, qu'il soit émis, réfléchi ou réfracté (ex : photographies aériennes du paysage éclairé par la lumière du soleil ainsi que certaines images satellitaires comme (SENTINEL-2, LANDSAT, IKONOS, SPOT,…)
- ✓ *Télédétection active*: enregistrement du rayonnement que réfléchit l'objet ou le paysage « illuminé » par l'appareil de mesure (ex : images radar (SENTINEL-1,…)

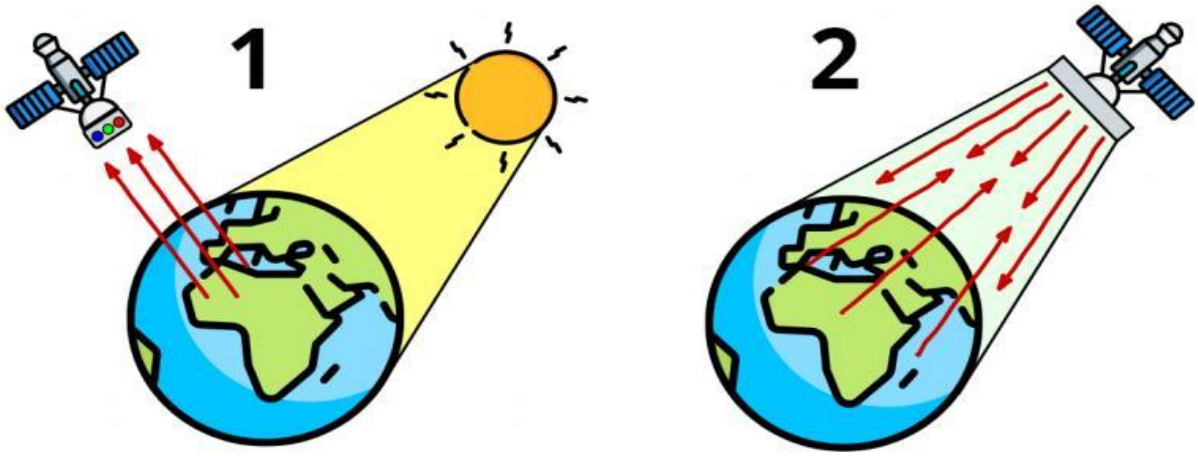


Figure 5 : Illustration des principes de télédétection passive (1) et de télédétection active (2) **(Collet, 2010).**

5. Processus de la télédétection

Pour que le processus de télédétection se réalise, il faut qu'il y ait une interaction entre trois éléments : une cible, une source d'énergie et un capteur. La cible correspond à l'objet ou à la portion de la surface terrestre que l'on souhaite étudier. Lorsque celle-ci reçoit l'énergie, elle peut, en fonction de la longueur d'onde, de la nature ou/et les conditions de sa surface, l'absorber, la transmettre ou la réfléchir. La source d'énergie est l'élément qui « éclaire » la cible en émettant une onde électromagnétique. Il peut s'agir d'une énergie naturelle comme le Soleil (télédétection passive) ou d'une énergie artificielle (télédétection active). Le capteur, enfin, va mesurer l'énergie réfléchie ou émise par la cible. Ce signal va ensuite être retransmis vers une station de réception qui traduit ce signal en une image numérique.

Le schéma suivant, extrait du site Internet du Centre Canadien de la Télédétection (CCT) permet d'illustrer les différentes étapes de ce processus :

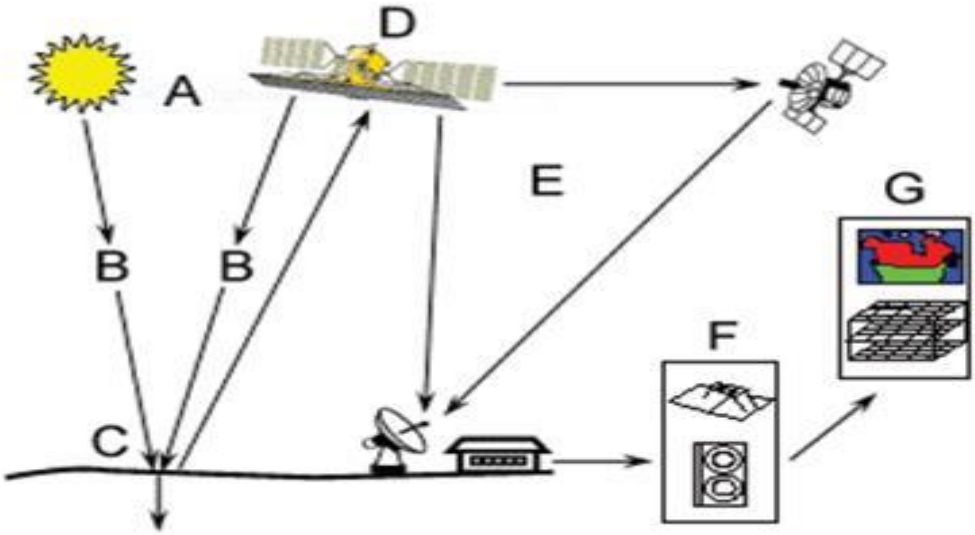


Figure 6 : Processus de télédétection **(CCT, 2008).**

A- Source d'énergie qui illumine la cible

B- Les interactions entre le rayonnement et l'atmosphère

C- Interaction de l'énergie avec la cible (phénomène d'absorption, de diffusion et de transmission)

D- L'énergie émise par la cible est captée puis enregistrée par le capteur

E- L'énergie enregistrée est transmise à une station de réception et transformée en image numérique

F- et **G** L'image peut être analysé, traitée et interprétée et l'information de cette image peut être utilisée.

Au cours de certaines étapes, le rayonnement électromagnétique traverse une partie de l'atmosphère, or celle-ci est composée de gaz (dioxyde de carbone, ozone...) d'aérosols et de vapeur d'eau qui peuvent affecter le rayonnement électromagnétique et donc modifier le signal, élément qu'il est nécessaire de prendre en compte lors de l'identification et de la caractérisationde l'objet **(Collet, 2010).**

6. Bases physiques de la télédétection

6.1. Le rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique est une forme de propagation de l'énergie dans la nature, cette énergie constituée d'ondes électromagnétiques est considérée comme le vecteur porteur d'une formation relative à l'objet étudié. **(Boudebza et *al.*, 2020)** Le rayonnement électromagnétique (REM) peut naître de différentes sources : du soleil

(domaine du visible, du proche et du moyen infrarouge), d'une source artificielle ou encore du sol (domaine de l'infrarouge thermique et des micro-ondes). **(Collet, 2010)**

6.2. Le spectre électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique, d'origine naturelle ou artificielle, existe pour une gamme très étendue de fréquences ou de longueurs d'onde (de 10^{-9} m à 10^{5} m), qui constitue le spectre électromagnétique **(Figure 7).**

Une partie très limitée de ce spectre, entre 0,390 µm (390 nm) et 0,7 µm (700 nm), constitue la lumière visible à laquelle est sensible l'œil humain. Une décomposition en fonctions des longueurs d'onde de la lumière visible (lumière blanche) aboutit à distinguer les lumières colorées: violet (390 à 450 nm), bleu (450 à 490 nm), vert (490 à 580 nm), jaune (580 à 600nm), orange (600 à 620 nm) et rouge (620 à 700 nm). Les longueurs d'onde inférieures à 390nm (ou les fréquences supérieures à celle du violet) ne sont pas perçues par l'œil humain ; il s'agit du rayonnement ultra-violet. De même, les longueurs d'onde supérieures à 700 nm, également non-perçues par l'œil humain, constituent le domaine infrarouge. **(BONN et ROCHON, 1992).**

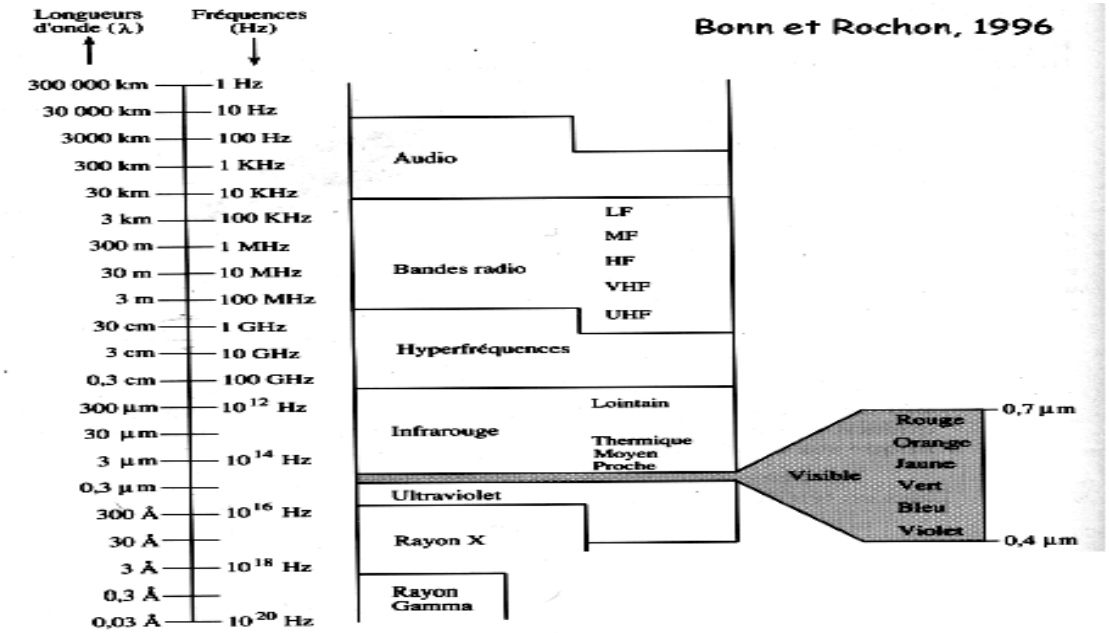


Figure 7 : Spectre électromagnétique **(Bonn et Rochon, 1992).**

Le spectre électromagnétique est un classement du rayonnement électromagnétique en fonction des fréquences et des longueurs d'ondes. Les ondes électromagnétiques sont hiérarchisées des plus courtes longueurs d'ondes (rayons gamma, rayons X) aux plus grandes

longueurs d'ondes (micro-ondes, ondes radio). Du fait de la transparence de l'atmosphère, seules certaines parties du spectre électromagnétique sont exploitables en télédétection : les hyperfréquences (microondes), l'infrarouge, le visible (seule partie du spectre détectable par l'œil humain) et l'ultraviolet. **(Collet, 2010)**

6.3. La signature spectrale

La signature spectrale d'un élément/d'une matière correspond à la représentation graphique de la variation de sa réflectance (axe Y) en fonction des longueurs d'onde du spectre auquel le capteur utilisé est sensible (axe X) **(Figure 8).** Différents éléments/matières (ex : terre vs végétation) ou des éléments/matières présentant différents états (ex : plus ou moins humide/sec) présenteront en général une signature spectrale différente. La signature spectrale peut donc être utilisée pour identifier/reconnaitre/caractériser différents éléments/matières et/ou leur état. **(Denis, 2020)**

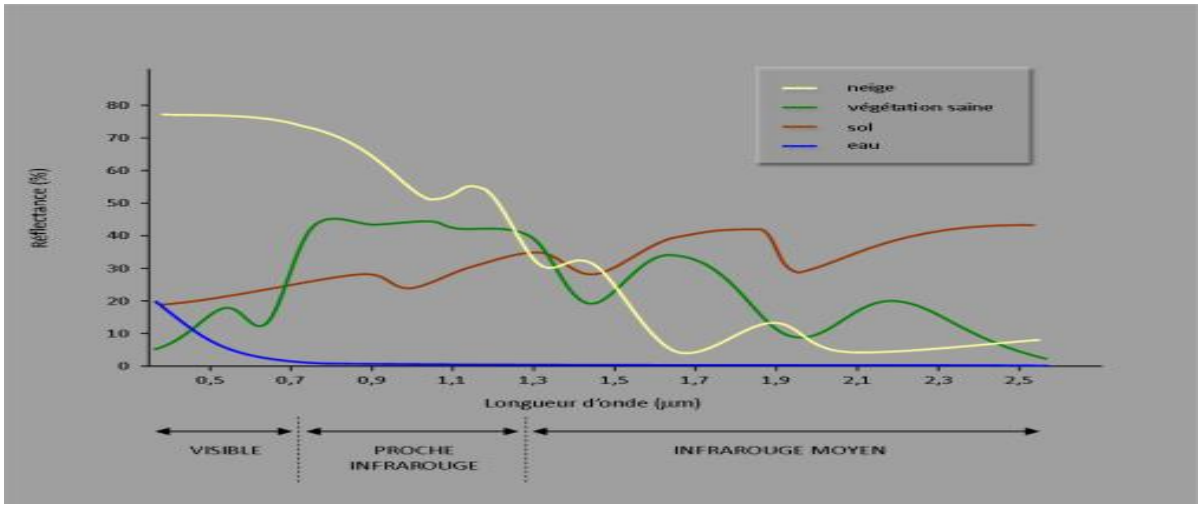


Figure 8: Signature spectrale des surfaces naturelles dans les domaines du visible, du proche InfraRouge et de l'InfraRouge moyen. (**Thomas, 1978).**

Chaque type d'objet ou de surface a des caractéristiques spécifiques en termes de rayonnement électromagnétique et se comporte donc de manière différente selon les longueurs d'ondes. Les rayonnements réfléchis par les objets en fonction de la longueur d'onde sont appelés signatures spectrales. L'analyse de ces signatures spectrales permet d'identifier les objets et de déterminer certaines de leurs propriétés. Les données se présentent sous une forme numérique ce qui est intéressant puisque cela permet des traitements des données (combinaisons des données issues de différentes bandes spectrales, extraction de certains objets ou surfaces du fait des caractéristiques de leurs rayonnements…). En cela, les images satellitales se différencient grandement des photographies aériennes. **(Collet, 2010)**

6.4. La réflectance solaire

La réflectance solaire se définit comme le rapport entre l'énergie solaire réfléchie et l'énergie solaire incidente sur une surface (Energie Solaire Réfléchie / Energie Solaire Incidente (**Figure 9).** Par exemple, une réflectance de 100% signifie que la surface en question réfléchit toute l'énergie solaire dans l'atmosphère et n'en absorbe aucune fraction **(Denis, 2020)**

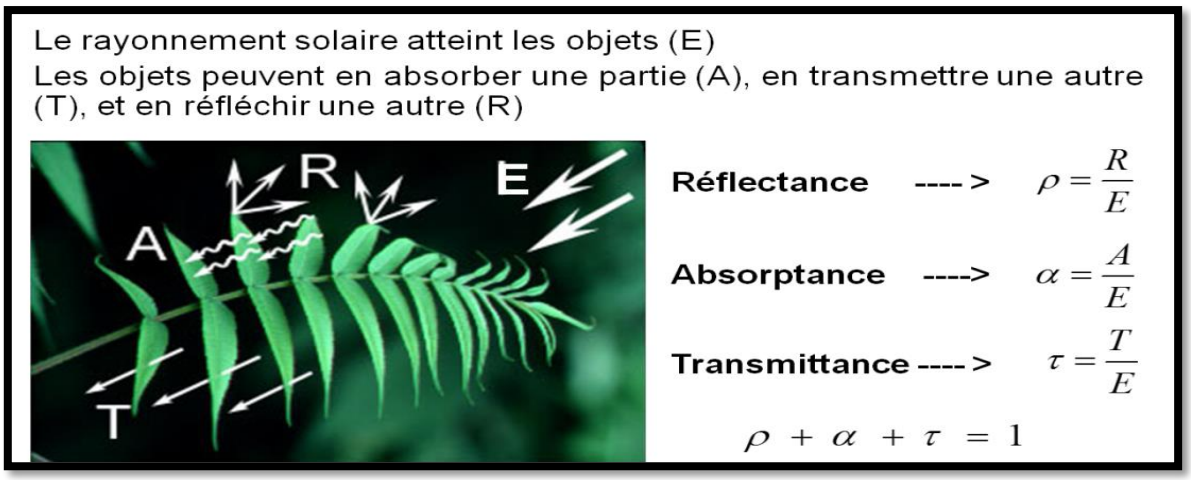


Figure 9 : Principe de la réflectance solaire **(Denis, 2020)**

7. Les images satellitaires

Une image est une représentation graphique, quel que soit longueurs d'onde ou le dispositif de télédétection a été utilisée pour détecter et enregistrer l'énergie électromagnétique. Chaque élément de l'image dans une image, appelé un pixel, a pour coordonnées (x, y) dans l'espace discret représentant un échantillonnage en continu de la surface de la terre. Valeurs de pixels d'image représentent l'échantillonnage de la radiance de surface. Valeur du pixel est aussi appelé intensité de l'image, luminosité de l'image ou niveau de gris. Dans une image multi-spectrale, un pixel a plus d'un niveau de gris. Chaque niveau de gris correspond à une bande spectrale. Ces niveaux de gris peuvent être considérés comme des vecteurs de niveaux de gris. **(Benmostefa, 2012).**

7.1. Résolutions des images satellitaires

a) **Résolution spatiale** : Correspond à la longueur des côtés des pixels de l'image habituellement exprimée en mètres (ou en kilomètres pour les images de basse résolution spatiale ≥ 1km) **(Denis, 2020)**

b) **Résolution temporelle :** Fréquence à laquelle les images d'une série temporelle sont disponibles/captées pour un endroit donné **(Denis, 2020)**

c) Résolution spectrale : Aptitude d'un système de détection à distinguer des rayonnements électromagnétiques de fréquences (de longueurs d'onde) différentes. Le nombre et la largeur (gamme de longueurs d'ondes) des bandes spectrales d'une image (ou auxquelles un capteur est sensible). Plus la résolution spectrale est fine, plus les gammes de longueurs d'ondes des différents canaux du capteur sont étroites.

d) Résolution radiométrique : La résolution radiométrique d'un système de télédétection décrit sa capacité à reconnaître de petites différences dans l'énergie électromagnétique. Plus la résolution radiométrique d'un capteur est fine, plus le capteur est sensible à de petites différences dans l'intensité de l'énergie reçue. La résolution radiométrique est définie par le nombre maximum de niveaux d'intensité d'énergie électromagnétique que le capteur peut enregistrer et dépend du nombre de bits utilisés pour représenter l'intensité enregistrée, par exemple :

Si 8 bits sont utilisés, 2^8 soit 256 valeurs numériques allant de 0 à 255 sont disponibles

Si 4 bits sont utilisés, 2^4 soit 16 valeurs numériques allant de 0 à 15 sont disponibles. **(Denis, 2020)**



4 bits **8 bits**

Figure 10: Résolution radiométrique à 4 bits et 8 bits

8. Domaines d'applications de la télédétection

Les domaines d'applications de la télédétection spatiale sont très nombreux :

- La production de cartes d'occupation du sol par classification de données multispectrales ou autres.
- Le suivi des conditions de végétation naturelle ou agricole via l'utilisation de séries temporelles d'indices de végétation (ex : NDVI, etc.).
- Le suivi des catastrophes naturelles telles que les inondations, glissements de terrain, tremblements de terre, incendies, déforestation, pollutions marines, etc.

- Le suivi du changement climatique et des effets induits : suivi de la température de surface (eau et continent), de la fonte des glaces, du niveau des mers, etc.
- La mesure du relief et la réalisation de cartes topographiques via stéréoscopie ou télédétection radar.
- La détection des précipitations, des aéronefs et des navires via télédétection radars
- La cartographie des fonds marins via l'utilisation de sonars **(Denis, 2020)**

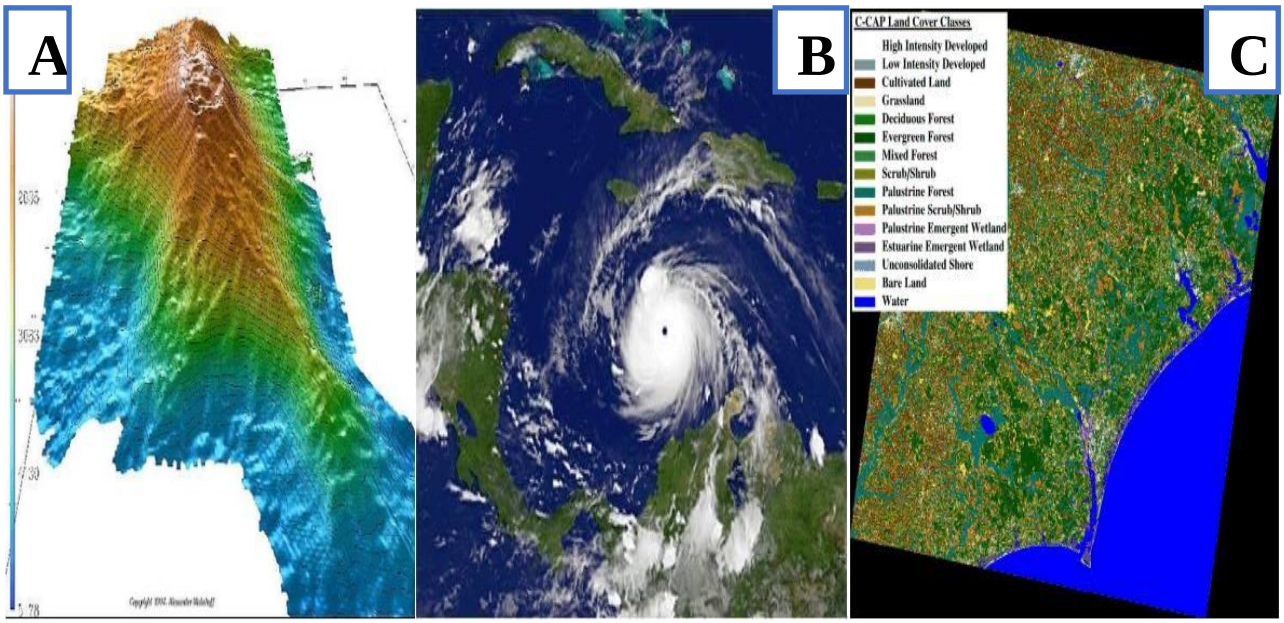


Figure 11 : Quelques exemples d'application de la télédétection spatiale : **(A)** réalisation de Modèles Numériques de Terrain (MNT), **(B)** suivi des conditions atmosphériques, **(C)** carte d'occupation du sol **(Denis, 2020).**

8.1. Télédétection des milieux arides

Les régions arides sont facilement observées par les satellites. Elles ont été parmi les premières à être étudiées depuis l'espace. La télédétection spatiale répond de plus à un besoin important de cartographie à petite échelle de ces vastes régions. Souvent peu connues (**Escadafal. 1982 : Poncet. 1986 : Abdel-hady. 1987).**

En particulier dans le cas des ressources végétales, difficiles à évaluer par les méthodes classiques. La télédétection est rapidement apparue comme un outil privilégié **(Lacaze. 1975 : Bonner, 1982 : Graetz et *al.*. 1982 ; McGRAW et TUELLER, 1983)**, qui est toujours d'actualité **(Lacaze et *al.*, 1985 ; Lacaze et L Lahraoui. 1987)**

8.2. Intérêt des images satellitaires dans l'étude des zones arides et semi-arides

La télédétection permet l'acquisition à distance de scènes terrestres, à partir desquelles on peut extraire les objets d'intérêt. Ceci exige non seulement la maîtrise du processus de

télédétection, mais aussi l'interaction entre le rayonnement électromagnétique incident et les objets. La portion, réfléchie de ce rayonnement et modifiée par l'atmosphère constitue l'entrée de base des systèmes de télédétection opérant dans les bandes spectrales allant du visible à l'infrarouge **(Bensaïd 1997).**

Les images satellitaires constituent un outil important dont il faut tenir compte dans le cadre de la planification et de la gestion harmonieuse des travaux concernant l'érosion éolienne. Selon **Pouchin (2001)**, les images sont descriptives et elles apportent une information visuelle beaucoup plus importante par rapport à l'homme. L'aspect multi-spectral des données de télédétection offre un atout crucial dans la caractérisation des objets dans une large bande spectrale. Quant à l'aspect multi-résolution le passage d'une échelle fine à une échelle plus petite est tout à fait possible. De cette façon on peut décrire n'importe quel problème, d'ordre naturel ou artificiel, selon les besoins exprimés soit par la nature du phénomène à étudier (étude à l'échelle régionale) soit par le manque de documents cartographiques et thématiques à une échelle imposée par les décideurs en vue d'un aménagement local. A cet égard, la télédétection permet :

- de dégrossir la recherche des secteurs dégradés (parcours steppiques et terrains agricoles ensablés) en donnant une vue synoptique d'un territoire qu'on veut analyser et aménager;
- de comparer dans l'espace et dans le temps les différentes mutations des unités constituant les différents paysages de la région d'étude;
- de localiser les zones où la régénération est possible et les zones où il faut intervenir en urgence pour limiter et atténuer les dégâts;
- d'obtenir des informations concernant des zones isolées ou d'évaluer l'impact des décisions de gestion des ressources

En fin, d'après l'étude de **Bardinet, (1994),** le choix d'un système de télédétection est crucial, il dépend :

- de la résolution au sol du pixel;
- du nombre et de l'intervalle des bandes spectrales;
- du cycle d'enregistrement de données disponibles diurnes, nocturnes, multi-saisons;
- de la superficie couverte par une seule image.

Chapitre 2
Présentation de la zone d'étude

1. Cadre abiotique

1.1. Localisation de la zone d'étude

Le sud oranais se situe sur les hautes plaines steppiques de l'Algérie. La zone concernée par cette étude s'étend sur une superficie d'environ 38078 km2, en longitude entre 1°43' Ouest et 1°17' Est et en latitude entre 32°29' et 34°24' Nord. Elle compte la wilaya Naâma et une partie de la wilaya de El Bayadh.

La wilaya de Naâma est située entre l'atlas tellien et saharien dans sa partie occidentale, limitée au Nord par les wilayas (préfecture) de Tlemcen et Sidi bel Abbés, au Sud par la wilaya de Bechar, à l'Est par la wilaya d'El- Bayadh et à l'Ouest par le Royaume du Maroc. Elle s'étend sur une superficie de 29 825 km2, entre 32°08' et 34°16' de latitude nord et 0°09' et 1°43' de longitude ouest.

La Wilaya d'EL Bayadh est comprise entre les parallèles 30° 42'et 34° 28' de l'altitude Nord et entre les méridiens de longitude 0° 24' à l'Ouest fuseau 30 et 2° 16' à l'Est fuseau 31. Elle s'étend sur une superficie de 71.696,70 Km².

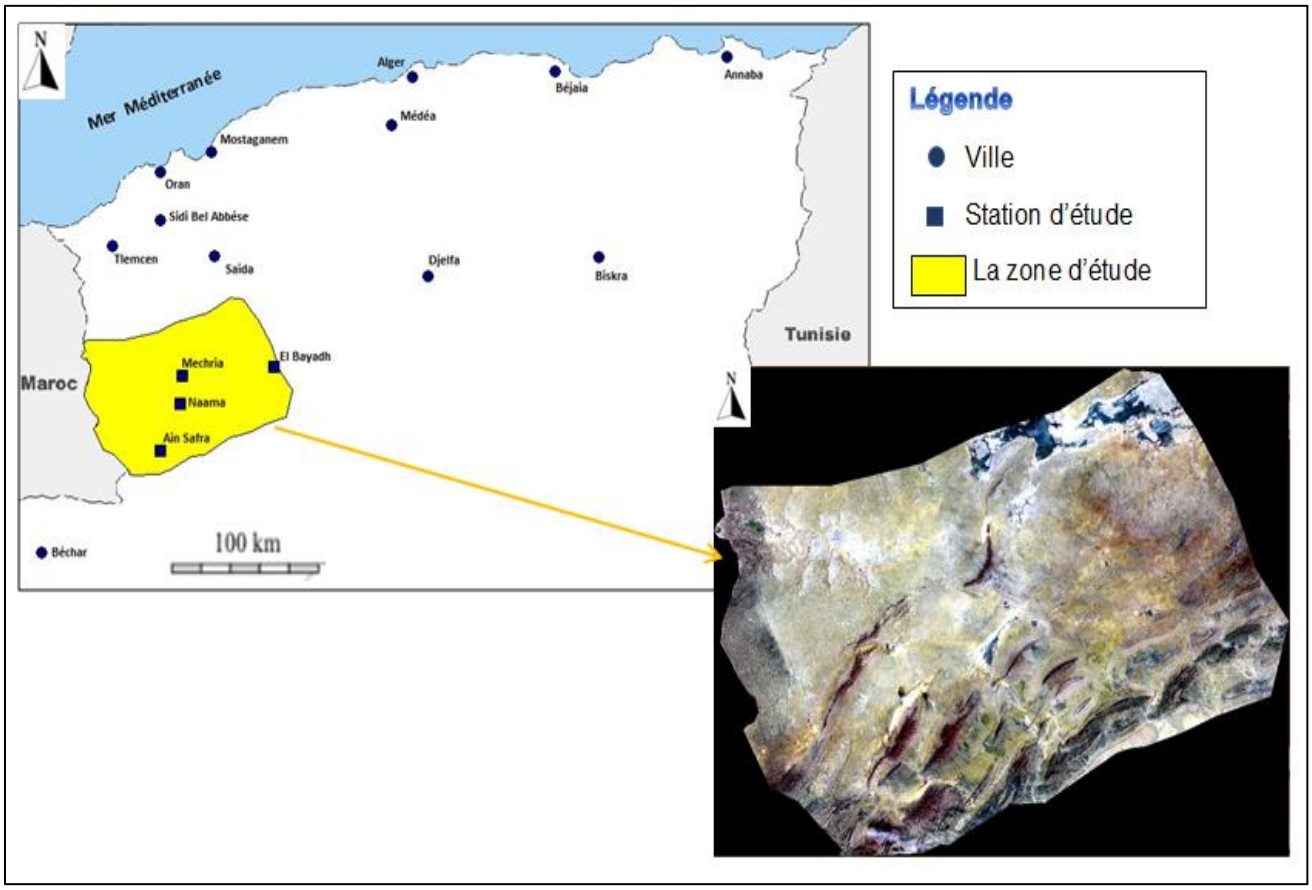


Figure 12 : Localisation de la zone d'étude

1.2. Géologie

La géomorphologie est considérée comme une expression synthétique de l'interaction entre les facteurs climatiques et géologiques. Ainsi, les principaux cycles climatiques du Quaternaire ont donné à la région steppique une physionomie particulière en relation avec la nature du substrat géologique et la tectonique d'ensemble.**(Bensaïd, 2006)**

Sur les plans stratigraphique et structural, la wilaya de Naâma est divisée en deux ensembles distincts **(Chikh, 2011)** :

- **La zone des hautes plaines** : Cette zone présente une structure stable à activité tectonique limitée et une stratigraphie caractérisée par des dépôts essentiellement continentaux (miocène, pliocène et quaternaire).
- **La zone montagneuse et présaharienne** : Cette zone, qui fait partie de l'Atlas saharien, est limitée au nord et au sud par les flexures nord et sud atlasiques, des failles qui sont à l'origine de la remontée des sels (Trias).

  Sur le plan structural, elle correspond à un ensemble de synclinaux et d'anticlinaux orientés sud-ouest nord-est, où les formes anticlinales constituent l'essentiel des monts des Ksour culminant à plus de 2000 m.

  Sur le plan stratigraphique, deux grandes formations du secondaire affleurent dans cette wilaya : le jurassique au niveau des anticlinaux et le crétacé au niveau des synclinaux. Quant aux autres formations: Le quaternaire couvre toutes les parties basses. La dépression située entre Ain Sefra et Mecheria limitée au nord-ouest par un alignement de petits djebels (Djebel Gaaloul, Djebel El Arar, Djebel Kerrouch, Djebel Bou Rhenissa, Djebel Guetob El Hamara…) dont les formations sont jurassiques, est occupée par des dépôts continentaux du pliocène et quaternaire.

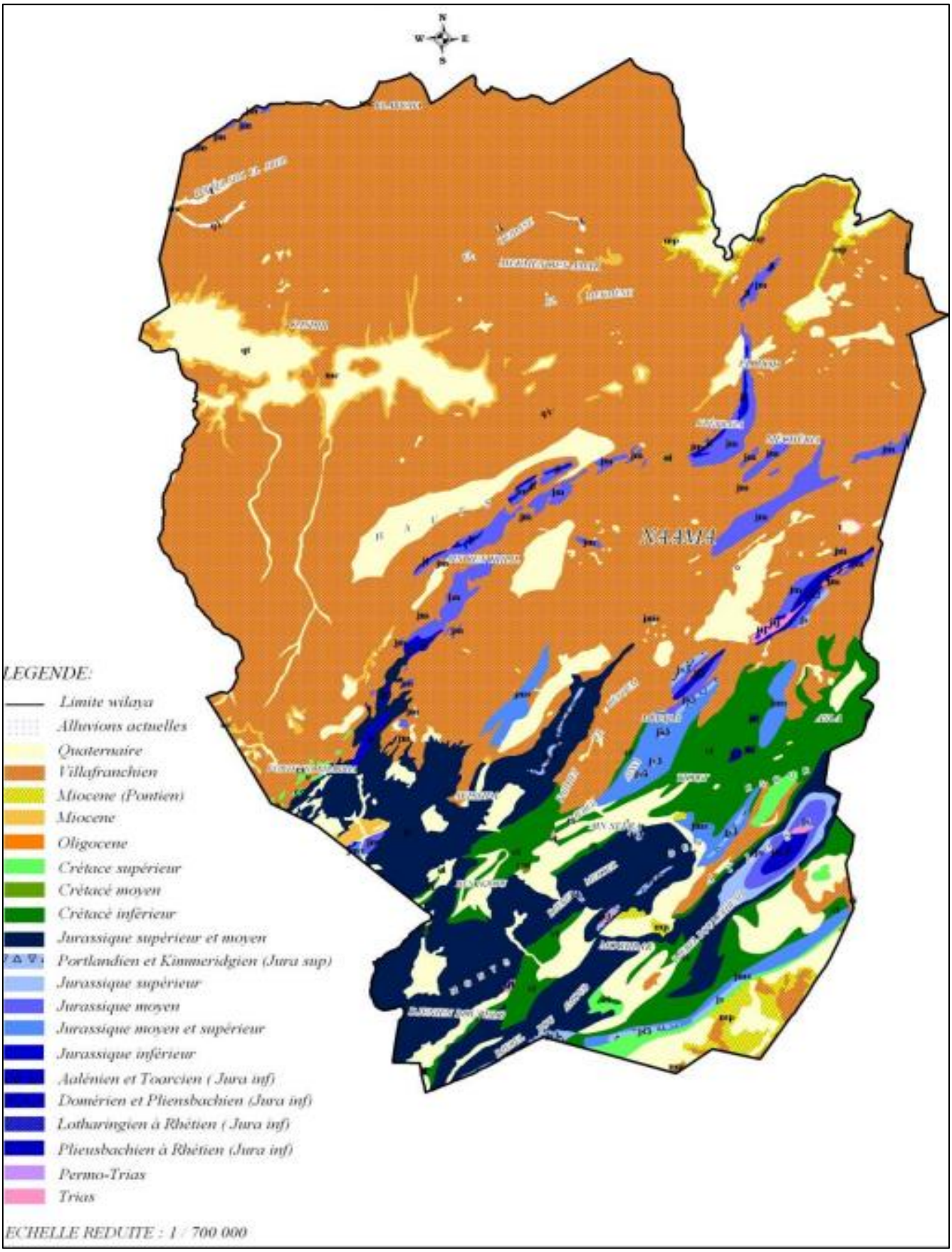


Figure 13: Carte géologique de la Wilaya de Naâma **(CENEAP, 2009)**

1.3. Lithologie

La lithologie donne une indication sur la résistance des sols à l'érosion. Croisée avec d'autres facteurs naturels et des milieux physiques, elle permet de contribuer à une appréciation sur la sensibilité des sols à l'érosion et par conséquent déterminant quant à la définition de l'option à prendre au titre d'une utilisation rationnelle et durable du sol. **(Bouarfa, 2011)**

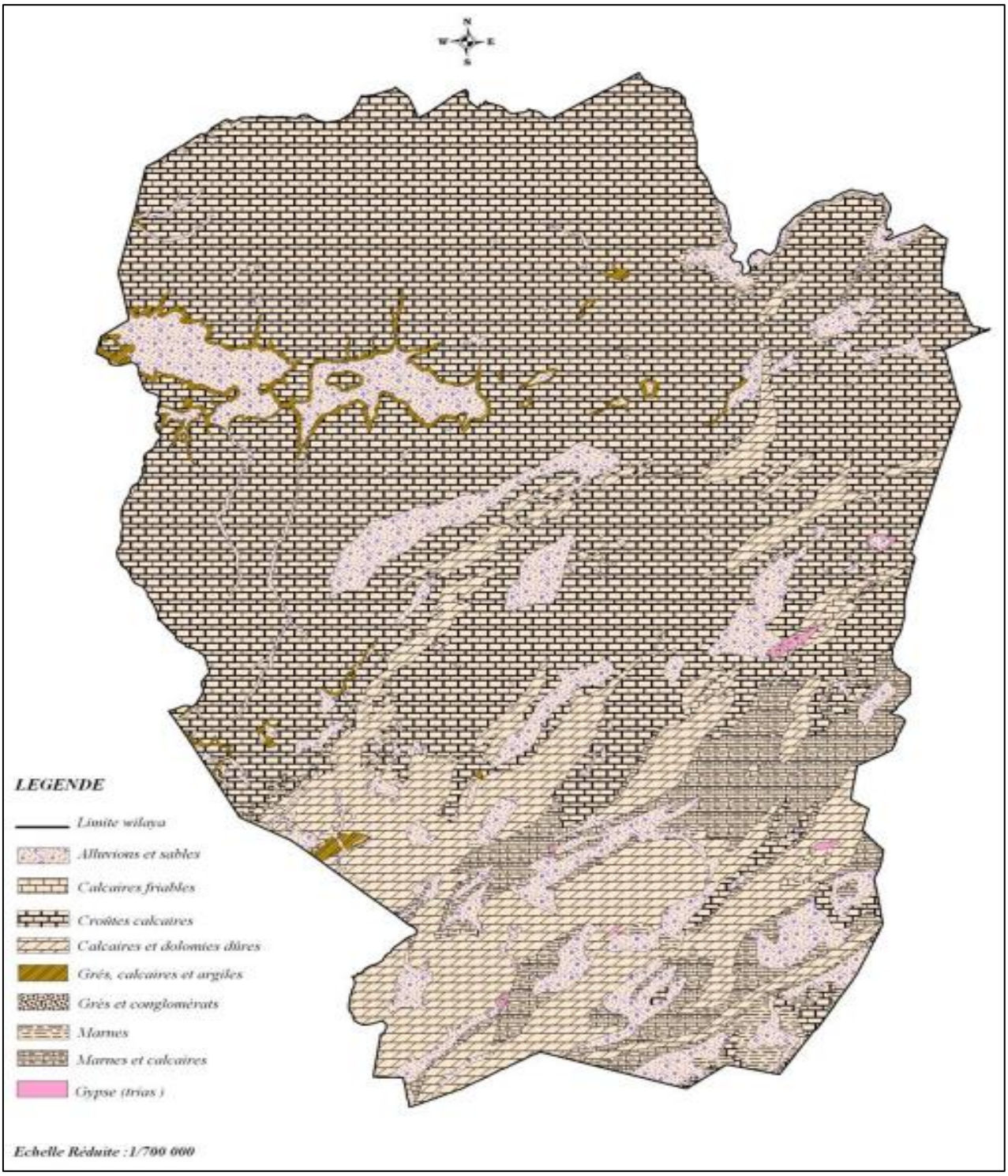


Figure 14: Carte lithologique de la wilaya de Nama **(CENEAP, 2009)**

1.4. Pédologie

La nature des sols et leur répartition sont en étroite relation avec les unités géomorphologiques. Une plus grande superficie est occupée par les sols calcimagnésiques. Selon l'étude de **Bensaïd (2006) :**

- **Sols calcimagnésiques**

La classe de sols calcimagnésiques occupe la majeure partie de la zone d'étude. Elle est représentée par plusieurs types de sols : les rendzines, sols bruns calcaires et sols bruns calciques, sols à encroûtement gypseux. Ces sols occupent les glacis du Quaternaire ancien et moyen.

- **Sols minéraux bruts**

Les sols minéraux bruts sont représentés par les sols minéraux bruts d'érosion, les sols minéraux bruts d'apport alluvial et les sols minéraux bruts d'apport éolien.

- **Sols peu évolués**

La classe de sols peu évolués est composée par :

- Les sols peu évolués d'érosion sur roche mère dure (calcaire et gré) ou tendre (marnes), présentant une proportion élevée d'éléments grossiers, une forte charge caillouteuse et un faible taux de matière organique (<2%) ;
- Les sols peu évolués d'apport alluvial occupent particulièrement les zones basses (zone d'épandage, daïa, chenaux d'oued). Ces sols représentent la majeure partie des terres mises en culture.

- **Sols halomorphes**

Ils se localisent au niveau des zones de dépressions (Chott et sebkha) et des zones d'épandage des principaux oueds. Ces sols se développent sur des matériaux alluviaux à texture sablolimoneuse, et ils se répartissent en auréoles autour des chotts et des sebkhas et en bas des glacis. Leur couvert végétal bien qu'homogène dans l'ensemble varie selon leur degré de salinité et leur taux d'humidité. Quand la salure est trop importante la végétation se compose d'espèces hyper-halophytes (*Halcnemum strobilaceum*). Toutefois, lorsque cette salure diminue on rencontre un couvert végétal halophyte qui se compose de (*Salsola Vermiculata, Attriplex Halimus et Suaeda fruticosa).*

1.5. Hydrographie

Le réseau hydrographique et les écoulements conditionnés par la structure du relief. La zone des hautes plaines steppiques s'inscrit dans l'aire géographique du grand bassin versant du

chott Chergui. Il présente un réseaux hydrographique peu développé ;elle se caractérise par une topographie relativement plane et parsemée de dépressions (Chott Ghartbi, dépression de Nama), ce qui est à l'origine du caractère endoréique de ces oueds.**(Chikh,2011)**

Ces derniers sont à écoulement diffus et intermittents, ils prennent naissance en général sur les reliefs de l'Atlas saharien et terminent leur course dans la plaine au niveau des dépressions :

- Le Chott El Gharbi à l'ouest.
- le Chott El Chergui au nord-est.
- la Sebkha de Naâma au sud-est.

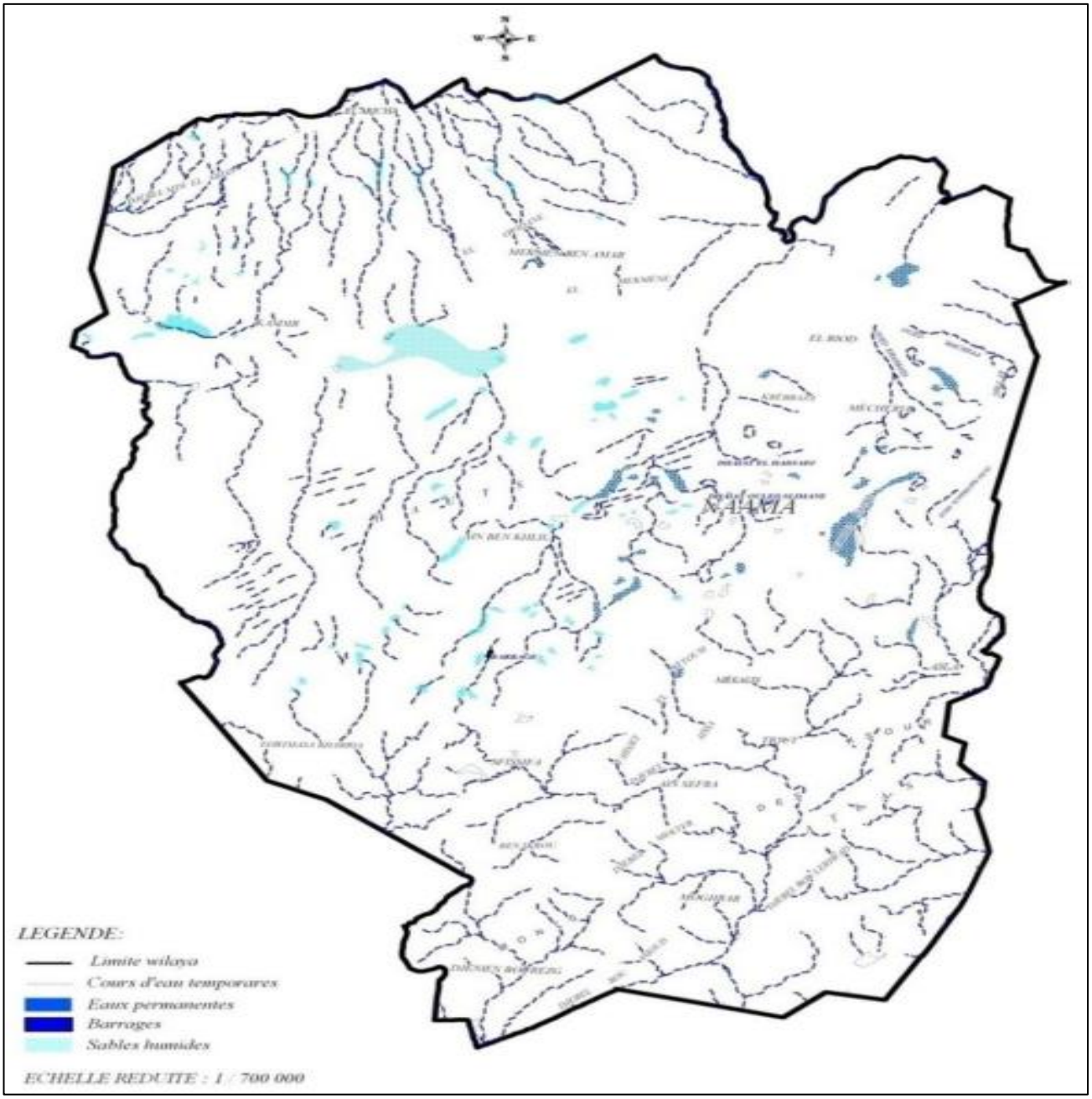


Figure 15 : Carte hydrographique de la wilaya de Nama. **(CENEAP, 2009)**

1.6. Etude climatique et bioclimatique

Le climat est un facteur déterminant de premier ordre pour une approche du milieu. C'est un ensemble de phénomènes météorologiques qui sont principalement la température, les précipitations et les vents. Le climat se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystèmes écologiques **(Thinthoin, 1948).**

Pour analyser et caractériser ces paramètres météorologiques, On a analysé les données climatiques de 4 stations de références (Naâma, Mecheria, Ain Sefra et El Bayadh).

Tableau I: les Stations de références pour le climat (Température et Pluviosité)

	Altitude	Latitude	Longitude	Période	source
Naâma	1166 m	33°16'N	00°18'W	1991-2017	O.N.M 2018
Ain Sefra	1058 m	32°46'N	00°36'W	1981-2009	O.N.M
Mechria	1149 m	34°31'N	00°17'W	1981-2009	O.N.M
El Bayadh	134 m	33°40'N	01°00'E	1981-2009	O.N.M

Les données climatiques pour analyser l'humidité relative et la vitesse des vents de l'année 1987 jusqu'à 2017 ont été téléchargées à partir du site NAZA POWER : https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/ .

1.6.1. Paramètres climatiques

A. Précipitation

Le Nord des hautes plaines sud Oranaises est plus arrosé par rapport au Sud (193,84mm à Mecheria et 177,85mm à Ain Sefra). De même la pluviosité annuelle augmente d'Ouest en Est (gradient longitudinal : 206,32mm à Naâma et de 264,18mm à El Bayadh). Selon **Djellouli (1990)** Ce gradient « est dû à deux phénomènes : à l'Ouest, la sierra nevada Espagnole et l'Atlas Marocain agissent comme écran et éliminent ainsi l'influence atlantique, à l'Est, les fortes précipitations sont attribuées aux perturbations pluvieuses du Nord de la Tunisie».

Nous observons aussi sur le **tableau II** qu'il y a une fluctuation des pluviosités mensuelles pour l'ensemble des stations.

Le mois d'octobre représente le mois le plus arrosé pour les quatre stations : Naâma (28,09mm), El Bayadh (31,49mm), Ain Sefra(31,56mm) et Mecheria (48,46mm) ; Et le mois le moins arrosé est représenté par le mois de Juillet pour Naâma, Ain Sefra et Elbaydh, sauf pour la station de Mecheria, qui reçoit une faible quantité de pluies en mois de Novembre.

Tableau II: Précipitation moyenne mensuelle et annuelle des quatre stations en millimètre

Station	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Ann
Naâma	13,67	15,20	24,34	18,21	16,50	14,25	4,96	13,17	23,62	28,09	20,87	13,44	206,32
Ain Sefra	14,28	11,21	23,37	16,09	18,79	8,79	4,77	10,03	18,61	31,56	16,73	8,41	177,85
Mecheria	6,55	8,78	24,51	15,12	14,65	10,11	10,90	12,29	21,29	48,46	5,83	8,58	193,84
El Bayadh	25,42	19,32	30,20	23,08	22,39	18,62	5,59	14,04	24,69	31,49	24,54	24,79	264,18

B. Régime saisonnier

Il s'agit de calculer les quantités de pluie suivant les quatre saisons :

Hiver : Décembre, Janvier, Février.

Printemps : Mars, Avril, Mais.

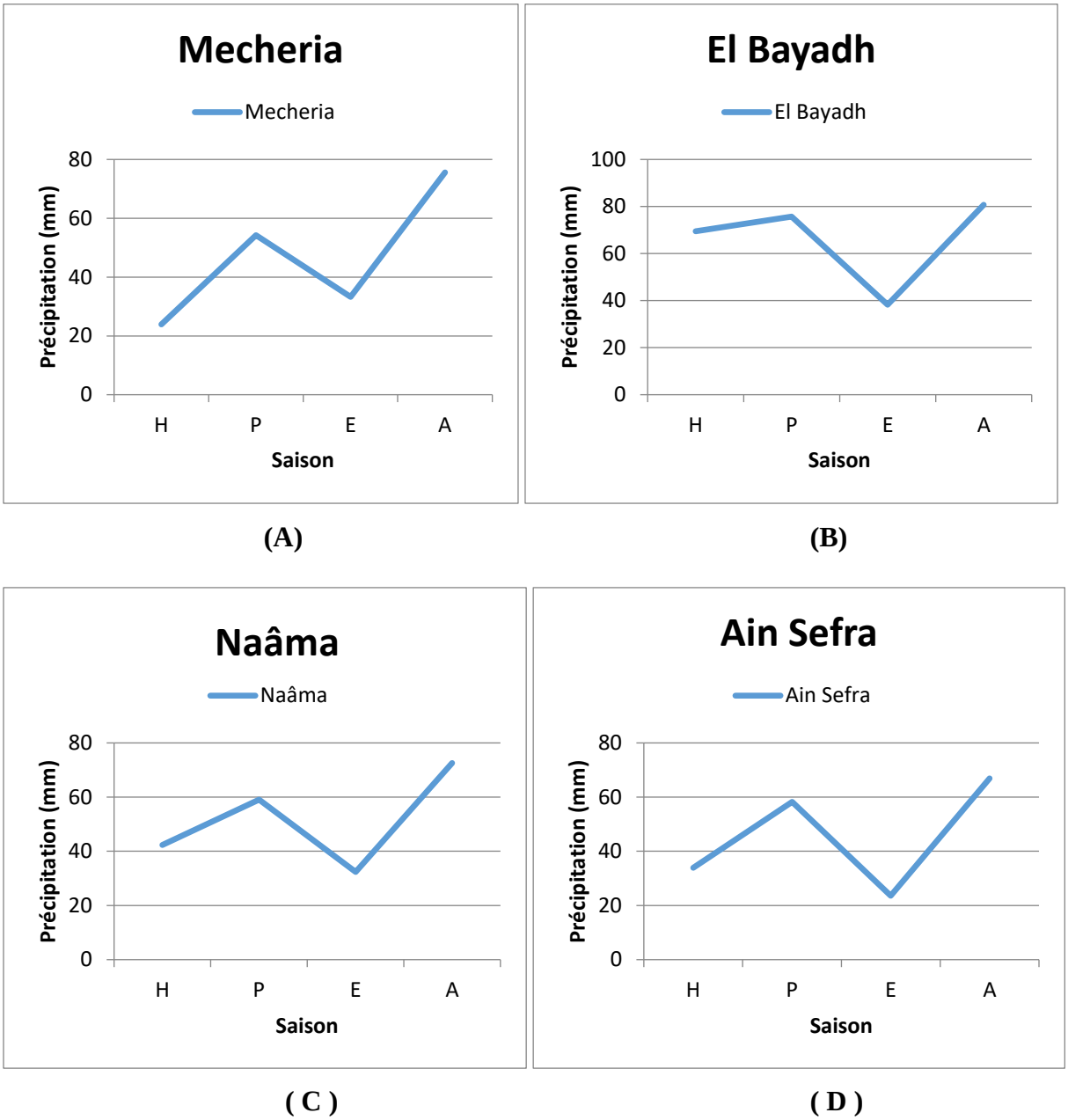
Été : Juin, Juillet, Aout.

Automne : Septembre, Octobre, Novembre.

Les stations Naâma, Ain Sefra et El Bayadh sont caractérisées par un régime saisonnier APHE et la station de Mecheria, par un régime APEH, ce qui signifie que l'automne est la plus arrosée alors que l'été est la saison la plus sèche ; excepté pour Mecheria la saison de l'hiver est la plus sèche.

Tableau III: Régime saisonnier des quatre stations en (mm)

Stations	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Régimes
Naâma	42,31	59,05	32,38	72,58	APHE
AinSafra	33,9	58,25	23,6	66,9	APHE
El Bayadh	69,53	75,67	38,25	80,72	APHE
Mecheria	23,91	54,28	33,3	76,2	APEH



(A) **(B)**

(C) **(D)**

Figure 16 : Régime saisonnier pour chacune des stations : (**A)** Mecheria; (**B)** El Bayadh; (**C)**Naâma ; **(D)** Ain Sefra

C. Température

La température jour un rôle déterminant dans la vie du végétale. En effet elle est considérée comme le facteur écologique fondamental, elle intervient dans le déroulement de tous les processus biologique. Elle contrôle la croissance, la reproduction, la survie et par conséquent la répartition géographique, générant les paysages les plus divers. **(Soltner,1992)**

Les températures moyennes annuelles ont une influence considérable sur l'aridité du climat. Dans les hautes plaines sud oranaises, les températures varient normalement dans l'année, élevées en saison estivale et basses en saison hivernale.**(Bensaïd,2006)**

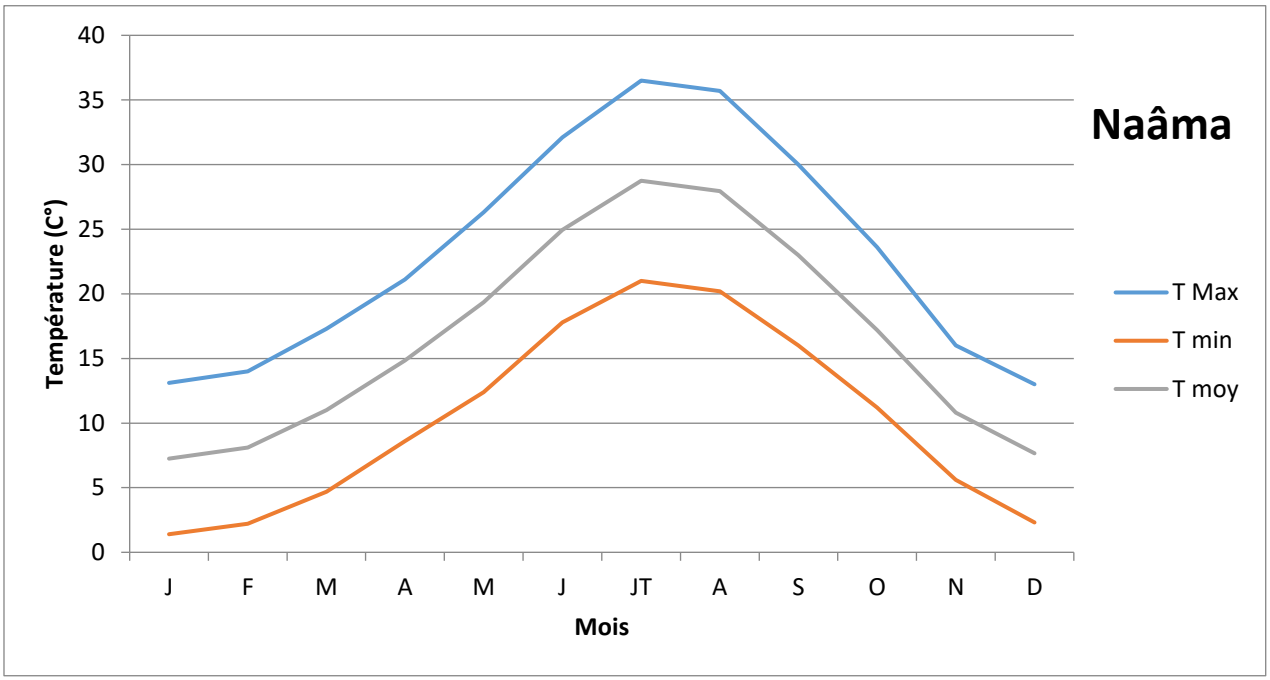


Figure 17: Températures moyennes mensuelles maximales et minimales de Naâma (1991-2017)

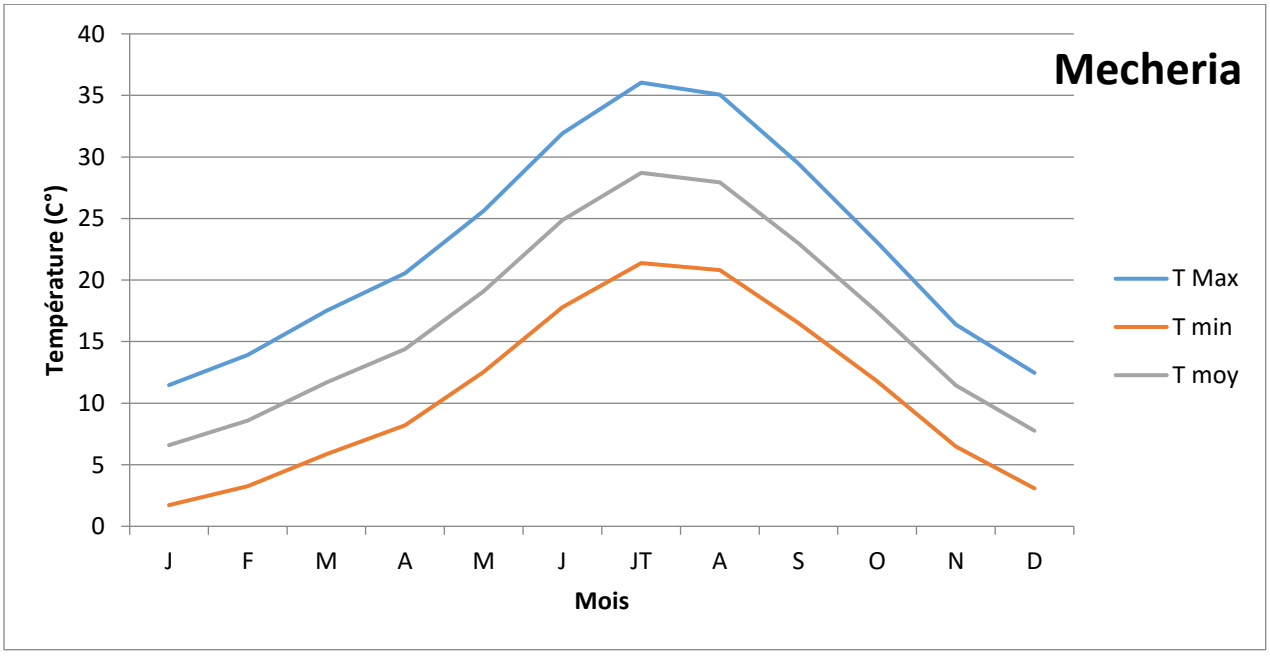


Figure 18: Températures mensuelles moyennes, maximales et minimales de Mecheria (1981_2009)

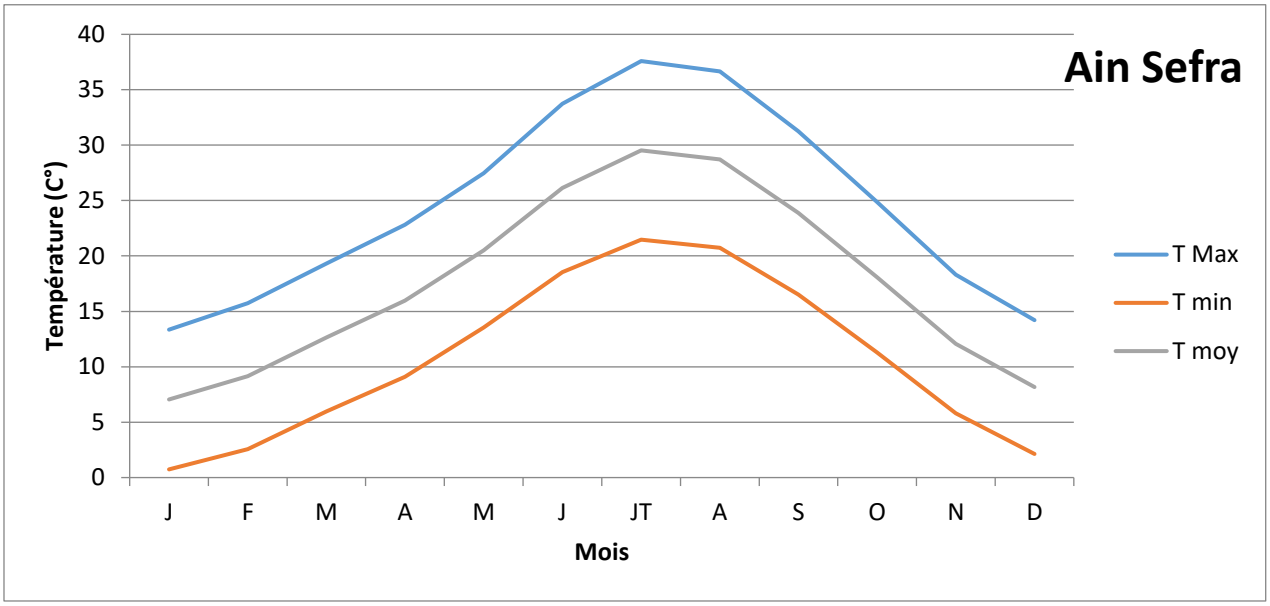


Figure 19: Températures mensuelles moyennes maximal et minimal de Ain Sefra (1981_2009)

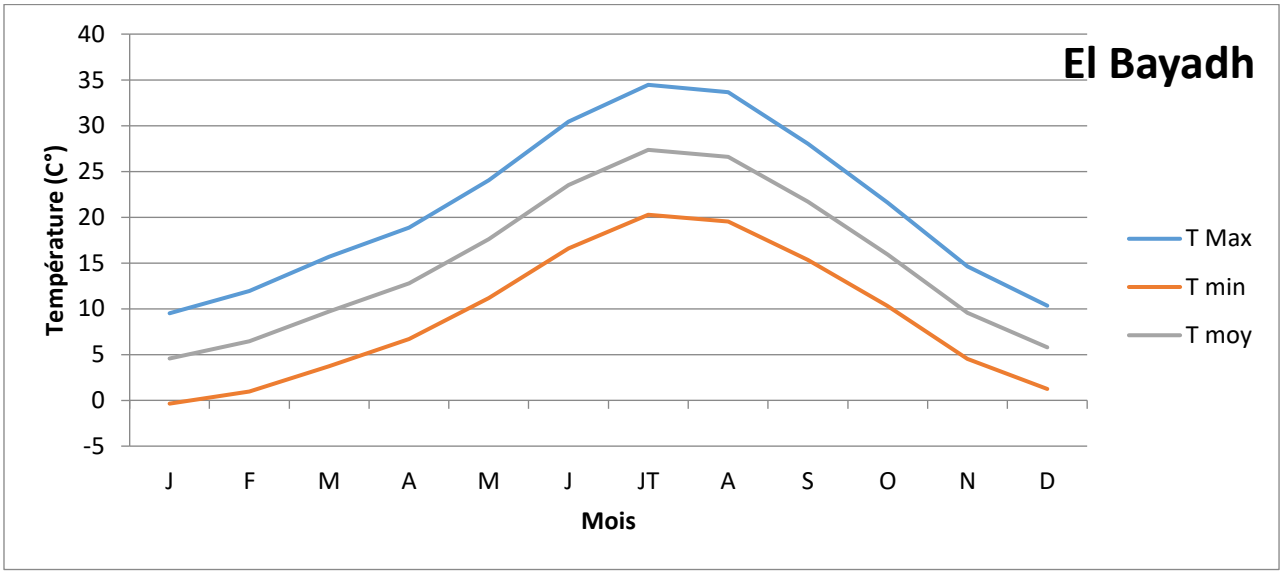


Figure 20 : Températures mensuelles moyennes maximales et minimales de El Bayadh (1981_2009)

Ainsi on peut constater sur les figures au-dessus **(figure 17 à 20)** que le mois de janvier reste le mois le plus froid de l'année et le mois de juillet est le mois le plus chaud pour les quatre stations. La température augmente du Nord au Sud,avec une température moyenne maximale de 27,36 °C à El-Bayadh ; 28,71 C° à Mecheria ;28,73C° à Naâma et 29,53C° à Ain Sefra au mois de juillet. Puis une température moyenne minimale au mois de janvier avec 4,57 C° à El Bayadh; 6,59 C° à Mecheria ; 7,05 C° à Ain Sefra ; et en fin 7,25 C° à Naâma qui y est la station la plus chaude pendent la saison d'hiver par rapport aux autres stations.

D. Humidité relative

L'humidité relative ou l'hygrométrie est la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère **(Ramade, 2003)**. L'humidité relative de l'air varie sensiblement en fonction des saisons. Durant l'été, elle chute jusqu'à 24% pour Ain Sefra et El Bayadh, 26% pour Mecheria et 28% pour Naâma en juillet sous l'effet d'une forte évaporation. Par contre en hiver, elle s'élève jusqu'à 72% à El Bayadh, 68% pour Mecheria et 69% pour Ain Sefra et Naâma en décembre.

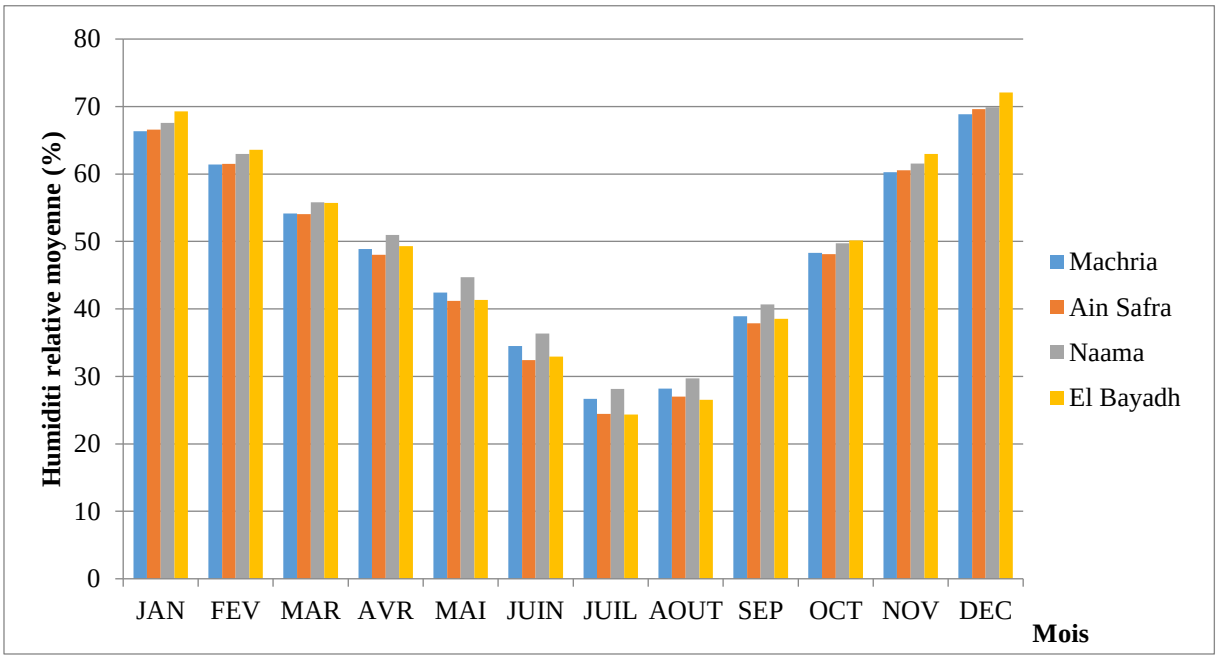


Figure 21 : Histogramme représentent l'Humidité relative moyenne des quatre stations d'étude de l'année 1987 à 2017

E. Les Vents

Le vent est l'aspect climatique le plus important dans l'étude d'une région aride il est malheureusement souvent délaissé ou mal relevé dans les stations météorologique surtout si l'on recherche leur capacité de transport éolien. **(Bensaïd, 2006)**

On constate sur l'histogramme que la station de El Bayadh est la plus touché par les vents forts pendent toute l'année par rapport aux autres stations. La vitesse des vents atteint son maximum aux mois d'avril avec 5,2m/s pour la station de El Bayadh, 4,7m/s pour Mecheria et Ain Sefra et 4,5m/s pour la station de Naâma, et ils atteignent leur vitesse minimal au mois d'aout.

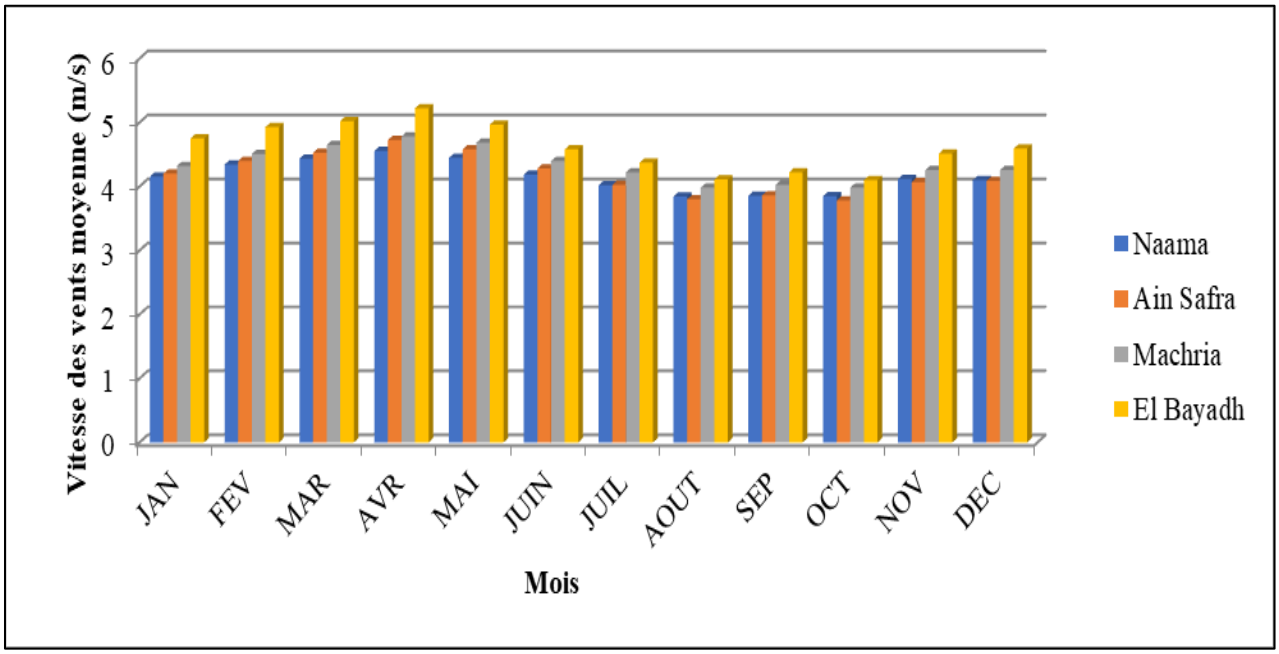


Figure 22 : Histogramme des vitesses moyennes du vent (1987-2017)

1.6.1. Synthèse climatique

A. Diagramme Ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen permet de calculer la durée de la saison sèche lorsque P≤2TIl tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle de la période indiquée. C'est une méthode graphique où sont portés en abscisse les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T) sur deux axes différents avec P=2T. **Les figures 23, 24, 25 et 26** permettent de déterminer les mois secs pour les quatre stations de référence suivante :

- Naâma est caractérisé par une longue période sèche qui dure environ 9 mois de mi-mars à mi-novembre.
- Mecheria, la période sèche dans cette station dure du mois de janvier jusqu'à fin septembre, puis du début de Novembre jusqu'à décembre, et dure environ 11mois.
- El Bayadh à une période sèche qui commence du mois de mi-avril jusqu'à mi-octobre, et qui dure environ 6 mois.
- Ain Sefra est défini par une très longue période sèche durant toute l'année.

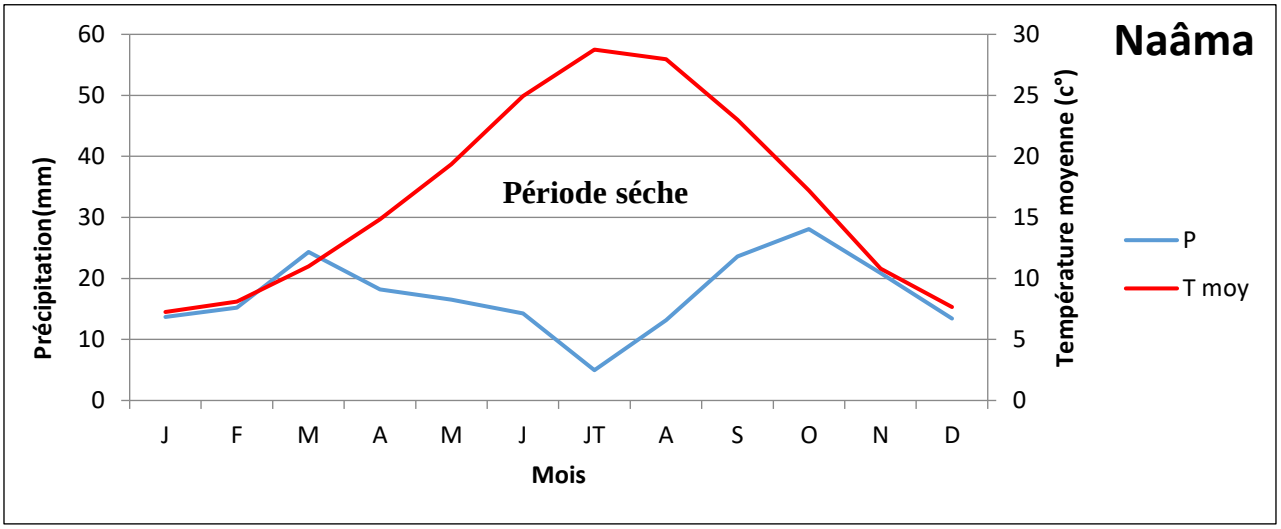


Figure 23 : Diagrame ombrothermique de Bagnols et Gaussen pour la station de Naâma

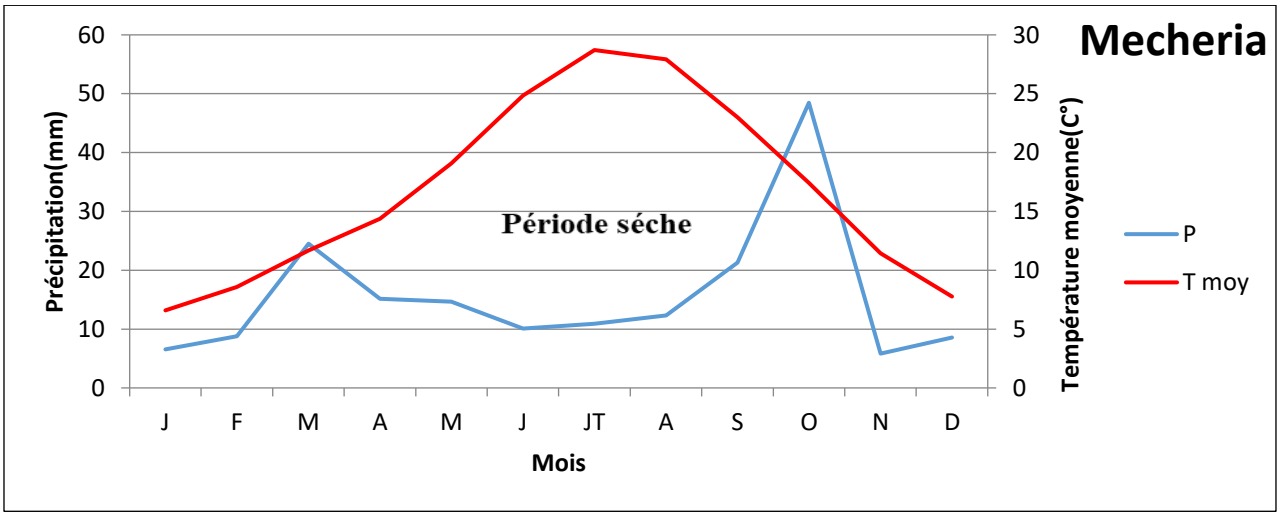


Figure 24 : Diagrame ombrothermique de Bagnols et Gaussen pour la station de Mecheria

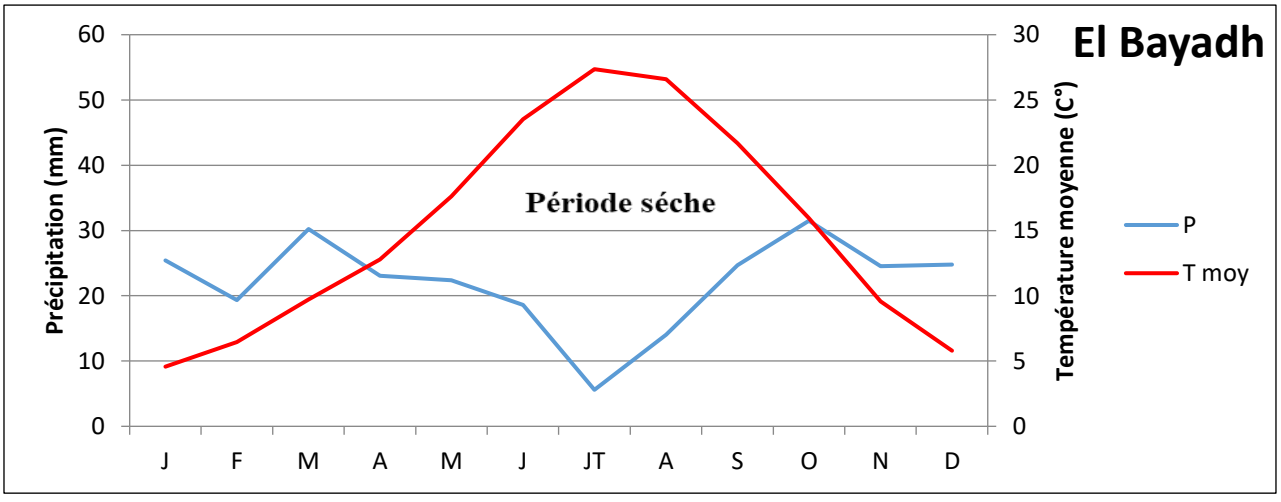


Figure 25 : Diagrame ombrothermique de Bagnols et Gaussen pour la station de El Bayadh

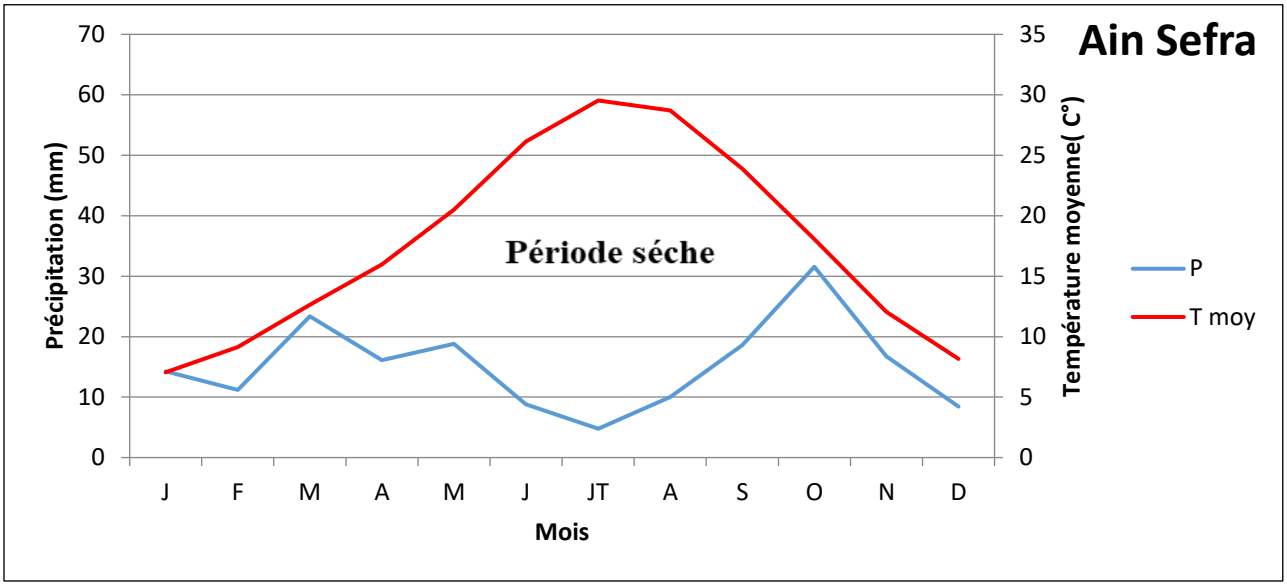


Figure 26 : Diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussen pour la station Ain Sefra

B. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Emberger (1955), s'intéressant aux extrêmes thermiques M et m entre lesquelles se déroule la période végétative et qui peuvent constituer des seuils écologiques pour les différentes espèces végétales a définit la relation :

$$Q2=1000p/ (M+m)(M-m) \quad ou \quad Q2 =2000p/M^2-m^2$$

Tel que :

P : Moyenne des précipitations annuelles en mm

M : Moyenne des Maxima du mois le plus chaud en ° K (C°+273,15°K)

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en ° K (C°+273,15°K)

Tableau IV: Valeurs des quotients d'Emberger et températures minimales du mois le plus et froid et températures maxima du mois le plus chaud pour les quatre stations de référence

Stations	P(mm)	M C°	M(K°)	m C°	m (K°)	Q2
Naâma	206,32	36,5	309,65	1,4	274,55	20,12
Machria	193,84	36,04	309,19	1,72	274,87	19,34
Ain Sefra	177,85	37,59	310,74	0,74	273,89	16,51
El Baydh	264,18	34,46	307,61	-0,36	272,79	26,14

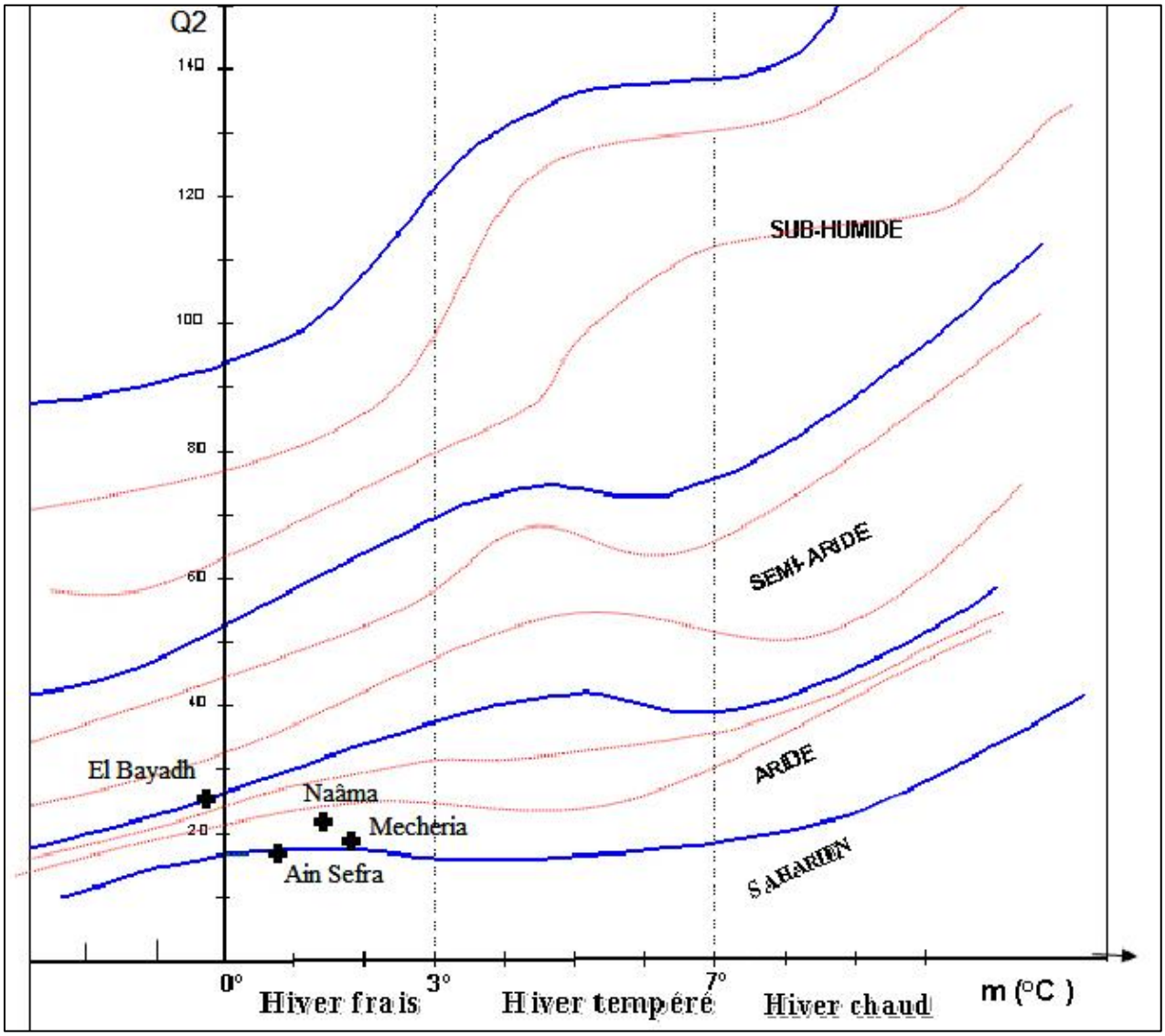


Figure 27 : Position des quatre stations sur le Climagramme d'Emberger

Ce climagramme nous permet de déterminer les étages bioclimatiques et les variantes thermiques, c'est ainsi que nous pouvons observer que la station de Naâma et Mecheria font partie de l'étage bioclimatique Aride inferieur à variation hiver frais, la station de El Bayadh fais partie de l'étage bioclimatique Aride supérieur à variation hiver froid et la station de Ain Sefra est positionné dans l'étage Saharien à variation hiver frais.

2. Cadre biotique

2.1. Végétation

Dans les hautes plaines sud oranaises l'aridité du climat ne permet pas le développement d'un couvert végétal capable de protéger la surface du sol. 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)**

La végétation naturelle de la zone d'étude est caractérisée par une physionomie de steppe sauf dans les montagnes où subsistent les restes de forêts primitives abattues par l'homme à base de *Pinus halepensis* et *Juniperus phoenicea*. En dehors de ces espèces forestières, l'aspect de la steppe change avec le gradient pluviométrique et la nature du sol. La steppe sud Oranaise est dominée par les formations végétales suivantes :

→ **Steppe à alfa (*Stipa tenacissima*)**

L'alfa est une plante pérenne qui est capable de résister aux aléas climatiques et aux conditions sévères de sécheresse tout en maintenant une activité physiologique même au ralenti **(Aidoud et Touffet,1996)**. Les steppes à alfa investissent les espaces à bioclimats semi-arides à hiver frais et froid et dans l'étage aride supérieur à hiver froid.**(Rekik,2015)**

→ **Steppe à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*)**

L'armoise blanche est localisée dans les étages arides supérieurs et moyens à hiver frais et froid avec des précipitations oscillant entre 100 et 300 mm. Elle s'étale dans les zones humides (zone d'épandage) et sur un substrat plus au mois limoneux ou sur un sol argileux dans les fonds des dépressions non salées **(Bouabdellah , 1991)**.

→ **Steppe à sparte (*Lygeum spartum*)**

Le sparte est une espèce qualifiée de médiocre sur le plan pastoral comme l'alfa. Seules les jeunes pousses et ses inflorescences sont broutées par les ovins. Sa valeur énergétique (0.3 à 0.4 UF/kg.MS) est assez faible. Par contre, il constitue des parcours d'assez bonne qualité avec un pouvoir de régénération et une productivité relativement élevée. Il produit en moyenne 65% de sa phytomasse sur pied. **(Bensaïd, 2006)**

→ **Steppe à halophytes**

La concentration et la répartition inégale des sels dans l'espace ont donné naissance à une formation particulière de la végétation steppique halophile très appétissante autour des dépressions salées. Les espèces les plus répondues sont : *Atriplex halimus, Atriplex glauca, Suaeda fruticosa* et *Frankenia thymifolia*. **(Bensaïd, 2006)**

→ **Steppe à psamophyte**

Ce type de steppe se développe sur des terrains à texture sablonneuse et aux apports d'origine éolienne. Dans la plus part des cas elle suit les couloirs d'ensablement et se répartit également dans les dépressions salées. On distingue des steppes graminéennes à *Stipagrostis pungens* et *Thymellaea microphylla* et des steppes arbustives à retama (*Ratama raetam*).**(Bensaïd, 2006)**

→ **Végétation arborée**

Occupant les monts des Ksours et certains reliefs isolés et constituée essentiellement de Genévrier de phoenicie (*Juniperus phoenicea*) et oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), le chêne vert (*Quercus ilex*). Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) occupe une partie de Djebel Aissa sous forme de reliques. Sur les plaines, le pistachier d'Atlas (*Pistacia atlantica*) et le jujubier *(Ziziphus lotus*) souvent en association occupent les dépressions. Sur les terrains à texture sablonneuse on retrouve le retam (*Retama raetam*) et tamarix (*T. gallica* et *T. africana*). Le peuplement artificiel est constitué de l'essence principale *Pinus halepensis* associée à d'autres essences telles que : *Cupressus sympervirens, Eucalyptus camaldulensis, Tamarix articulata, Tamarix gallica*. **(Zair,2011)**

Tableau V : La répartition des superficies en ha Les différentes espèces arboré **(Source CFN,2009)**

Essence	Genévrier	Tamarix	Chêne vert	Pin d'Alep	Retam	Cyprès	Eucalyptus	autres (*)	Total
TOTAL	12.810	7.689	5.680	2.687	738	49	17	107.930	137.600

(*): Pistachier d'Atlas, Romarin, Alfa de montagne…

2.2 Faune

D'après **Mostefai et Gronot(2006)**, la faune de la région de Naâma est caractérisée par la présence de quatre espèces patrimoniales d'une grande importance écologique et économique (cynégétique). Il s'agit de l'Outarde houbra *Chiamydotis undulata* et de trois ongulés la Gazelle de l'Atlas *Gazella cuvieri*, la Gazelle dorcas *Gazella doras* et le Mouflon à manchettes *Ammotragus lervia.*

Il existe 34 espèces de mammifères, réparties en 21 familles, dont 18 espèces protégées. En tenant compte des grands ensembles paysagers, 4 catégories d'oiseaux peuvent être distinguées : les oiseaux forestiers, les oiseaux d'eaux et les rapaces. L'avifaune actuelle de la région comprend 110 espèces recensées, appartenant à 33 familles, dont 74 espèces sont nicheuses et 25 sont protégées par la législation algériennes. **(Mostefai et Gronot,2006)**

D'après **Dellaoui(2016),** les espèces existantes dans la wilaya de El Bayadh sont diversifiées et abondantes, 19 espèces de mammifères son recensées parmis eux on peut nommer Chat des sables *Felis margarita* , Fennec *Fennecus zerda* ; et il excite 16 espéces d'oiseaux comme Héron cendré *Ardea cinerea* et la Cigogne blanche *Ciconia ciconia*.

Chapitre 3
Matériels et Méthodes

1. Matériels et outils

Notre objectif d'étude est de suivre l'évolution du couvert végétal de notre zone d'étude (Sud Oranais) sur une période de 30ans (1987-2017), à partir de l'utilisation de l'outil de télédétection.

Dans ce chapitre nous allons présenter ce que nous avons utilisé comme matériel et méthodologie du travail.

1.1. Matériels et données utilisées

Nous avons traitées les données spatiales sous le logiciel de traitement d'image ENVI 5.3, ENVI 4.5 ainsi que nous avons utilisé de logiciels SIG comme MapInfo 7.5.

Les données satellitaires utilisées dans le cadre de ce travail comportent 16 scènes, fournis par le capteur Landsat TM en 1987,1997et 2007 et celle du Landsat Oli en 2017. Ces données ont été prises en saison du printemps.

Tableau VI : les données des images satellitaires de sud oranais du 1987 à 2017.

Path	**198**	**197**	**198**	**197**	**Type de capteur**	**Résolution Taille de pixel**	**Nombre de bande**	**Image geo-reference**
Row	**036**		**037**					
2017	20 mai	26 mars	02 avril	11 avril	Landsat 8 Oli	30 m	11 bandes	Proj: UTM zone 31 North Datum: WGS 84
2007	09 mai	18 mai	09 mai	18 mai	Landsat 4-5 Tm		07 bandes	
1997	26 mars	04 avril	26 mars	04 avril				
1987	31 mars	25 avril	16 avril	25 avril				

1.2. Les capteurs

D'après **Salim (2018)** le capteur est un dispositif qui enregistre le rayonnement réfléchi et émis par la terre et transforme l'état de la grandeur physique (rayonnement) observée en grandeur utilisable. Plusieurs types de capteurs peuvent-être embarqués à bord d'un satellite, qui varie selon la mission du satellite

Pour notre étude, nous avons utilisé les images issues de deux types de capteurs LANDSAT :

- TM 5 *(Thematic Mapper*) **(Figure N°28**).
- OLI 8 *(Operational Land Imager)* **(Figure N°29).**



Figure 28: Landsat 5 Tm.

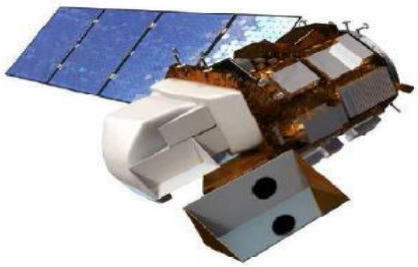


Figure 29 : Landsat 8 Oli.

a- Landsat 5 TM

Dans ce cas l'image est constituée de sept bandes spectrales avec une résolution spatiale de 30 mètre pour les bandes 1 à 5 et 7, la résolution spatiale pour la bande 6 (infrarouge thermique) est de 120 mètre.

b- Capteur OLI

Offre une image de neuf bandes spectrales avec une résolution spatiale de 30 mètre pour les bandes de 1 à 7 et 9, la bande 8 (panchromatique) à une résolution spatiale de 15 mètre. Deux nouvelles bandes sont offertes par le capteur OLI, la bande 1 (ultra-bleu) utile pour les études des aérosols et la cartographie côtière. Et la bande 09 utile pour les études des cirrus et des nuages.

Le tableau suivant montre l'équivalence entre les bandes des images de la version précédentede Landsat4-5 TM et la nouvelle génération de Landsat8 OLI

Tableau VII : Equivalence entre les bandes du capteur TM et OLI de Landsat. (**Salim, 2018)**.

Landsat Tm				**Landsat 8 Oli**			
Bande spectrale	**Longueurs d'ondes**	**Résolution**	**Performance radiométrique**	**Bande spectrale**	**Longueurs d'ondes**	**Résolution**	**Performance radiométrique**
			8 Bits	**B1** : Aérosols	0,433 - 0,453	30 m	16 Bits
B1 : Bleu	0,45 – 0,52	30 m		**B2** : Bleu	0,450 – 0,515	30 m	
B2 : Vert	0,52 – 0,60	30 m		**B3** : Vert	0,525 – 0,600	30 m	
B3 : Rouge	0,63 – 0,69	30 m		**B4** : Rouge	0,630 – 0,680	30 m	
B4 : IF proche 1	0,76 – 0,90	30 m		**B5** : IF proche	0,845 – 0,885	30 m	
B5 : IF proche 2	1,55 – 1,75	30 m		**B6** : IF moyen 1	0, 560 – 1,660	30 m	
B6 : IF thermique	10,4 – 12,50	30 m		**B7** : IF moyen 2	2,100 – 2,300	30 m	
B7 : IF moyen	2,08 – 2,35	30m		**B8** :Panchromatique	0,500 – 0,680	15 m	
				B9 : Cirrus	1,360 – 1,390	30 m	

1.3. Logiciels utilisés

a) ENVI *"Environment for Visualizing Images"*

Programme axé sur le traitement et l'analyse des images de toutes sortes. Il est assez flexible avec les formats de lecture et semble très amiable à l'utilisateur. **(DERDJINI, 2017)**.

Il permet le traitement de multiples types d'images et des données de satellite, la réalisation de corrections comme l'atmosphérique, la fusion d'images, les transformations, les filtres, le traitement géométrique, la classification, etc… **(Tir-Elhadj, 2015).**

Il répond à la plus part des exigences de base nécessaires pour le traitement d'une image :

- Visualisation et traitement des données de télédétection ;
- Traitement et analyse spéctrale de l'imagerie multispectrale et hyperspectrale ;
- Géoréférencement des images ;
- Orthoréctification ;
- Classification et interprétation interactive ;
- Analyse de la végétation à l'aide des indices de végétation (NDVI) ;
- Correction géometrique et radiometrique ;
- amélioration interactive (spectrale et spatiale) d'une image ;
- Calibrage et correction atmosphérique ;
- Support des formats raster et vecteur ;
- Fournis un soutien aux données de télédétection par satellites WorldView-1, QuickBird, Ikonos, Cartosat, ALOS, EROS, Orbview, SPOT, IRS, TERRA (ASTER),Landsat, etc. **(Thomas et *al.* ,2005.).**

b) MapInfo

Est largement utilisé en tant que support d'applications diverses utilisant des données géographiques. (El Zerey, 2014)

Ses quatre fonctions de base sont :

- Entrée des données : elle se fait de multiples façons, manuellement ou non, interactivement ou par lecture de fichiers ou de table d'information ;
- Gestion des données : (alphanumériques et spatiales Système de Gestion de Base de données relationnel (INFO) ;

- Analyse des données (alphanumériques et spatiales) ;
- Sortie et conversion des données d'un produit cartographique sur papier ou sur écran (affichage des données sous différentes formes, cartes, tableaux ou graphes) (El Zerey, 2014)

c) Excel : Le logiciel Microsoft Excel est un tableur électronique. Un tableur permet d'effectuer des calculs de manière rapide et précise. La feuille électronique de nombres produite par Excel est appelée une feuille de calcul. **(DENISE, 2013)**

2. Approche méthodologique

L'approche méthodologique consiste à faire un suivi de l'évolution du couvert végétal à partir des images satellitaires, d'une part par l'interprétation de l'indice de végétation, d'autre part par une classification supervisée appliquées à ces images.

La méthodologie suivie comprend plusieurs étapes qui sont récapitulées dans l'organigramme ci-dessous

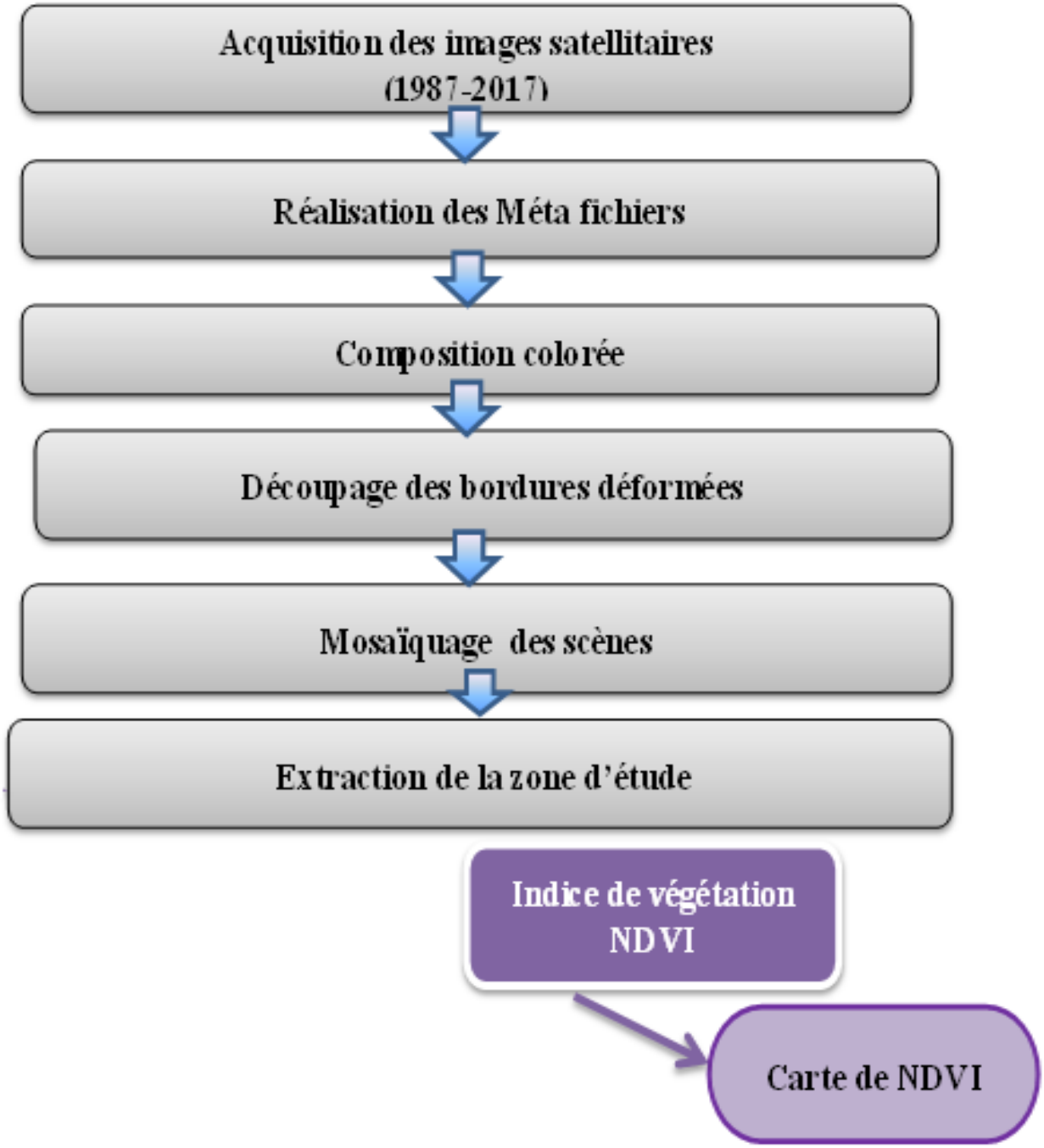


Figure 30 : Organigramme des étapes de l'approche méthodologique utilisé pour traitement et analyse des images satellitaires

2.1. Acquisition des images satellitaires

Nous avons téléchargé les images satellitaires des périodes étudié (1987, 1997, 2007, 2017) à partir de site web https://earthexplorer.usgs.gov/. Pour cela, Nous avons procédé d'abord à la création d'un compte sur Earth-explorer, puis à l'acquisition des images satellitaire de différentes années fournies par différents satellites du programme LANDSAT.

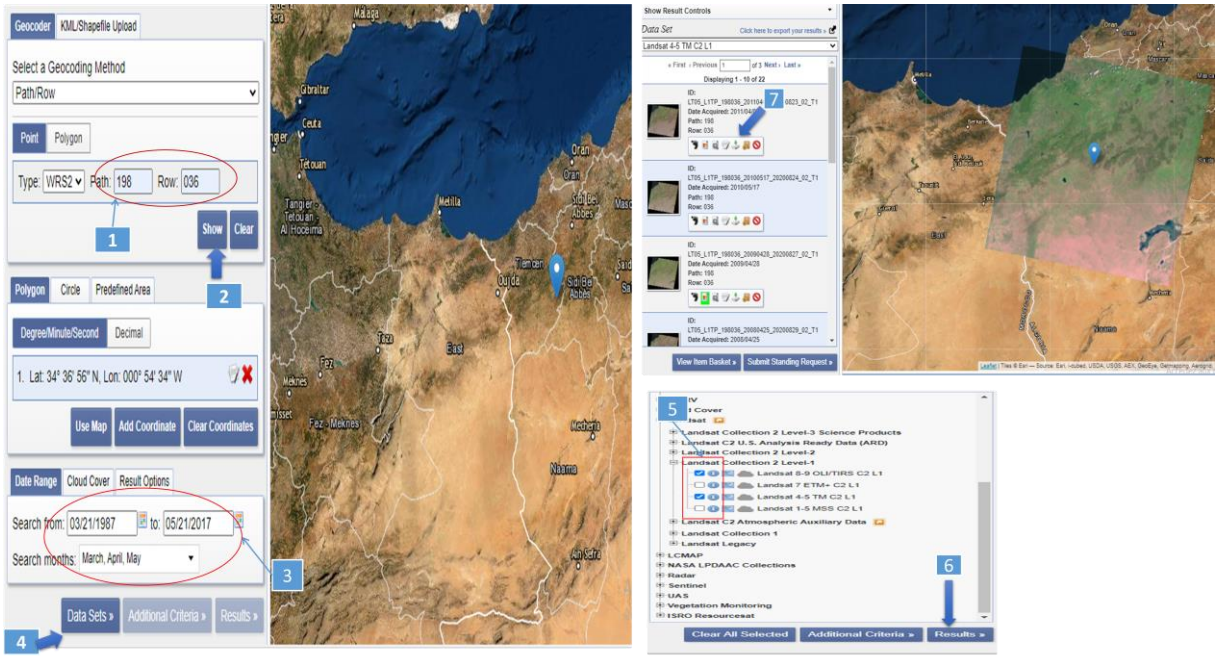


Figure 31 : Les étapes de téléchargement de l'image satellites.

2.2. Réalisation des méta-fichiers

L'objectif de cette étapes est de regrouper les sept bandes spectrales du Landsat 5 TM et neufs bandes spectrales du Landsat 8 Oli, de manière à pouvoir travailler et de réaliser des opérations sur l'image satellitaire et l'ensemble des bondes spectrales.

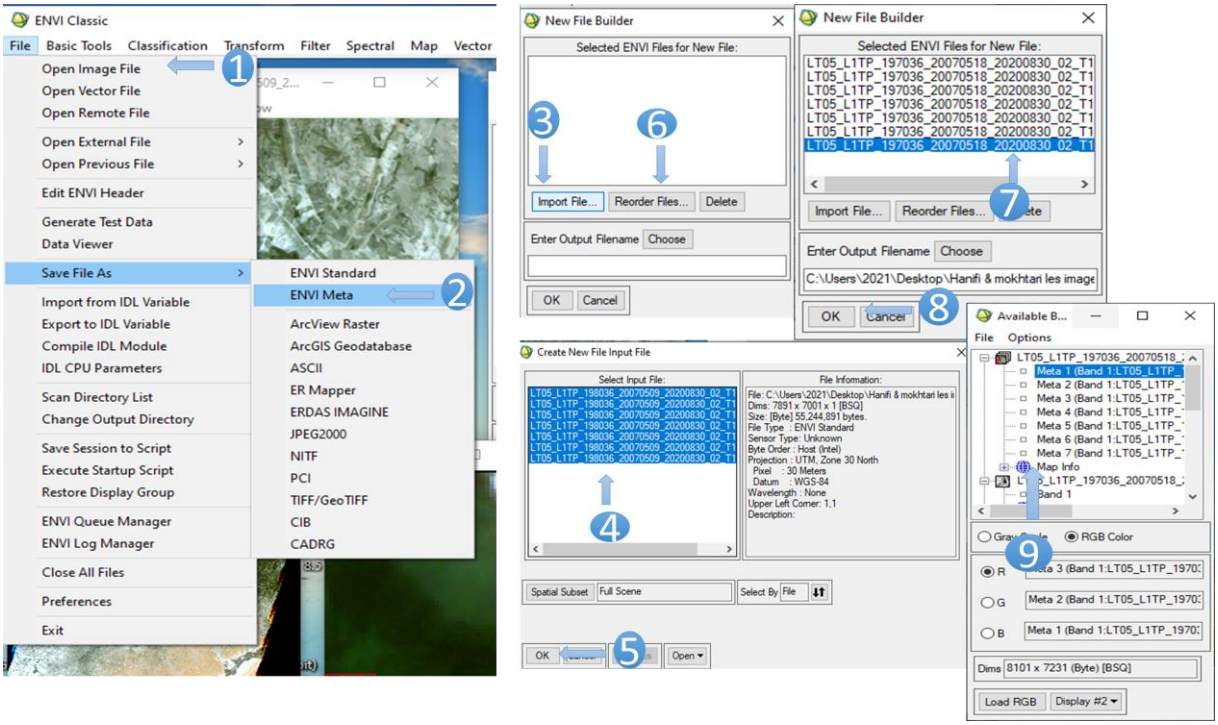


Figure 32 : Création du Méta fichier pour Landsat TM.

2.3. Composition coloré

La composition colorée est une combinaison des bandes spectrales reposant sur le principe d'affectation des bandes d'images à trois plans d'affichage basé sur trois couleurs primaires : rouge, vert et bleu.

Les bandes qui ont été affecté aux canaux rouge, vert et bleu a fin de donné une composition colorée en fausses couleurs standards sont :

- Les bandes spectrale : Proche infrarouge (TM4) ; rouge (TM3) ; bleu (TM1) pour le capteur TM.
- Et pour le capteur Oli les bandes : proche infrarouge (TM5) ; rouge (TM4) ; bleu (TM2).

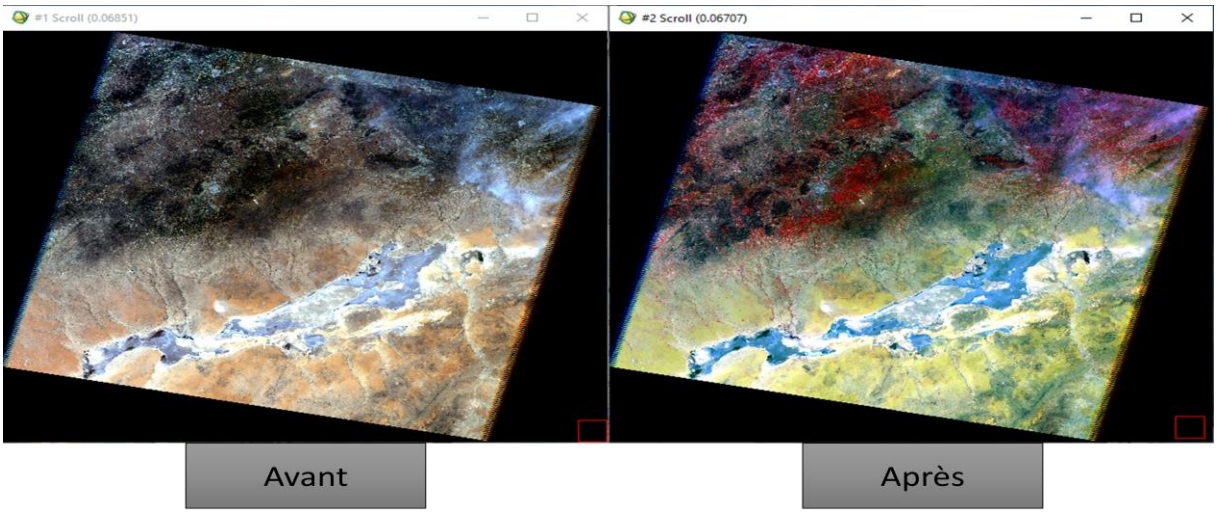


Figure 33: Avant et après la composition colorée d'une image.

2.4. Découpage des bordures déformées

Les images de télédétection nécessitent un certain nombre de corrections, réalisées soit directement par les distributeurs, soit par les utilisateurs (correction)

Nous avant corrigé nos images satellitaires à l'aide de l'outille ROI sur le logiciel ENVI, on a découpé les bordures des images qui sont en défaut afin de faciliter la réalisation de la mosaïque et de ne pas faussé les résultats..

La figure suivante représente les étapes de découpage des bordures déformées :

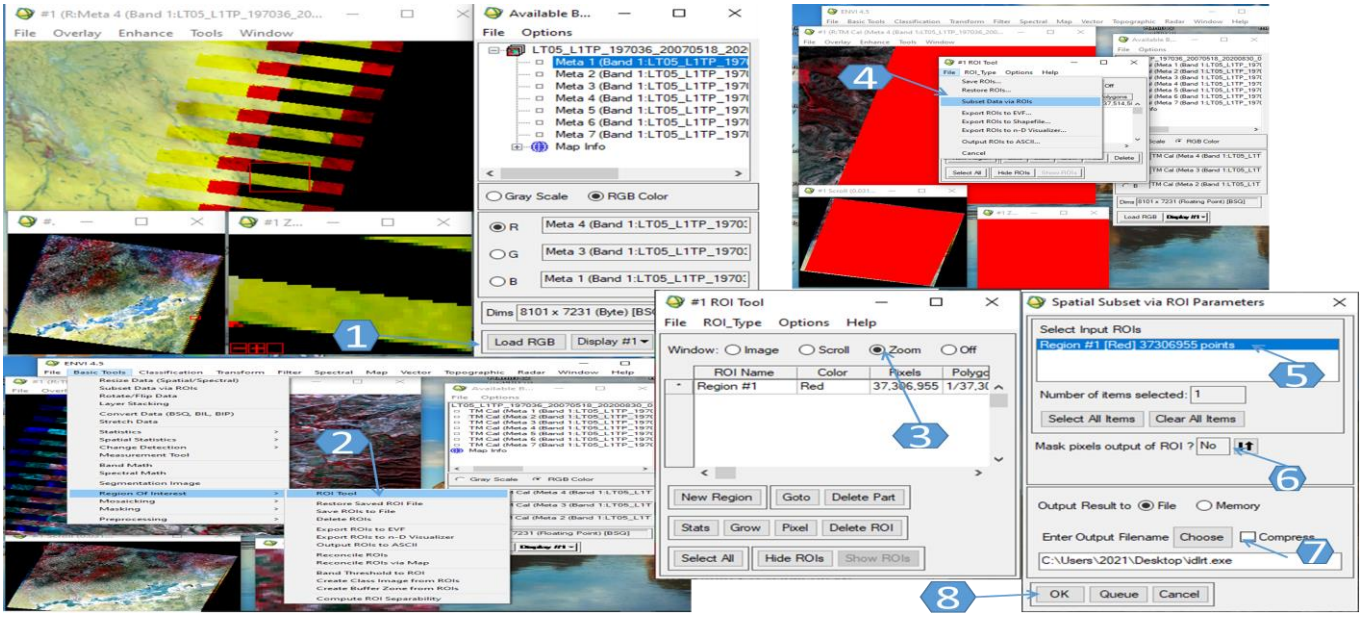


Figure 34: Les étapes de découpage des bordures d'une image

2.5. Mosaïquage des images satellitaires

Les images sont acquises avec une certaine largeur de bande sur l'orbite du satellite. Cette largeur dépend du capteur du satellite. Dans le cas de notre zone d'étude, la superficie est plus large qu'une scène LANDSAT. De ce fait, nous avons réalisé une mosaïque de quatre scènes pour chaque période afin de couvrir toute la zone d'étude.

La figure suivante représente les étapes de mosaïquage des images satellitaires.

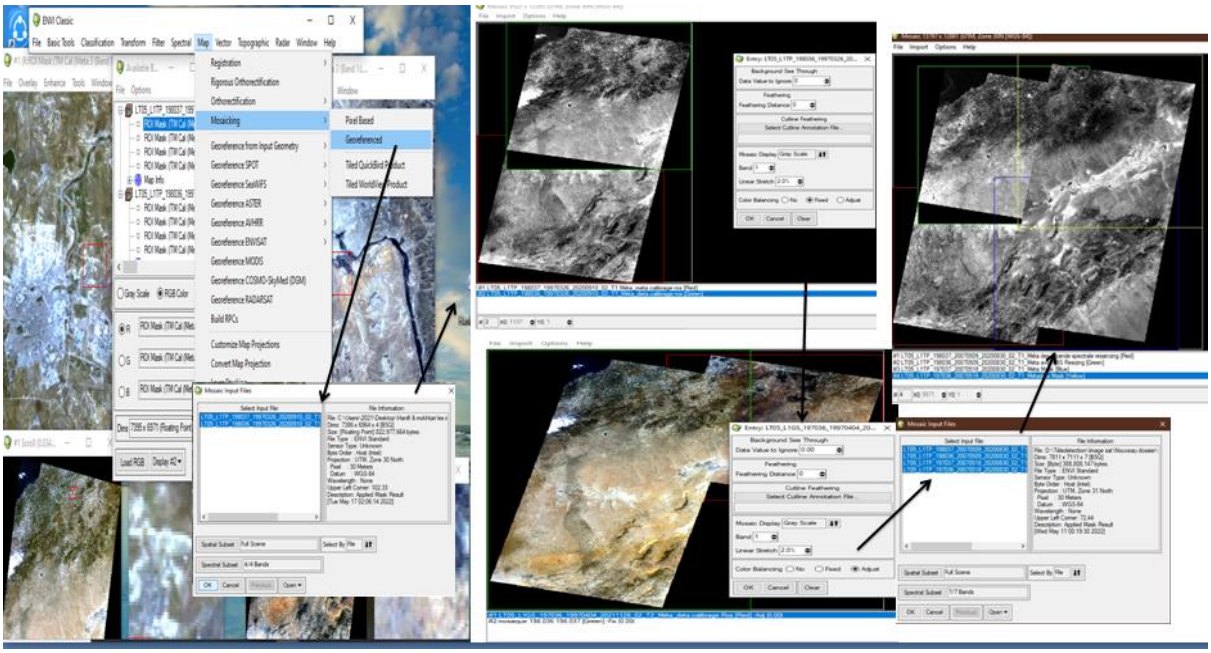


Figure 35: Les étapes de la réalisation la mosaïque des quarte scènes.

2.6. Extraction de la zone d'étude

Après la mosaïque, nous avons réalisé un découpage de la zone d'étude par l'application d'un masque en utilisant un fichier de format vecteur selon les limites naturelles du sud Oranais. Le résultat de cette opération somme figurés en **(Figure 36).**

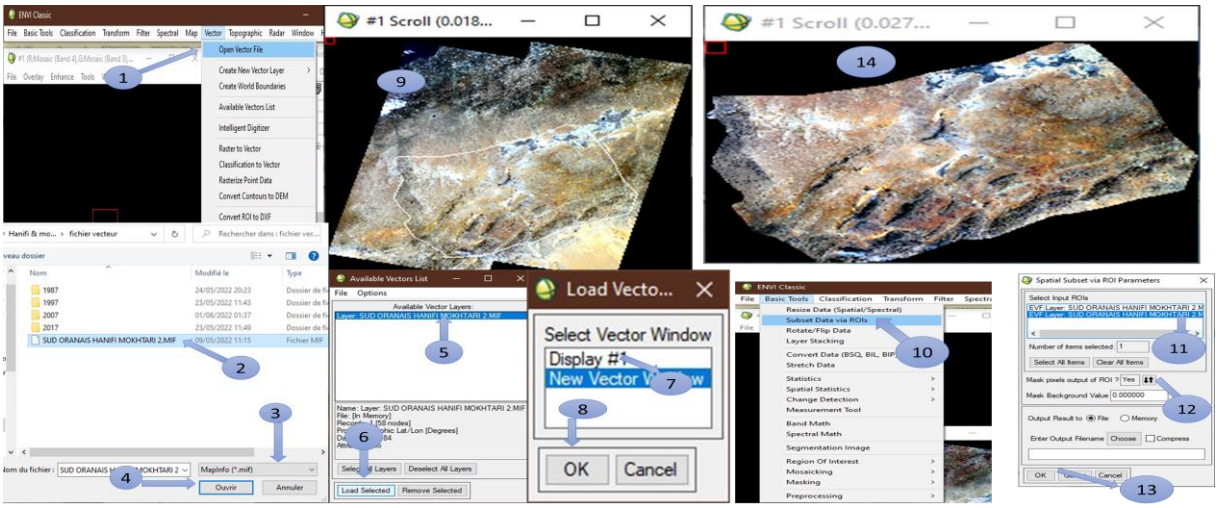


Figure 36: Les étapes de la réalisation d'un masque et le découpage de la zone d'étude

2.7. Indice de végétation NDVI

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

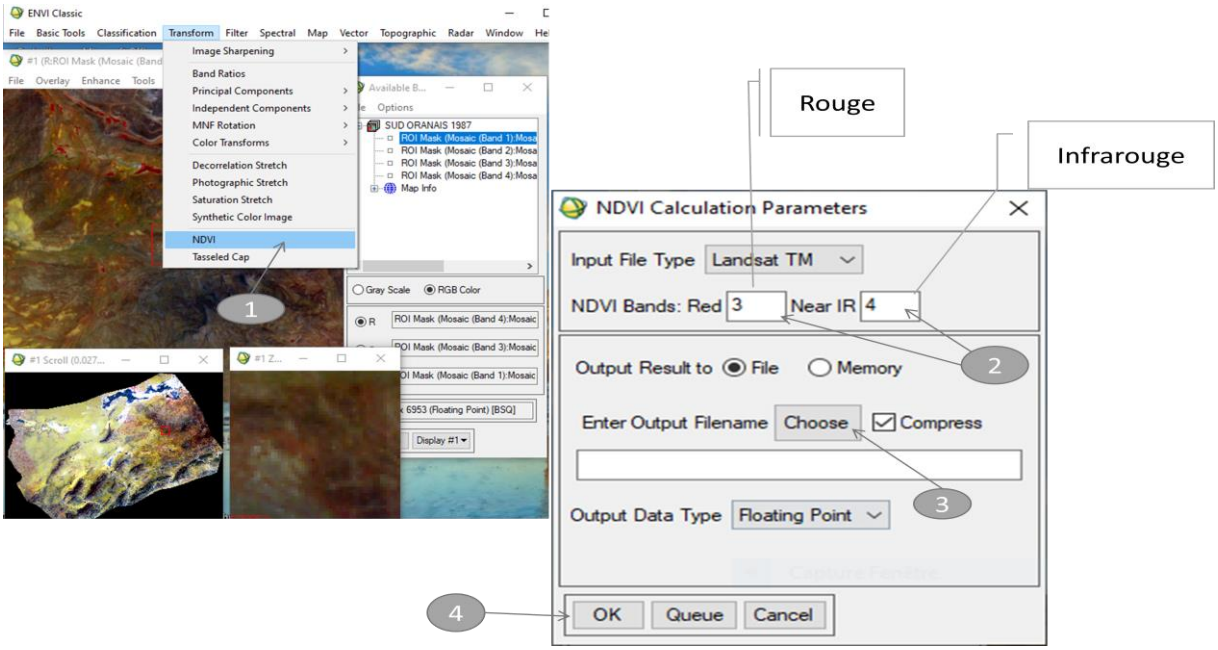


Figure 37: Calcule NDVI automatique.

Dans notre étude, l'objectif principal défini est d'évaluer l'état de la couverture végétale. Pour cela, nous avons utilisé un fichier vecteur pour l'extraction des fenêtres de la zone d'étude pour l'ensemble des scènes images (1987, 1997, 2007 et 2017).

La démarche méthodologique adoptée repose essentiellement sur l'analyse et l'interprétation du NDVI qui est le rapport de la différence entre la reflectance dans le proche infrarouge et dans le rouge, sur la somme des deux. Il est donné par la formulation suivante :

$$NDVI = \frac{(PIR-R)}{(PIR+R)}$$ **(Rouse et *al*, 1974).**

- **PIR** : La reflectance dans le canal proche infrarouge.
- **R** : La reflectance dans le canal rouge.

Cet indice met en évidence l'activité chlorophyllienne de la végétation, car il utilise la bande infrarouge du spectre électromagnétique où la végétation réfléchit l'énergie incidente qui est par la suite enregistrée par le capteur du satellite (**Martin et Chuvieco, 1993**).

Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances 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 supérieures à 0,1. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

Dans cette étude, le NDVI est généré pour chaque date de prise de vue (1987, 1997, 2007 et 2017).

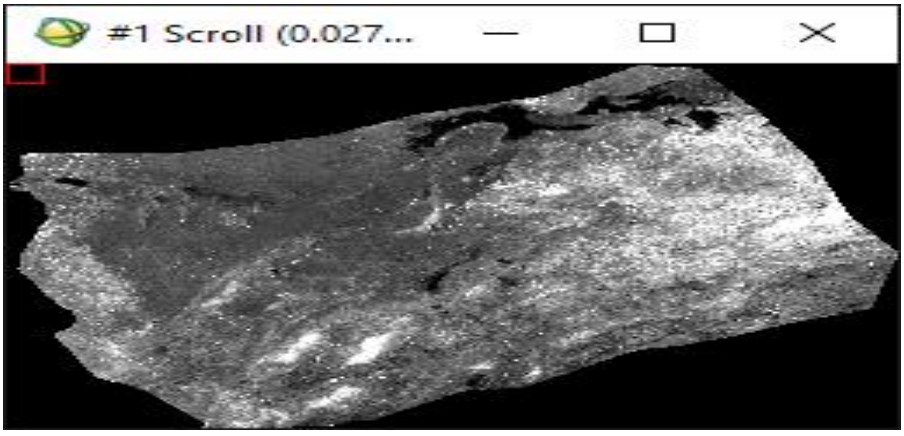


Figure 38 : Image de l'NDVI.

Chapitre 4
Résultats et Discussion

Dans ce chapitre, on exprime les résultats obtenus du traitement des images satellites (Landsat 5 TM et LANDSAT 8 OLI).

Après avoir effectué tous les prétraitements et les traitements nécessaires sur les images satellitaires, nous passons à l'étape de d'extraction et d'analyse des données acquises à partir de l'indice de végétation NDVI et la classification des images afin de cerner les changements et l'évolution temporelle du couvert végétal.

1. Composition colorée

Réalisée suite à la superposition d'image dans trois canaux, en réalité c'est un affichage en fausse couleur qui consiste à attribuer des couches fictives aux bandes spectrales, l'image résultante se compose de trois plans de couleur Rouge, Vert et Bleu (**Figure 39**).

La couleur rouge à la bande spectrale proche infrarouge, la couleur verte à la bande rouge et la couleur bleu à la bande bleu.

Pour notre travail, nous avons affecté les couleurs R.G.B. aux canaux TM4, TM3, TM1 pour l'image 1987, 1997 et 2007 ; et TM5, TM4, TM2 pour celle de 2017.

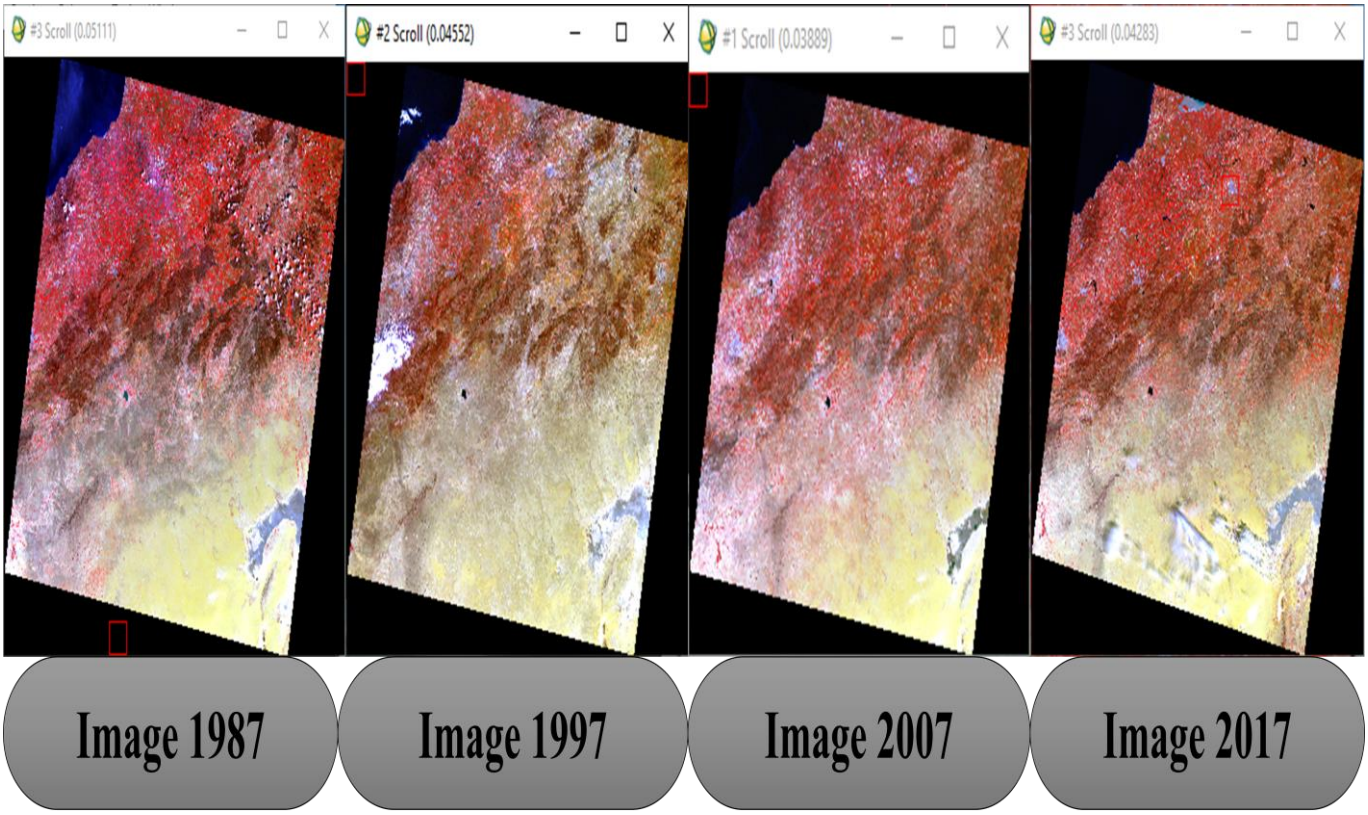


Figure 39 : Composition colorée des images Landsat prise en 1987-2017

2. Résultats de découpages des bordures déformées

Avant la réalisation de la mosaïque, il est important de découper les bords déformés de toutes les images satellitaire voisines à l'aide de l'outille ROI. D'autant plus cette étape présente une grande importance afin d'assurer que les données ne seront pas affectées et transformées après la mosaïquage des scènes. Le résultat est illustré sur la figure suivante.

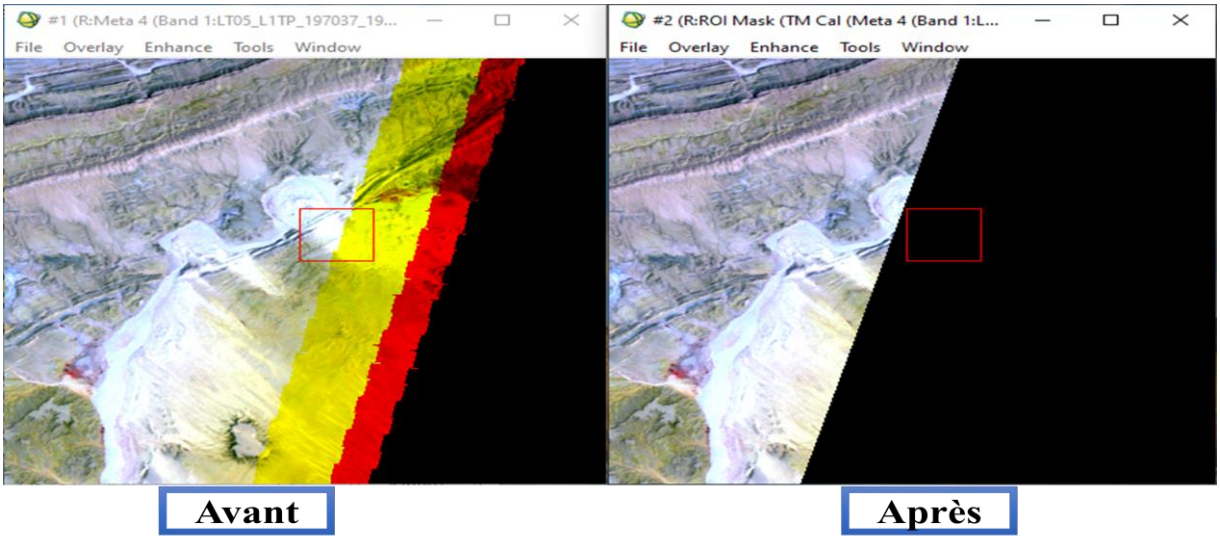


Figure 40 : Image avant et après la découpe des bordures

3. Mosaïque des images satellitaires

Vu la grande superficie de la zone Sud Oranais , il nous a fallu faire la mosaïque de 4 scènes des images LANDSAT TM des année 1987, 1997 et 2007 et 4 scènes des images LANDSAT OLI 8 de 2017 afin de couvrir toute la zone d'étude.

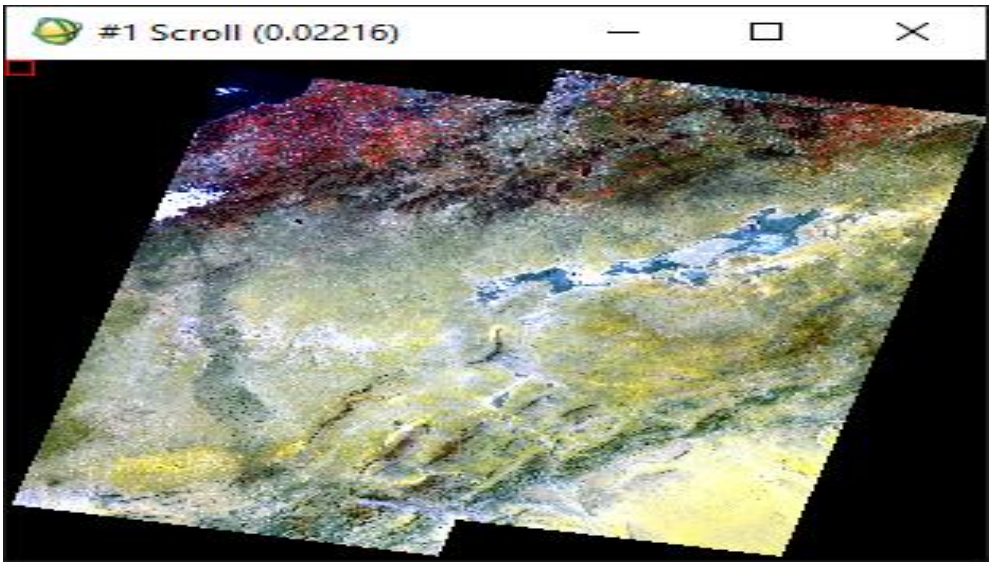


Figure 41 : Mosaïque des quartes scènes couvrant la zone d'étude

4. Extraction de la zone d'étude

Pour la réalisation de ce travail, Après la mosaïque, nous avons réalisé un découpage de la zone d'étude par l'application d'un masque en utilisant un fichier de format vecteur selon les limites du Sud Oranais **(Figure 42).**

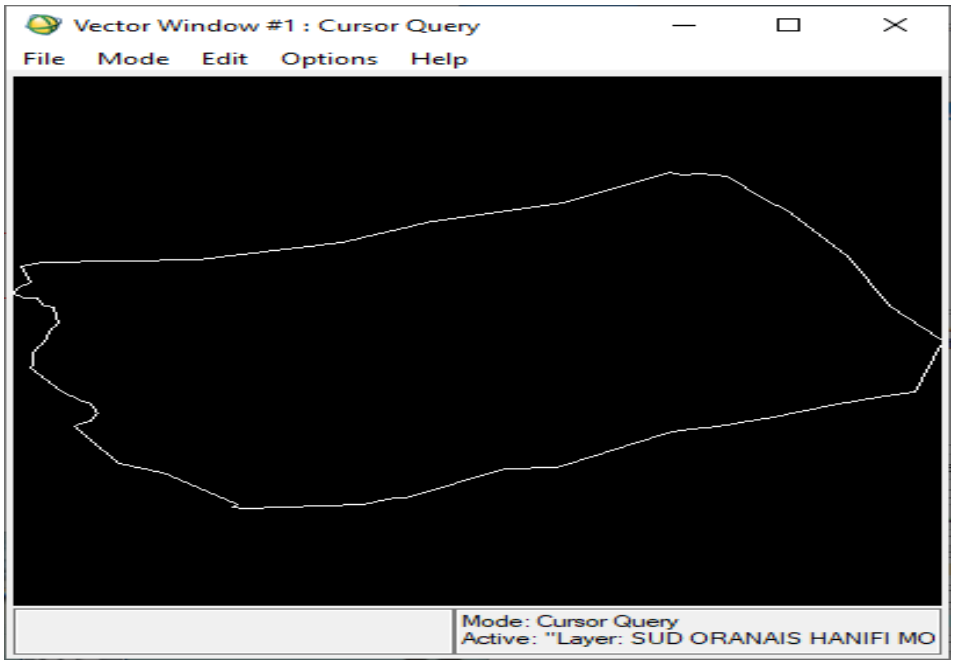


Figure 42 : limite de la zone d'étude.

Les résultats de cette opération sont présentés dans la **Figure 43.**

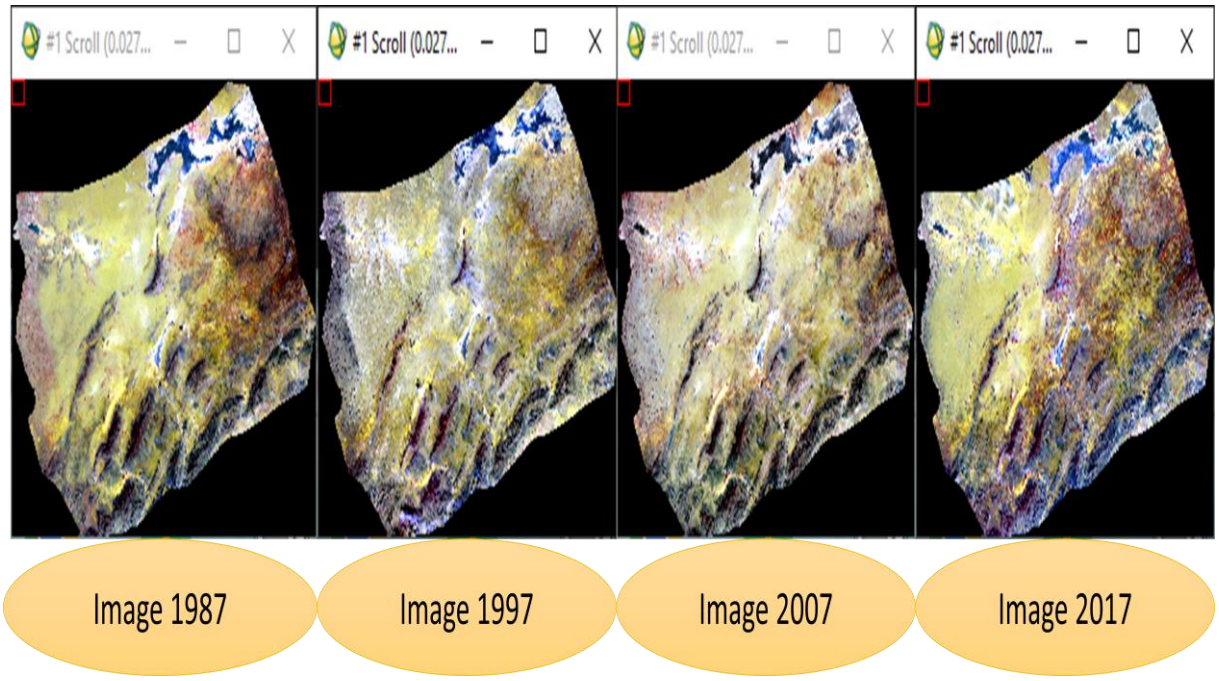


Figure 43: Images Landsat de 1987-2017 découpée selon les limites de la zone d'étude

5. Indice de la végétation NDVI

Dans notre étude, l'objectif principal, prédéfini, est d'évaluer l'état de la couverture végétale. A cet effet, L'indice de végétation normalisé est d'une importance majeur, il consiste à soustraire au canal infrarouge (où la couverture végétale a de fortes réflectances) le canal rouge (où les surfaces minéralisées ont de fortes réflectances).

Pour cela, nous avons utilisé un fichier vecteur pour l'extraction des fenêtres de la zone d'étude pour l'ensemble des scènes images (1987, 1997, 2007 et 2017).

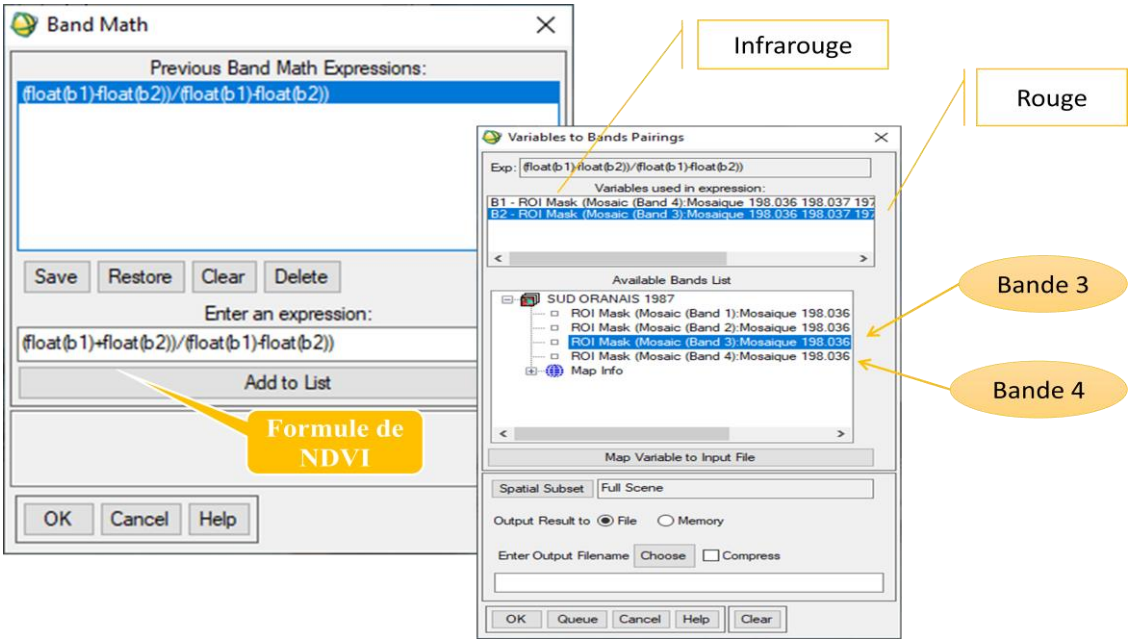


Figure 44 : La méthode de calcule NDVI avec la formule

$$NDVI = \frac{(PIR-R)}{(PIR+R)}$$ **(Rouse et al, 1974).**

PIR : La reflectance dans le canal proche infrarouge.

R : La reflectance dans le canal rouge.

Pour le capteur Landsat 4-5 TM, le rouge correspond à la bande N°3 et l'Infrarouge convient à la bande N°4. Tandis que pour le capteur Landsat 8 Oli, le rouge se reporte à la bande N°4 et l'Infrarouge concorde avec la bande N°5.

Le néo canal résultant **(Figure 45)** présente un gradient croissant d'activité végétale allant du noir signifiant absence de couverture, au blanc qui rend compte d'une activité chlorophyllienne très élevée. Le résultat d'un NDVI prend la forme d'une nouvelle image, la valeur de chaque pixel étant comprise entre 0 (sol nu) et 1 (couvert végétal maximal).

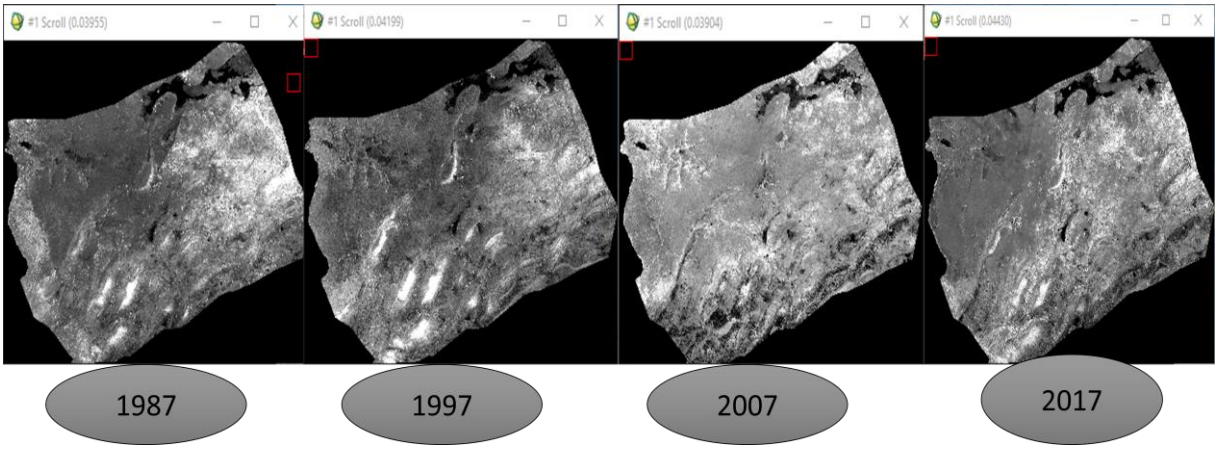


Figure 45 : Image de NDVI de 1987-2017.

Le résultat statistique de NDVI pour 1987, 1997, 2007 et 2017 nous a permis de suivi couvert végétal :

- Les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau…
- Les valeurs proches de 0 correspondant les sols nu.
- Les formations végétale quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprise 0 ,1 et 0,7.

5.1. Valeurs NDVI

Les figures suivantes représentent les valeurs de l'NDVI (valeur pixel) exprimé en pourcentage par rapport au nombre total de pixel de la zone d'étude.

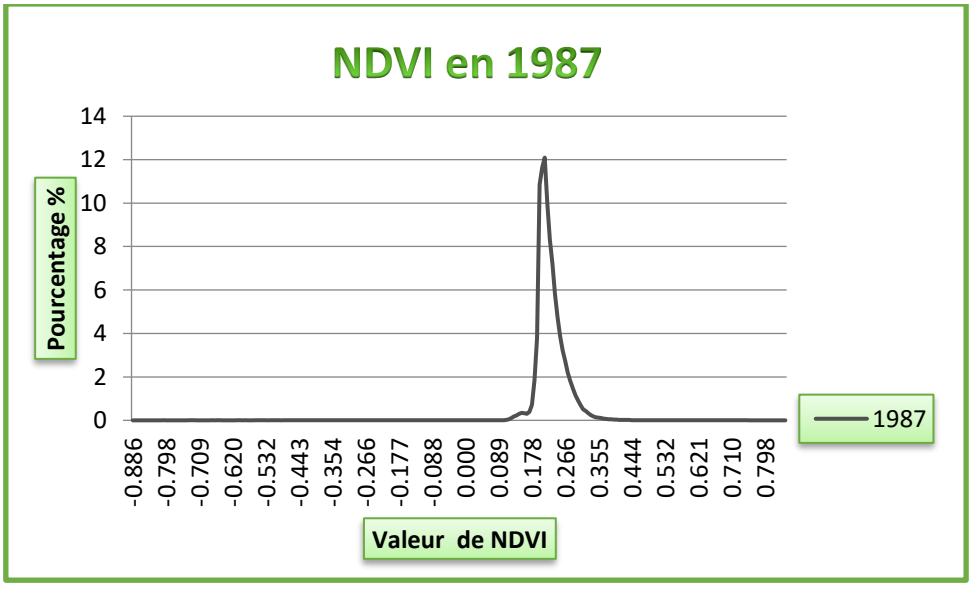


Figure 46 : Taux des valeurs de NDVI en 1987.

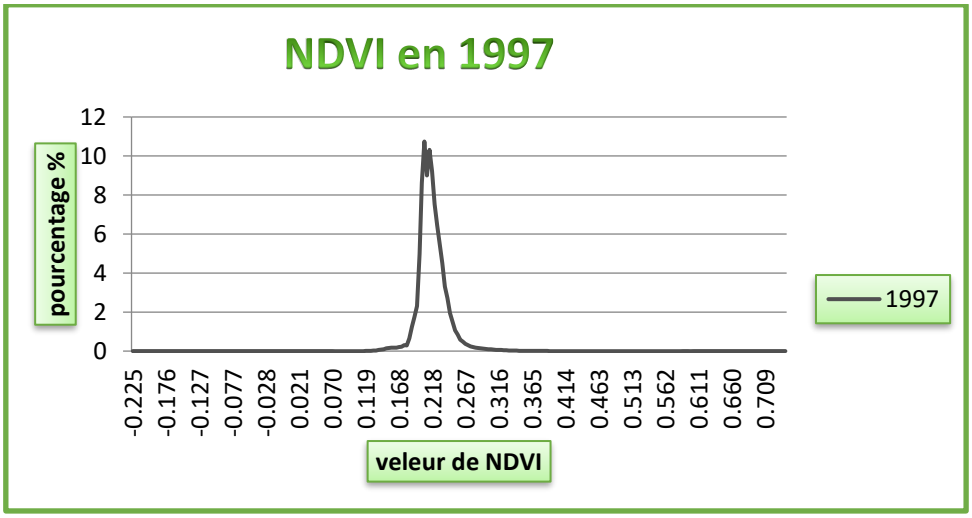


Figure 47 : Taux des valeurs de NDVI en 1997

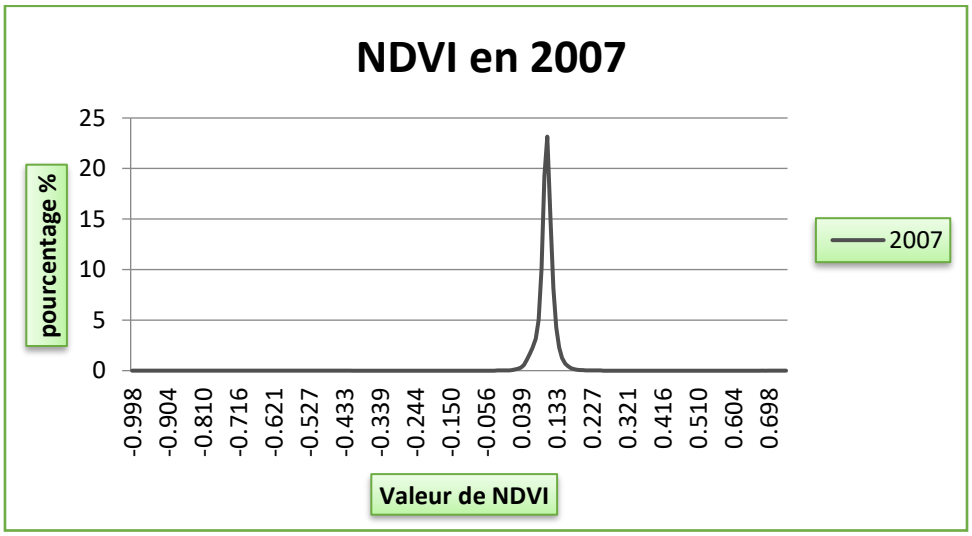


Figure 48 : Taux des valeurs de NDVI en 2007.

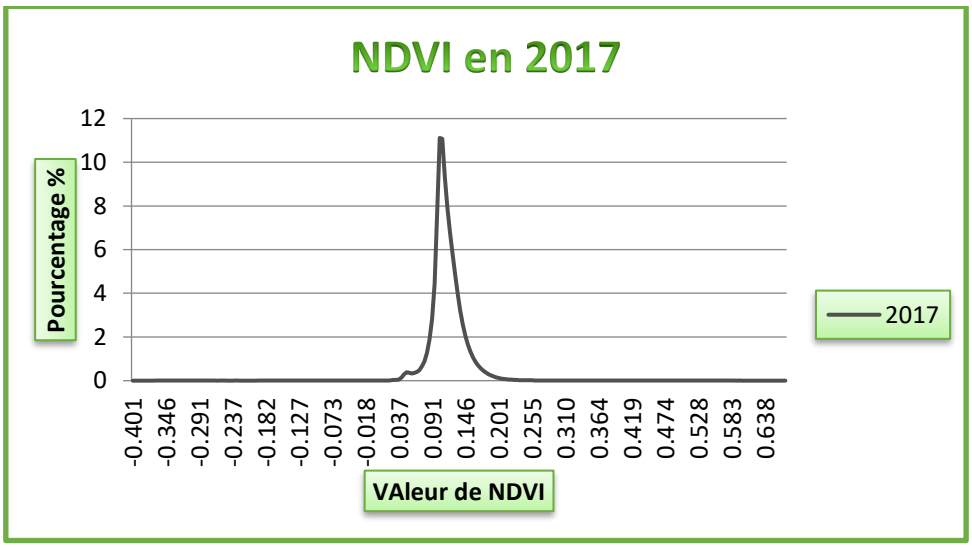


Figure 49: Taux des valeurs de NDVI en 2017.

D'après les **figures (46 ,47 ,48 et 49)** qui représentent le taux des valeurs de NDVI en déférentes années (1987, 1997,2007 et 2017), nous constatons que la valeur moyenne de NDVI dans les zones arides, notamment dans le sud oranais varie de 0,7 à 0,28, ce qui est logique vue que la couverture végétale est faible dans ces zones-là.

L'étude menée de 1987 à 2017 montre aussi que le NDVI varie d'une année (décade) à une autre, en effet, elle est de l'ordre de 0,25 pour l'année 1987, 0,21 pour 1997, 0,12 pour 2007 et 0.1 pour l'année 2017. Ces résultats montent une évolution régressive du couvert végétal.

5.2. Evaluation des changements de la biomasse végétale

Afin de cerner les changements dans la biomasse végétale, nous avons réalisé la carte de la densité de la végétation à partir de l'image satellitaire Landsat TM4-5 prise en 1987, 1997 et 2007 ; et celle Landsat 8 prise en 2017 à l'aide du logiciel ENVI 4.8, tout en appliquant Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Les résulatats sont portés sur les **figures 50 ,51 , 52 et 53**.

Les fortes valeurs du NDVI indiquent une végétation active et saine, tandis que la diminution et la baisse de ces valeurs signifient une régression et même une absence totale de la couverture végétale. La réponse spectrale d'un couvert végétal dense est forte dans les longueurs d'ondes proches infrarouges (rôle de l'activité chlorophyllienne) et faible dans les longueurs d'ondes rouges ou la réponse d'un couvert végétal clairsemé (rôle des minéraux).

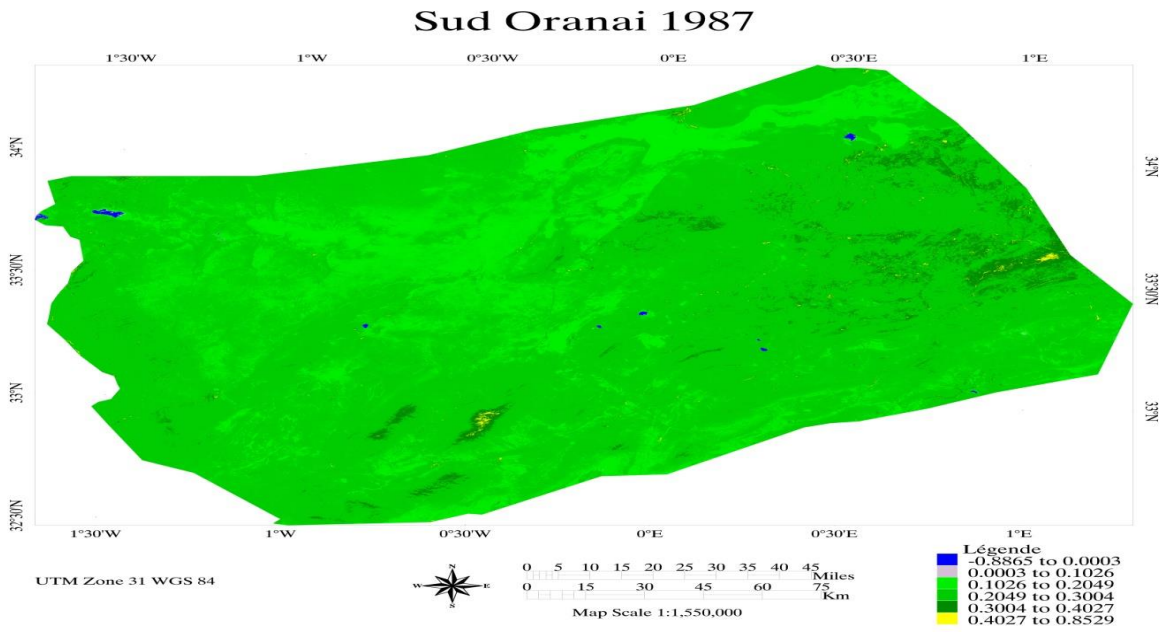


Figure 50 : Carte de la densité de la biomasse végétale en 1987

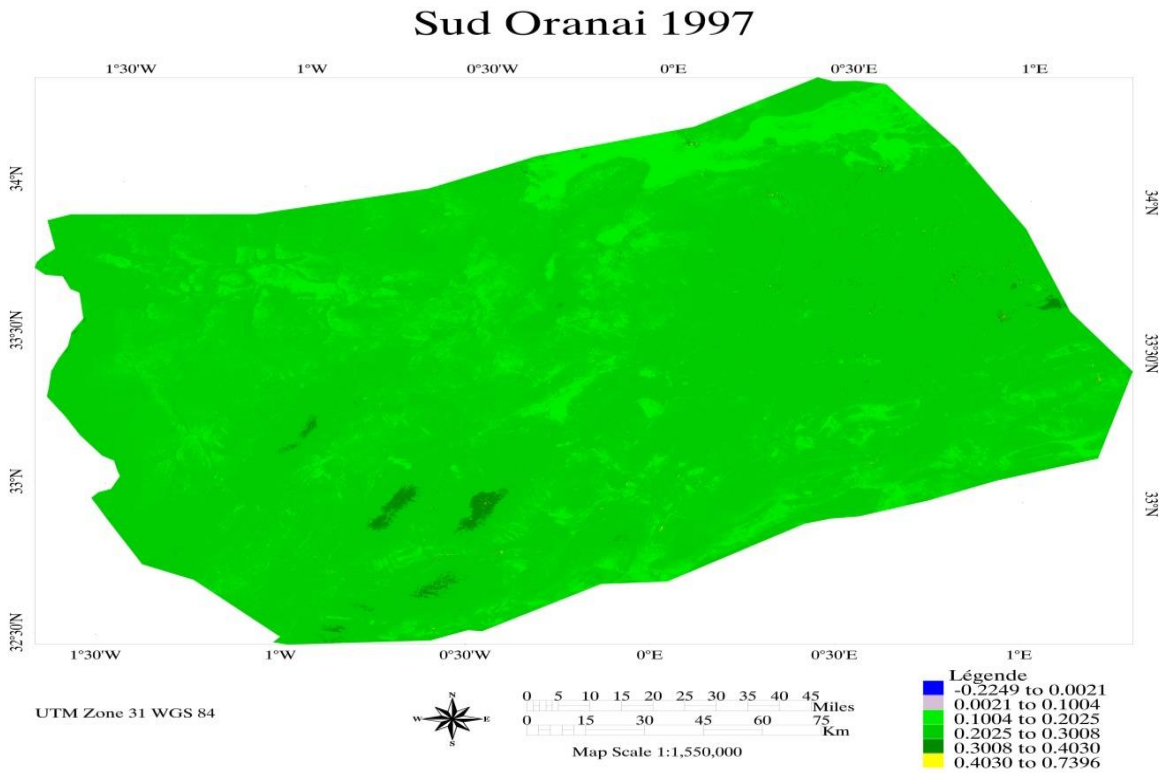


Figure 51 : Carte de la densité de la biomasse végétale en 1997

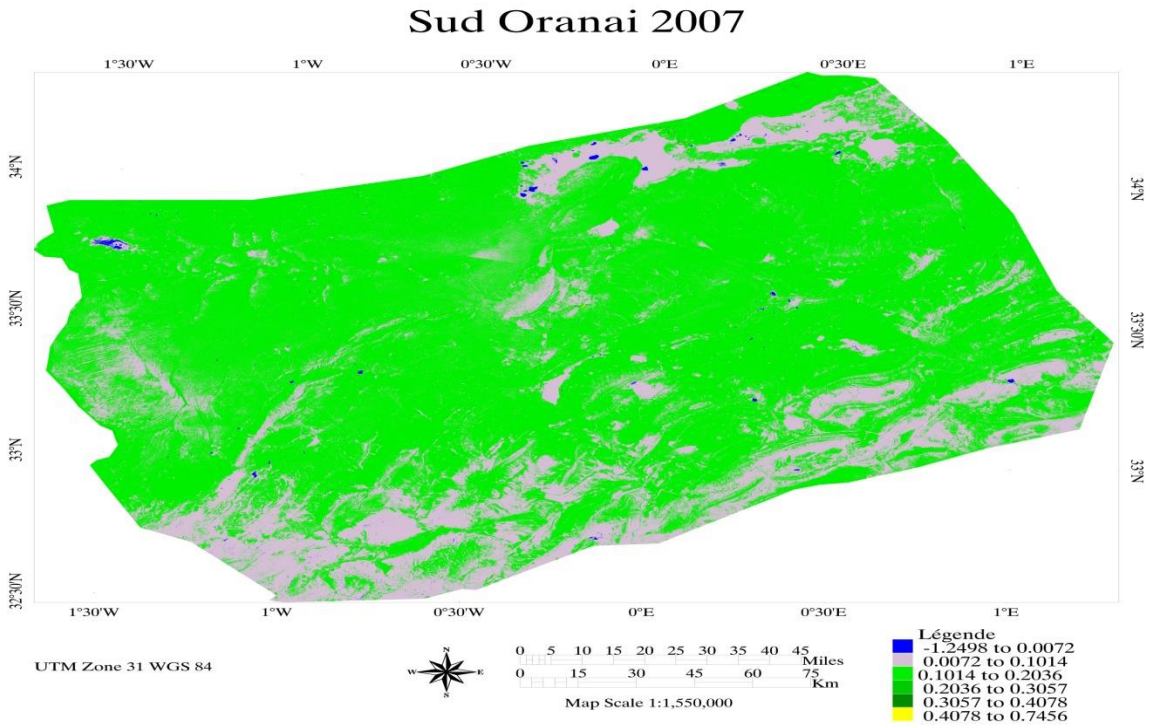


Figure 52 : Carte de la densité de la biomasse végétale en 2007

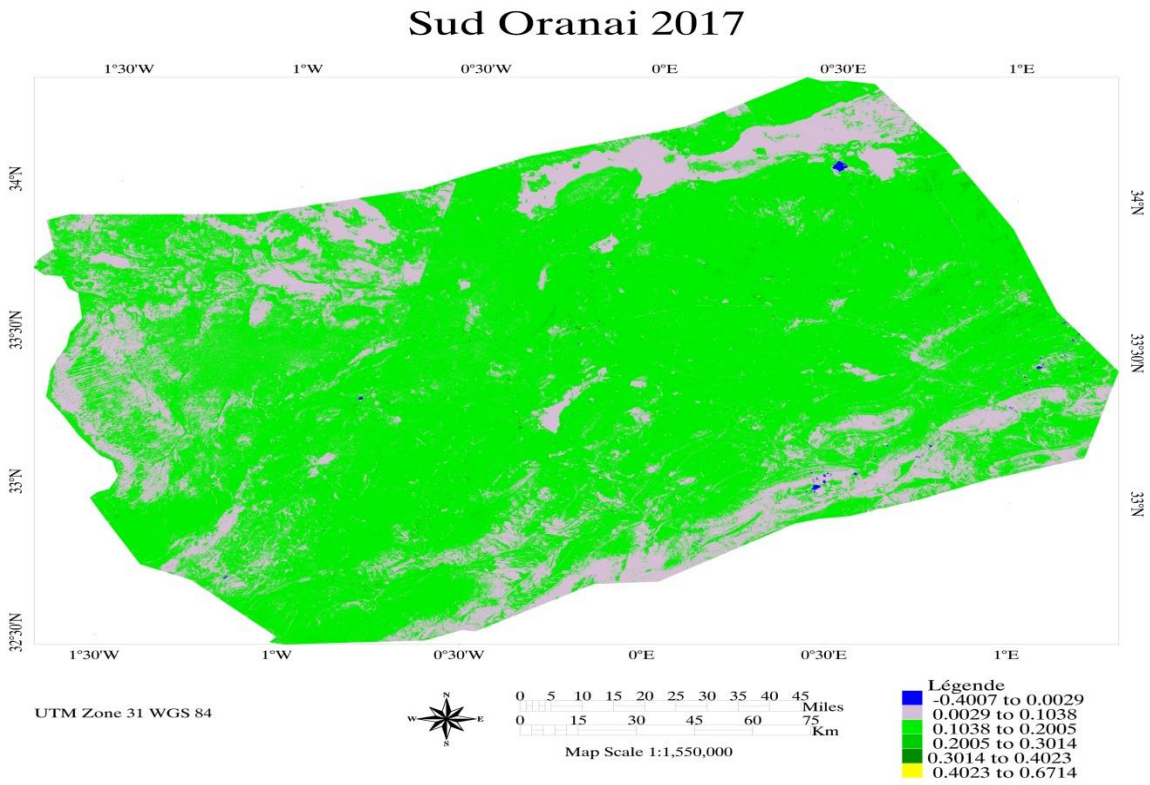


Figure 53 : Carte de la densité de la biomasse végétale en 2017

Les résultats du calcul de l'indice de végétation NDVI, des différentes dates, sont représenté sur les figures **50, 51, 52 et 53**. Les valeurs d'NDVI les plus élevées sont représentées par des tons foncés, alors que les tons les plus clairs concernent les valeurs les plus faibles. Les valeurs de l'NDVI pour la période 1987, 1997, 2007 et 2017 sont comprises entre 0 et + 0,81.

Les cartes montrent que les valeurs de l'indice NDVI varient de 0.1 à 0.8 et sont supérieur de l'année 1987 par rapport aux autre années, on observe une régression de la densité de la végétation pour l'année 2007 et 2017 par rapport l'année 1987 et 1997.

Le Tableau suivant montre les statistiques et les taux des classes NDVI des différentes décades (1987, 1997,2007 et 2017).

Tableau VIII : Superficies selon la densité de la biomasse végétale (1987,1997, 2007 et 2019).

	1987		1997		2007		2017	
	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
<0	0,08	31,4793	0	0,1188	0,17	63,8325	0,07	25,1226
0 – 0.1	0,02	7,3557	0	0,3447	24,51	9320,092	22,58	8599,124
0.1 – 0.2	19,45	7406,153	13,09	4983,345	75,12	28571,81	76,54	29144,16
0.2 – 0.3	76,27	29043,72	86,14	32801,06	0,17	64,0206	0,73	278,2647
0.3 - 0.4	3,96	1506,594	0,74	282,4695	0,02	8,7876	0,06	23,4549
0.4 ≤	0,22	83,0799	0,03	10,8279	0,01	3,9258	0,02	8,2359
Totale	100%	38078,36	100%	38078,36	100%	38078,36	100%	38078,36

La figure suivante montre la superficie de chaque classe NDVI et pour chaque période.

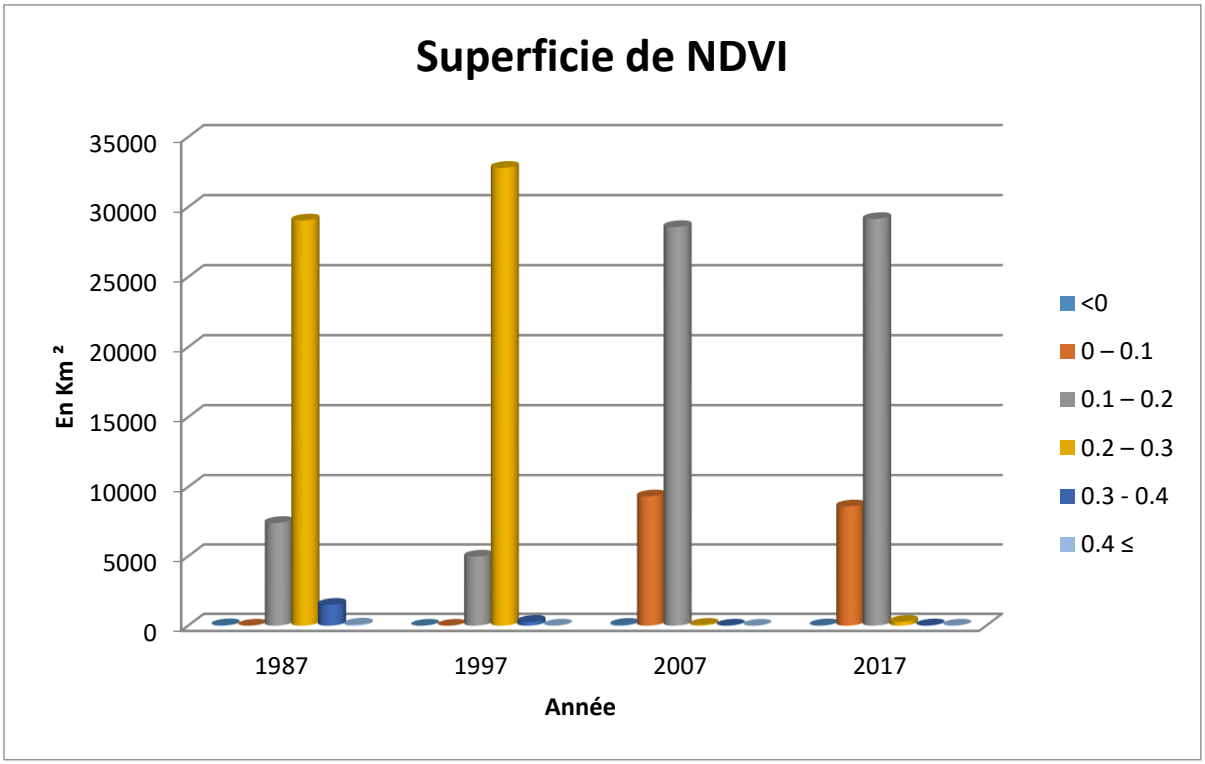


Figure 54 : Superficies des différentes classes de NDVI.

D'après le tableau et la présentation graphique ci-dessus, et suivant l'analyse des classes NDVI, nous remarquons que durant les années 1987 et 1997 la classe NDVI la plus dominante est celle 0.2 à 0.3 soit supérieur à 76% de la superficie total ; et durant les années 2007 et 2017 la classe NDVI la plus dominante est celle 0.1 à 0.2 soit supérieur à 75% de la superficie total. Quant à la classe NDVI 0.3 à 0.4 qui signifie une densité plus élevée, elle est de l'ordre de 3,96% de la superficie totale pour l'année 1987 et 0,74%, 0,02% et 0,06% successivement pour les années 1997, 2007 et 2017. Ces résultats nous renseignent qu'il y avait une régression de la densité du couvert végétal depuis 1987 à 2017.

Les classes NDVI supérieures à 0.4, qui représentent une densité encore plus importante, sont très faible par rapport à la surface totale, généralement inférieur à 0,2% pour toutes les périodes étudiées.

6. Discussion générale

L'objectif principal du présent travail est d'évalué et de cerner l'évolution de la densité du couvert végétal durant une période de 30 ans à l'aide d'un outil très pertinent dans le suivi des changements globaux qui est l'imagerie satellitaire et la télédétection. Cet outil nous a permis de constater une évolution régressive de la densité du couvert végétal durant cette période-là en passant d'une valeur moyenne du NDVI de 0,27 durant les années 1987 à une valeur de 0.1 durant l'année 2017.

Ces changements peuvent être expliqués par une surexploitation et une utilisation anthropique excessive des parcours par le surpâturage accentué par des variations climatiques essentiellement la sécheresse.

Ces résultats montrent encore une fois que le sud Oranais, à l'image des zones arides en Algérie, est très sensible à la désertification, il subit de fortes pressions anthropiques de type socio-économique et démographiques accentué par les changements climatiques.

Conclusion Générale

Conclusion générale

La végétation steppique est formée en grande partie par les chamaephytes (*Artemisia herba-alba* ou graminéennes *Stipa tenacissima*), elles se développent en touffes et ont une distribution discontinué et irrégulière.

Notre zone d'étude fait partie des plaines sud oranaise. L'analyse de l'évolution des conditions climatiques entre la période 1987-2017 démontre que le climat de la région d'étude appartient à l'étage bioclimatique aride inférieur à hiver froid, Avec une abondance pluviale en saison de l'automne et une sécheresse estivale.

Le long du présent travail, notre objectif était de contribués au suivie de l'évolution du couvert végétal d'une zone aride par décade (de 1987 à 2017) en exploitant des données de télédétection.

A la fin du traitement des données satellitaires de la zone par la télédétection en utilisent l'indice de végétation NDVI, Les résultats montrent que les valeurs de NDVI varie de 0.1 à 0.27 dans les zones arides, et qu'il y a eu une évolution régressive de la végétation; de ce fait, on conclut que le Sud Oranais a subi une dégradation du couvert végétal durant les 3 décades de 1987 à 2017, cela peut être expliqué soit par le climat aride de la zone où les chutes de précipitation sont faible surtout durant la deuxième décennie (1997-2007) , ou bien par l'ensablement et la désertification qui peut être accentuée par l'influence de l'Atlas Saharien au sud. En fin, l'action anthropique négative de l'homme peut avoir un grand rôle dans cette dégradation des sols et de la végétation comme le surpâturage, le défrichement, l'agriculture extensive et itinérante, l'évolution de la population et la sédentarisation des nomades.

Le travail que nous avons réalisé pourrait être complété et poursuivie sous différents aspects. Il serait pertinent d'étendre cette étude sur une période plus longue et avec des techniques plus performantes et des images satellitaires avec hautes résolutions spatiales et des données météorologique plus précises et plus détaillées, afin de pouvoir mieux gérer cet écosystème très fragile, surtout face aux changements climatiques et la désertification d'une manière générale.

Références Bibliographiques

Liste de Référence

Abdel-hady. A, 1987. Etude des sols désertiques en relation avec la télédétection, Sud-ouest SinaI (Egypte). Thèse de doctorat, Univ. p. et M. Curte, Paris.

Aidoud A., 1989.-Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques pâturés des hautes plaines Algéro-Oranaises (Algérie): Fonctionnement et évaluation des ressources végétales. Thèse. Doct. U.S.T.H.B. Alger.

Aidoud, A., Le Floc'h, É., & Le Houérou, H.N. (2006). Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Science et changements planétaires/Sécheresse,* 17(1), 19-30.

Aidoud A. et Touffet J. 1996 . ''La régression de l'alfa (*stipa tenacissima*) graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes''. Sécheresse (Paris), vol. 7, no 3, pp. 187-193.

ANAT., 2004. Carte bioclimatique de l'Algérie. (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire).

Bardinet C. 1994 : ''Télédétection de l'aridité et de l'environnement en Afrique du Sahara au Sahel''**.** *Revue de géomorphologie dynamique***, Paris**.

Benmostefa, M.A. 2012. Télédetection de la végétation maritime par Radiométres Optique Passifs : Cas du littoral Algérien. Universités des sciences et de la Technologie U-S T-O MB. Mémoire.

Benguerai A., 2011 : ÉVOLUTION DU PHENOMENE DE DESERTIFICATION DANS LE SUD ORANAIS (ALGÉRIE). Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemce, Faculté des sciences de la nature et de la vie, de la terre et de l'univers. Tlemcen.

Benkheira A. 2008 : Etude des données floristiques et faunistiques d'un milieu écologique et leur intégration dans un Système d'informations géographiques cas de Oglet Ed-Daira (Naâma, Algérie). Centre universitaire Mustapha Stambouli de Mascara, Institut des sciences de la nature et de la vie. Mascara, 121 p.

Benrebiha A., 1984.- Contribution à l'étude de l'aménagement pastoral dans les zones steppiques, cas de la coopérative pastorale Ain Oussera. Thèse Magister, INA, Alger, 160 p

Bensaïd A. 1997. Traitement des données multi-sources et conception d'une base de données dans un SIG en vue de la caractérisation d'un milieu physique, application à une

zone steppique au nord de Laghouat. Centre National des Techniques Spatiales, Arzew, Algérie, Thèse de magister.

Bensaïd A., 2006. SIG et Télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : Le cas de la Wilaya de Naâma (Algérie). Thèse de Doctorat de l'université Joseph Fourier-Grenoble1, p318.

Bensaïd, A., Mostephaoui, T., & Nedjai, R. 2021. Apport des images ETM+ et du SIG dans la détection des changements dynamiques de l'espace steppique de Naâma, Algérie. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 9*(4), 629-642.

Bensouiah, R. 2003. La lutte contre la désertification dans la steppe algérienne: les raisons de l'échec de la politique environnementale. *Communication aux 15èmes Journées de la Société d'Ecologie Humaine:" Du Nord au Sud: le recours à l'environnement, le retour des paysans*.

Bonner. J.W, 1982. Applytng Landsat and ancillary data to arid land inventory: a case studyProc. Int. Symp. Rem. Sens. Environ. Le Caire.

Bonn F. et Rochon G., **1992.** Précis de télédétection Volume 1 : Principes et Méthodes, Presses de l'Université du Québec/AUPELF,

Bouarfa S., 2011. Le phénoméne d'ensablement dans le sud ouest la région d'Ain sefra. Conditions, factures et impacts sur l'environnement.Thése de magustére en science de l'environnement et climatologie : Faculté des sciences, Université d'Oran,112p.

Boudebza, F., Belaidi, S., & Cheddad, S. E., 2020. Apport Du SIG et de la Télédétection dans les études hydrogéologiques. Université de Jijel.

Boughani A., 1995, Contribution à l'étude de la flore et des formations végétales au Sud des monts du Zab (Ouled Djellal, wilaya de Biskra). Thése magister, USTHB, Alger

Bouzenoune A. 1984, Étude phytoécologique et phytosociologique des groupements végétaux du sud oranais (w.Saida), Thèse 3ème cycle. Uni.Sci. Tech. H. Boumediène, Alger,

Chikh M., 2011. Contrebution a l'étude de la répartition du pistachier de l'atlas (Pistacia atlantica desf.) dans la wilaya de Nama-cas de Gaaloul. Thése d'ingénieur d'état en foreserie : Faculté des sciences de la nature de la vie et de la terre et l'univers, Université Abou Baker-Telmcen, 115p

Collet, M., 2010. Suivi spatio-temporel des calottes glaciaires de l'Antisana et du Cotopaxi (Équateur). Analyse par télédétection dans un contexte de changement climatique. Mémoire de Master.

Daget P., 1977. Le bioclimat méditerranéen : caractéres généreaux, mode de caeactérisation. *Vegetatio* 34 : 1-20.

Denis, H., 2013. Les notions de base (Notes tirées en partie de « Microsoft Office 2000 Premium »). Université de Moncton.

Denis, A., 2020. Travaux Pratiques de Télédétection Spatiale I.

Djebaili S., 1978, Recherches phytosociologiques et phytoécologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse Doct., Montpellier.

Dellaoui, B.,2016. Cartographie et inventaire de l'herpétofaune du chott Chergui(région d'El Bayadh :Sud ouest algérien). Thése Magister : Faculté des science de la nature et de la vie, Université Djillali Liabés de Sidi Bel Abbés.

Derdjini, H., 2017. Cartographie des changements de l'occupation du sol dans la plaine de la Mitidja a partir des images Landsat. Mémoire de master.

Djellouli Y., 1990. Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Thèse de Doctorat en Sciences. USTHB. Alger.

Duminil. T., 2007. Exploitation de données de télédétection en vue d'étudier la mise en place de l'écotourisme dans la région de Andavadoaka (Madagascar). Rapport de stage deuxième année SUPAGRO, Montpellier.

El Zerey W. 2014. Application de la télédétection et SIG à l'étude de la désertification, cas de l'écosystème steppique algérien. Edition Universitaire Européenne.

Emberger L., 1955. Une classification biogéographique des climats. Recherche. Travaux. Lov. Géol. Bot. Zool. Fasc. Sci. Montpellier. p47

Escadafal. R., 1982. Compte rendu de la première conférence thématique "télédétection des régions arides et semi-arides", Le Caire, 19-25/01/82. ORSTOM, Tunis.

Girard M. C., et Girard, C. M., 1989. Télédétection appliquée, zones tempérées et intertropicales. (2 ed.), Paris.

Ghazi Z., 2012. Séminaire sur la mise en place d'un dispositif de Formation au Développement Rural.

Graetz. RD, Centle. M.R, Pech . RP, O'callaohan. J.F, 1982. The development of a Land image-based resource information system (LIBRIS) and its application to the assessment and monitoring of Australian arid rangelands. Proc. Int. Symp. Remote Sens. Environ., Cairo. 257-75

Haddouche, D., 1998. *Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection "IMAGES LANDSAT TM" cas de la région de ghassoul (EL BAYADH).* Magister Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen (UABT).

Haddouche, I., Saidi, S., & Toutain, B., 2009. La télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride en Algérie : le cas de la région de Naâma: s.n.

Halem, M., 1997. La steppe Algérienne: causes de la désertification et propositions pour un développement durable. MSc dissertation, University Sidi Bel Abes, Algeria.

Halitim, A., 1985. Contribution a l'etude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algerie): morphologie, distribution et role des sels dans la genese et le comportement des sols. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Rennes (france).

Houamel, S., 2018. Les steppes d'armoise blanche (Artemisia herba-alba Asso) dans l'Est Algérien: répartition actuelle, biodiversité, dynamique et conditions de durabilité. Université Mohamed Kheider-Biskra.

Kadi Hanifi H., 1998. L'alfa en Algérie : syntaxonomie, relation milieu-végétation, dynamique et perspectives d'avenir. Thèse. Doct. USTHB

Kergomard, C., 1990. La télédétection aérospatiale: une introduction. Cours de télédétection, Ecole Normale Supérieure Paris.

Lacaze. B., 1975. Le traitement des données multispectrales acquises par télédétection. Application à l'étude de la végétation. Th. Doct.-Ing., Montpellier Univ. Sei. et Techn. du Languedoc.

Lacaze. B., Lahraoui L., 1987. Télédétection des formations géologiques et de la végétation dans un territoire du Haut Atlas oriental marocain à partir des données du satellite SPOT .Int. J. Rem. Sens. p 158

Lacaze. B., Lahraoui. L., Debussche. G., Khelfa. A., 1985. Analyse de mesures radiométriques de simulation Spot en milieu méditerranéen aride et sub-humide. 3e Coll. Int. Signatures spectrales, Les Arcs, France.

Le Houérou H.N, Claudin J, Pouget M., 1977. ETUDE BIOCLIMATIQUE DES STEPPES ALGERIENNES, Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord Alger, t. 68, fasc. J et 4, 33-49 pp.

Le Houérou. H.N., 1985. La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et d'évaluation. Ministère de l'agriculture, Alger

Le Houérou, H. N., 1989. Classification écoclimatique des zones arides (sl) de l'Afrique du Nord. *Ecologia Mediterranea*, *15*(3), 95-144.

Maniere R. et Chamignon C., 1986 Cartographie de l'occupation des terres en zones arides méditerranéennes par télédétection spatiale. Exemple d'application sur les hautes plaines sud oranaises ; Mécheria au 1/200.000ème . *Ecologia meditarranea* ; Tome XII .Fax 1-2. PP 159-185.

Martin M. P et Chuvieco E., 1993. Mapping and evaluation of burned land from multitemporal analysis of AVHRR NDVI images. Proceedings of International Workshop on Satellite Technology and GIS for Mediterranean Forest Mapping and Fire Management, Tessaloniki, Greece.

Mc Graw J.F, Tueller. P.T, 1983. Landsat computer-aided analysis techniques for range vegetation mapping. J. Range Management.

Montana, C., 1992. The colonization of bare areas in two-phase mosaics of an arid ecosystem. *Journal of Ecology*, 315-327.

Mostefai N. ; et Gronot C., 2006. Constat sur la diversité du cheptel et la faune sauvage de la steppe algérienne : Cas de la wilaya de Naâma. Bulletin de la société zoologique de France. 2006, vol. 131, N°2, 77-96p.

Nedjraoui D., 1981. Evolutions des éléments bio gènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès végétation des hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. Thèse 3 éme cycle, USTAB, Alger

Nedjraoui D. et Bedrani S., 2008. La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte, *VertigO* - la revue électronique en sciences de l'environnement, V.8 N1.

Noy-Meir, I. 1974. Desert ecosystems: higher trophic levels. *Annual Review of Ecology and systematics*, *5*(1), 195-214.

Poncet. Y, 1986. Images spatiales et paysages sahéliens: une étude régionale des milieux par télédétection: Azawagh, République du Niger. Travaux et documents n0200. o RSTOM, Parts.

Pouchin T. 2001 : Elaboration d'un observatoire paysager, Application à l'estuaire de Seine. Centre Interdisciplinaire de Recherche en Transports et Affaires Internationales, Le Havre, Thèse de Doctorat.

Ramade F., 2003. Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale. № 03, Ed. DUNOD, Paris, 690p.

Rekik F.,2015. Contribution à l'évolution des ressources fourragères des parcours steppiques de l'Est Algérien << Cas de la région de Tébessa >>. Thèse Doctorat : institut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques, université el Hadj Lakhder-Batna,120p.

Rouse, J.W. et Haas, R.H., 1973. Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. Third ERTS Symposium, 1, 309-317. - Washington DC: NASA.

Rouse J. W., Hass R. H., Shell J. A., Deering D. W., Harlan J. C., 1974. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. Final Report, Type III, NASA/GSFC, Greenbelt.

Salim,A. 2018. Apport de la télédétection dans l'évolution de la couverture végétale sur le versant Nord du Haut Atlas de Marrakech au cours de ces 30 dernières années. Mémoire de Stage de Fin d'Etudes.

Soltner D., 1992. Les bases de la production végétale. Tome 2. 6éme édition. SCI et Tech.Agr, 320p.

Ta, M. Y, Lasm, T. Jourda, J. P, Kouamé, K. F, & Razack, M. 2008. Cartographie des accidents géologiques par imagerie satellitaire Landsat-7 ETM+ et analyse des réseaux de fractures du socle précambrien de la région de bondoukou (Nord-Est de la Côte d'Ivoire). Télédetection.

Thinthoin K., 1948. Elément d'écologie : Ecologie fondamentale .Edit. Mac .Graw-Hill, Paris. P197.

Tir-Elhadj, 2015. nalyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post-incendie dans la Wilaya de Tissemsilt. UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAÏD –TLEMCEN. Mémoire.

Thomas D., Maraston C., Bender R et Mendes de Oliveira C., 2005. The Epochs of Early Type Galaxy Formation as a Function of Environment. The Astrophysical Journal 2005

Tucker, C. J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of the Environment,

Zair M.,2011. Bilan écologique et socio-économique des reboisements dans la wilaya de Naâma et perspective d'avenir. Thèse Magister : Faculté des Sciences de la nature de la vie de la terre et de l'univers, Université Abou Bakr Belkaïd de TLEMCEN. 176p .

SITE INTERNET

https://earthexplorer.usgs.gov/

https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/?fbclid=IwAR16rIvmixxwugtHBnh_W-fc6SUECrrZatgO9H92Ix6a723VAhBhxOuPrSY

https://d-maps.com/pays.php?num_pay=8&lang=fr

Annexes

Annexe 1

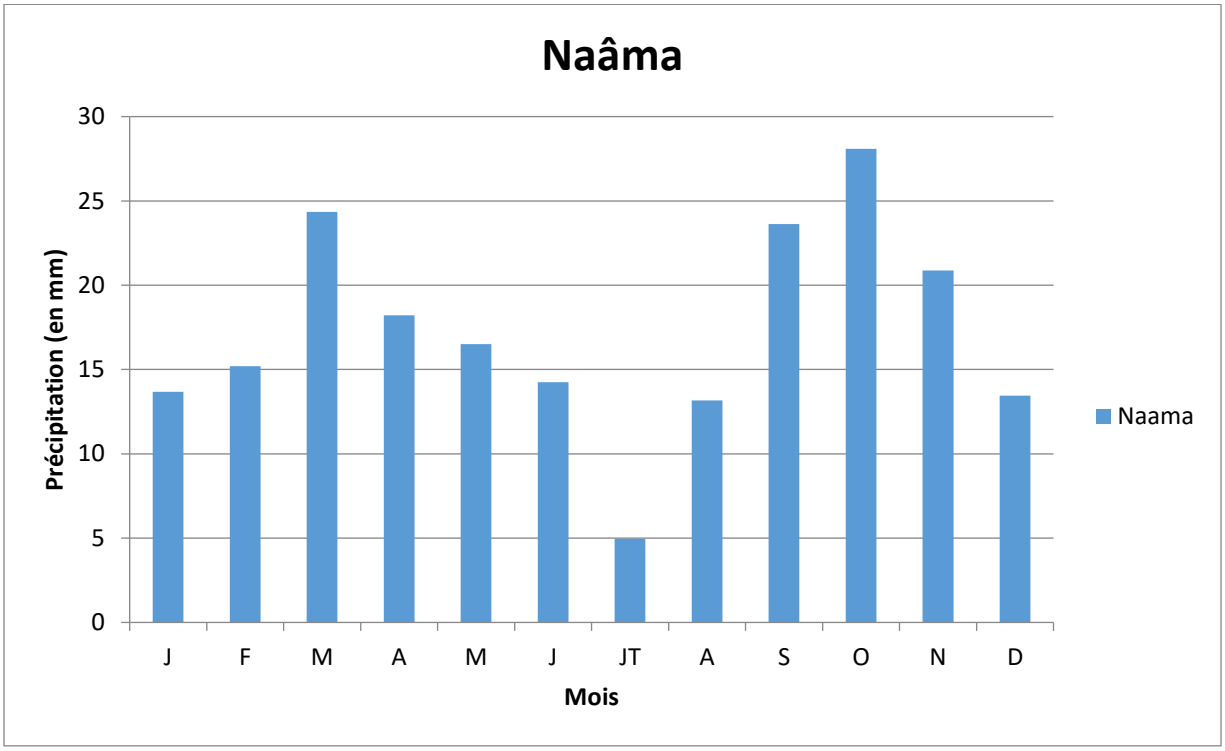


Figure1 : Histogramme représentant les précipitations mensuelles à la station de Naâma (1991-2017)

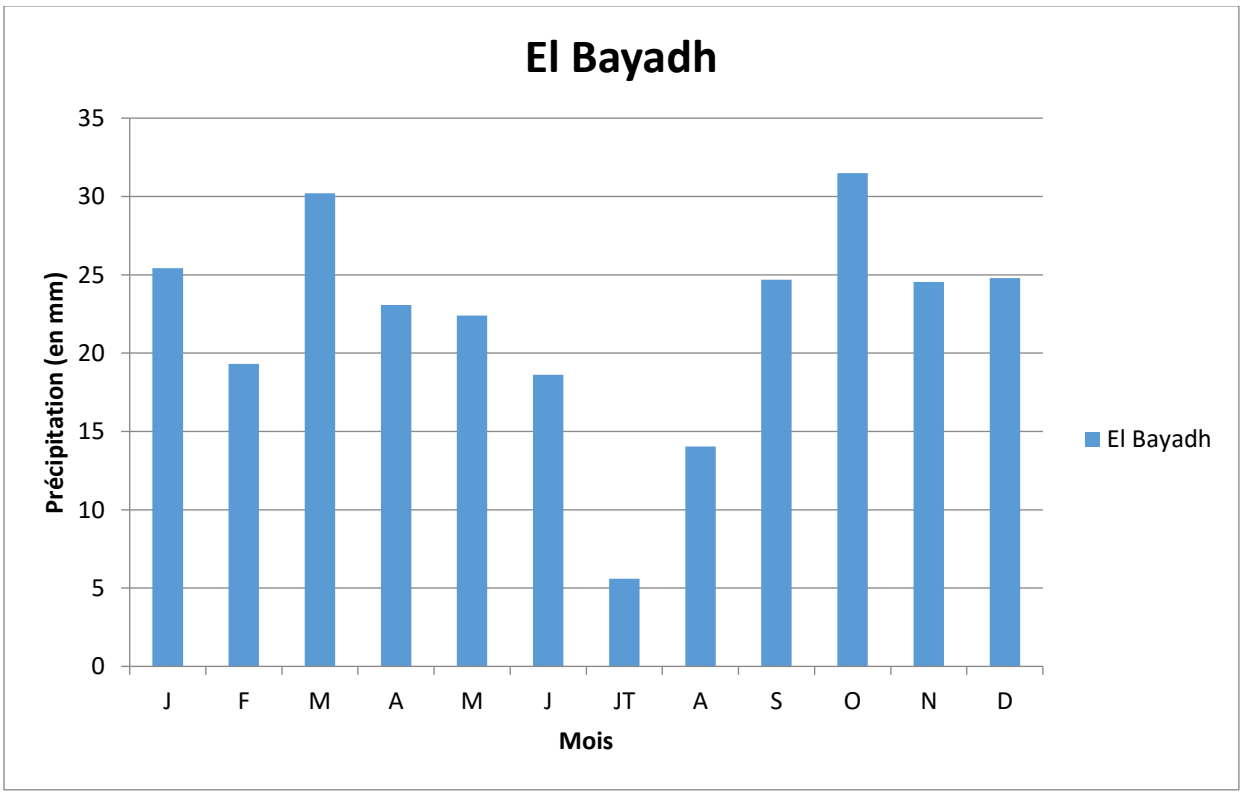


Figure2 : Histogramme représentant les précipitations mensuelles à la station de El Bayadh (1981-2009)

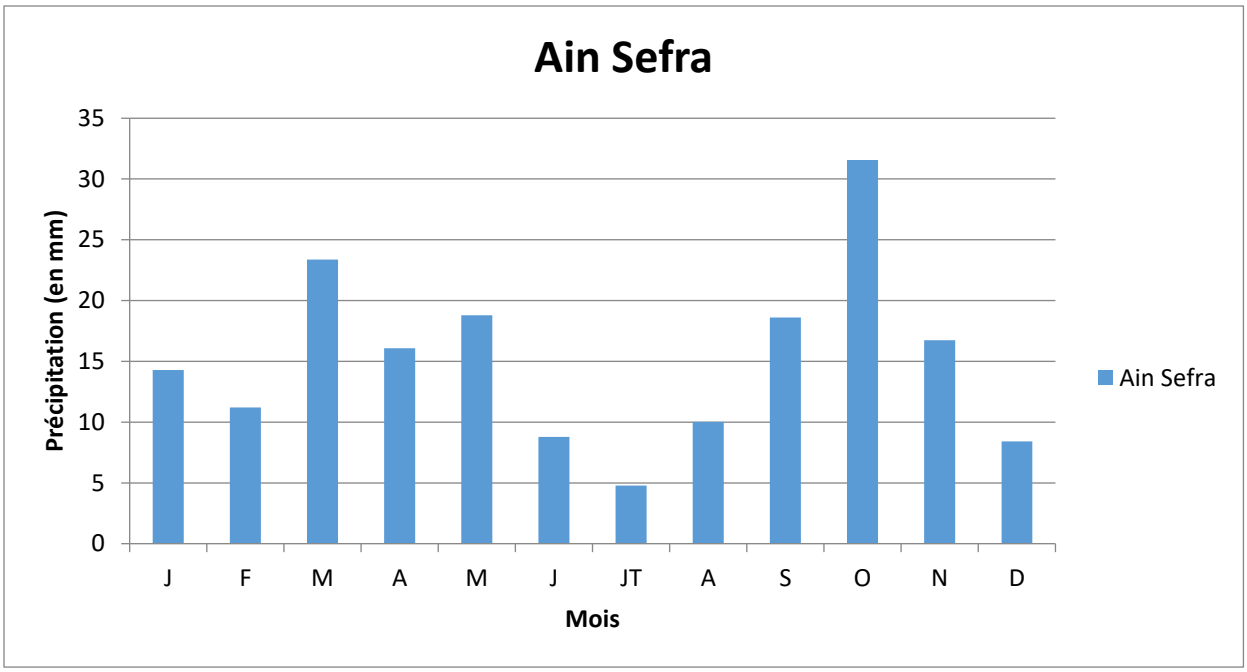


Figure3 : Histogramme représentant les précipitations mensuelles à la station de Ain Sefra (1981-2009)

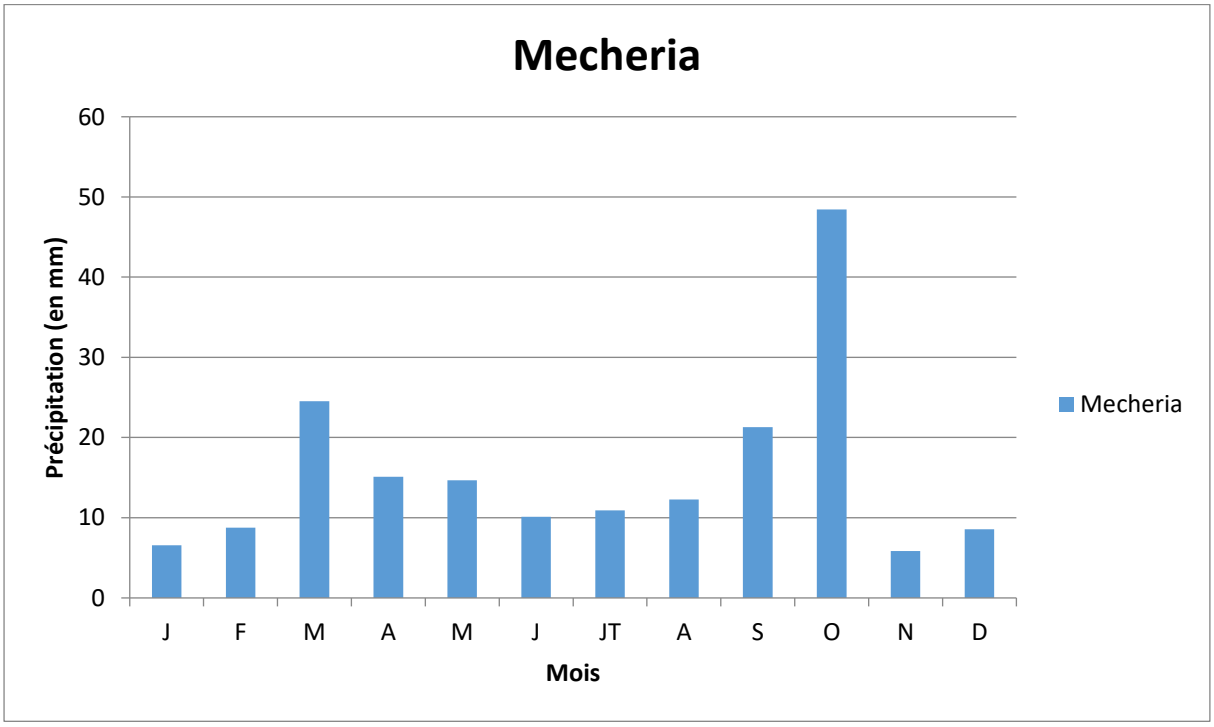


Figure3 : Histogramme représentant les précipitations mensuelles à la station de Mecheria (1981-2009)

Annexes 2

Végétations



***Stipa tenacissima (*Alfa)**



***Artemisia herba-alba* (Chih)**



***Lygeum spartum* (Sennagh)**



***Stipagrostis pungens* (Drine)**



***Atriplex halimus* (Guetaf)**



Salsola verniculata



***Retama-raetam* (Rtem)**



Thymelaea Microphylla



Tamarix-africana

La Faune



Chiamydotis undulata **(l'Outarde houbra)**



Gazella cuvieri **(Gazelle de l'Atlas)**



Gazella dorcas **(la Gazelle dorcas)**



Ammotragus lervia **(Mouflon à manchettes)**



Vulpes vulpes **(Renard roux)**



Atlantoxerus getulus Ecureuil de barbarie

Annexe 3

Tableau : Température mensuelle moyenne Maximel et minimal des stations de références en degré Celsius.

Station		J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
Naama (1991-2017)	Max	13,1	14	17,3	21,1	26,3	32,1	36,5	35,7	30	23,6	16	13
	Min	1,4	2,2	4,7	8,6	12,4	17,8	21	20,2	16	11,2	5,6	2,3
	T moy	7,25	8,1	11	14,85	19,35	24,95	28,75	27,95	23	17,2	10,8	7,65
Ain Sefra (1981-2009)	Max	13,35	15,74	19,32	22,82	27,46	33,73	37,59	36,65	31,24	24,86	18,32	14,2
	Min	0,74	2,56	5,96	9,1	13,55	18,55	21,47	20,75	16,53	11,29	5,81	2,14
	T moy	7,05	9,15	12,64	15,96	20,5	26,14	29,53	28,7	23,89	18,07	12,06	8,17
Mecheria (1981-2009)	Max	11,47	13,91	17,5	20,56	25,63	31,92	36,04	35,05	29,47	23,07	16,4	12,46
	Min	1,72	3,26	5,87	8,21	12,54	17,8	21,38	20,81	16,53	11,78	6,48	3,08
	T moy	6,59	8,58	11,68	14,38	19,09	24,86	28,71	27,93	23	17,42	11,44	7,77
El Bayadh (1981-2009)	Max	9,51	11,94	15,7	18,87	24,05	30,45	34,46	33,65	28,01	21,59	14,64	10,35
	Min	-0,36	0,98	3,74	6,68	11,18	16,6	20,27	19,54	15,35	10,3	4,53	1,24
	T moy	4,57	6,46	9,72	12,77	17,61	23,52	27,36	26,59	21,68	15,94	9,58	5,79

Annexe 4

Liste des mammifères de la région de Naama (Mostefai et Gronot, 2006)

Liste des mammifères de la région de Naâma.
Mammal list of the Naâma region.

Ordre	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Statut
Insectivora				
	Erinaceidae	*Paraechinus aethiopicus*	Hérisson du désert	Protégée
	/	*Aethechinus algirus*	Hérisson d'Algérie	Protégée
	Soricidae	*Crocidura whitakeri*	Musaraigne de Whiteker	Protégée
	Macroscelididae	*Elephantulus rozeti*	Macroscélide de Rozet	Protégée
Chiroptera				
	Hipposideridae	*Asellia tridens*	Trident	
	Rhinolophidae	*Rhinolophus blasii*	Rhinolophe de Blasius	
	/	*Rhinolophus mehelyi*	Rhinolophe de Mehely	
	Vespertilionidae	*Eptesicus srotinus*	Grande sérotine	
		Pipistrellus kuhli	Pipistrelle	
Carnivora				
	Canidae	*Canis aureus*	Chacal doré	
	/	*Vulpes vulpes*	Renard roux	
	Mustelidae	*Lutra lutra*	Loutre d'Europe	Protégée
	/	*Mustela nivalis*	Belette	Protégée
	/	*Poecilictis libyca*	Zorille	Protégée
	Viverridae	*Genetta genetta*	Genette d'Europe	Protégée
	Hyenidae	*Hyaena hyaena*	Hyène rayée	Protégée
	Felidae	*Caracal caracal*	Caracal	Protégée
Artiodactyla				
	Suidae	Sus *scrofa*	Sanglier	
	Bovidae	*Ammotragus lervia*	Mouflon à manchettes	Protégée
	/	*Gazella gazella*	Gazelle de Cuvier	Protégée
	/	*Gazella dorcas*	Gazelle dorcas	
Protégée				
Rodentia				
	Sciuridae	*Atlantoxerus getulus*	Ecureuil de barbarie	Protégée
	Gerbillidae	*Gerbillus campestris*	Gerbille des champs	
	/	*Gerbillus nanus*	Gerbille naine	
	/	*Gerbillus pyramidum*	Grande gerbille	
	/	*Meriones libycus*	Mérione de Libye	
	/	*Pachyuromys duprasi*	Gerbille à queue grasse	
	/	*Psammomys obesus*	Rat des sables	Protégée
	Muridae	*Mus musculus*	Souris domestique	
	Gliridae	*Eliomys quercinus*	Lérot	Protégée
	Dipodidae	*Jaculus jaculus*	Gerboise saharienne	
	/	*Jaculus orientalis*	Grande gerboise	
	Hystricidae	*Hystrix cristata*	Porc epic	Protégée
	Ctenodactylidae	*Ctenodactylus gundi*	Goundi du sahara	Protégée
Lagomorpha				
	Leporidae	*Lepus capensis*	Lièvre du Cap	