

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



Centre Universitaire de Naâma Salhi Ahmed
Institut des Sciences & Technologies
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme :
Master Académique en Sciences agronomiques
Spécialité : Agro-pastoralisme

Thème

**Suivi de l'évolution (2013 – 2020) des superficies
des terres agricoles dans la commune d'Ain Ben
Khelil (Wilaya de Naâma) par télédétection**

Présenté par : **Boussehaba Belkisse**
Slimani Siham

Soutenu publiquement le 21 /09/2020 devant le jury :

Rapporteur **Dr. Guerine Lakhdar** : Maître de conférences (Centre universitaire de Naâma)

Président **Dr. Bourahla Lame** : Maître de Conférences (Centre universitaire de Naâma)

Examineur **Dr. Nouri Tayeb** : Maître de Conférences (Centre universitaire de Naâma)

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU tout puissant qui nous a donné la force, la volonte et la patience pour achever ce travail.

Nos remerciements s'adressent ensuite à notre chères parents merci d'être là pour nous.

*Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadrant et Chef de Département des Sciences de la Nature et de la Vie **Dr Guerine Lakhdar** pour ses précieux conseils.*

Nos remerciements vont également et plus particulièrement aux membres de jury :

Dr. Bourahla L & Dr. Nouri T.

Nous remercions profondément tous nos enseignants qui n'ont ménagé aucun effort pendant notre cursus

Nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de notre mémoire.

Dédicaces

Ainsi s'achève momentanément mon cycle d'étude avec ses moments durs, ses moments drôles, ses moments de stress et ses moments de bonheur ...

A celui a été une épaule sur laquelle je me suis tant appuyée, celui qui a supporté les moments le plus pénibles de cette vie afin de m'instruire et de me prodiguer une bonne éducation,

*A mon **PERE***

A celle qui s'est sacrifiée durant toute sa vie pour ses enfants, celle qui m'a Orienté vers le chemin du savoir et de la connaissance,

*A ma **MERE***

*A mon encadrant **Dr Guerine Lakhdar***

En témoignage de ma profonde gratitude et infini pour votre générosité et vos sacrifices

A mes frères : Oussama, Mohamed

A mes sœurs : Om keltoume, Naffissa, kawter & Nardjesse

A toute ma famille

A toutes mes amies et camardes : Soumia, Zahia, Hadjira, Sarra & Wided

Toutes les personnes qui m'ont aidée pour faire ce modeste travail.

A tous ceux que j'aime.

Belkisse

Dédicaces

*C'est grâce à la volonté de Dieu le tout Puissant et bien Veillant qui m'a permis
d'achever et de présenter ce travail que je dédie à :*

*A mes très chers parents qui n'ont jamais cessé de m'encourager pour
entreprendre mes études et atteindre mes objectifs et qui m'ont apporté leur aide
scientifique, matérielle et psychologique pour l'élaboration de ce travail*

Que Dieu vous protège.

A mes très chers frères :

Aboubakar Seddik, Mohamed Abdesamad

A mes très chères sœurs :

Asma, Khawla, Ikram & Souad

A mes très chers Amis : wided, karima

A toute ma famille : Slimani

A tous ceux qui m'ont aidé et encouragé pour l'élaboration de ce mémoire.

Siham

Sommaire :

Introduction générale	1
Partie I	4
Chapitre I : Politique agricole en Algérie	5
I. Evolution des productions agricoles	6
I.1 Ressources en sol.....	6
I.2 Productions végétales	6
I.2.1 Les céréales	6
I.2.1.1 Les cultures de blé.....	7
I.2.2 Cultures Fourragères	7
I.2.3 Légumes secs.....	8
I.2.4 Cultures maraîchères	8
I.2.5 Arboriculture	8
I.2.6 La viticulture	8
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	11
II.1 Situation géographique	10
II.2 La Géomorphologie	13
II.2.1 Reliefs	12
II.2.2 Plaine Sud Oranaise	13
II.2.3 Dépressions	13
II.2.4 Les formations et accumulations éoliennes.....	13
II.3 Géologie.....	14
II.3.1 Géologie d'Ain Ben Khelil.....	17
II.4 Hydrogéologie et Hydrographie	17
II.4.1 Hydrogéologie.....	17
II.4.2 Hydrographie	18
II.5 Caractéristiques morfo-pédologiques	21
II.5.1 Sols calcimagnésiques	21
II.5.2 Sols minéraux bruts.....	21
II.5.3 Sols peu évolués.....	21
II.5.4 Sols halomorphes	22
II.5.5 Sol d'Ain Ben Khelil	24

Sommaire

II.6 Etude Bioclimatique	24
II.6.1 Méthodologie	25
II.6.2 Facteur Climatique.....	25
II.6.2.1 Les précipitations	25
II.6.2.2 Régimes saisonniers	26
II.6.2.3 Les températures.....	26
II.6.3 Autre facteurs climatiques	27
II.6.3.1 Le vent.....	27
II.6.3.2 Gelées	28
II.6.4 Synthèse climatique	28
II.6.4.1 Amplitude thermique moyenne et indice de continentalité.....	28
II.6.4.2 Indice d'aridité de De Martonne:	29
II.6.4.3 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen :	29
II.6.4.4 Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger :	30
II.7 Cadre Socio-économique.....	32
II.7.1 Evolution de la population	32
II.7.2 Potentialités végétales	32
II.7.3 Potentialités agropastorales.....	33
II.7.3.1 Agriculture	33
II.7.3.2 Elevage	34
II.8 Conclusion	35
Partie II	36
Chapitre III : Matériel et Méthode	38
I.1 Présentation logiciel ArcGIS 10.3	40
I.2 Images satellitaires Landsat_8 OLI.....	40
I.2.1 Description.....	40
I.2.2 Les bandes de Landsat_8.....	41
I.3 Les prétraitements des images satellitaires	43
I.3.1 Corrections atmosphériques	43
I.4 Analyse d'une image.....	44
I.4.1 Classification non-supervisée :.....	44
I.4.2 Classification supervisée :	44
I.5 Les indices végétales :.....	44

Sommaire

I.6 Les principaux indices de végétation	45
I.6.1 Les indices simples	45
I.6.1.1 Normalized différence végétation index (NDVI)	45
I.6.2 Les indices prenant en compte les effets de l'atmosphère	46
I.6.2.1 Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI).....	46
I.6.3 Les indices de stress hydrique	46
I.6.3.1 Normalized Différence Water Index (NDWI)	46
I.6.3.2 Normalized Difference Moisture Index (NDMI)	47
I.6.4 Les indices prenant compte l'influence de sols.....	47
I.6.4.1 Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI).....	47
I.6.5 Les indices prenant en compte les effets conjugués des sols et de l'atmosphère	48
I.6.5.1 Enhanced vegetation index (EVI)	48
Chapitre IV : Résultats & discussion	51
I.1 Présentation et interprétation des résultats de l'analyse des indices spectraux des images satellitaires Landsat _8 OLI (2013-2020).	51
I.1.1 ARVI	51
I.1.2 EVI	54
I.1.3 NDVI.....	56
I.1.4 SAVI.....	58
I.1.5 NDWI.....	60
I.1.6 NDMI	60
I.3 Elaboration des cartes d'occupation du sol: Classification non-supervisées	66
Conclusion générale.....	69
Références bibliographiques :.....	72

Liste des Tableaux :

Tableau 1: Evolution du rendement moyen de la culture céréalière en Algérie	7
Tableau 2: Evolution du rendement moyen de la culture de blé en Algérie	7
Tableau 3: Evolution du rendement moyen de la culture de l'olivier en Algérie.....	8
Tableau 4: Principales caractéristiques de la station de Naâma. (Météo Naama, 2016)	10
Tableau 5: Répartition moyenne mensuelle des précipitations (mm) durant la période.....	25
Tableau 6: Régime saisonnier des précipitations durant la période 1991 – 2017.....	26
Tableau 7: Températures Moyennes mensuelles en (°C) durant la période 1991 – 2017	27
Tableau 8 : Type de climats en fonction d'Amplitudes thermiques.	28
Tableau 9: Indice d'aridité annuelle de Martonne.....	29
Tableau 10: Quotient pluviothermique d'Emberger durant la période 1991-2017.....	30
Tableau 11 : Superficie et densité de population dans les zones d'études (DPAT, 2012).....	32
Tableau 12: Répartition des terres agricoles dans les zones d'étude.	33
Tableau 13: Répartition du cheptel d'Ain Ben khelil	34
Tableau 14: Les bandes de Landsat_8 et son longueur d'ondes	42
Tableau 15: les formules des indices spectraux utilisées	49
Tableau 16: Les résultats du traitement satatistique	53

Liste des Figures :

Figure 1: Carte de localisation d'Ain Ben Khelil wilaya de Naâma	12
Figure 2: Carte géologique de la Wilaya de Naâma (Ceneap, 2009)	17
Figure 3: Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Naâma (Ceneap, 2009)	20
Figure 4: Carte pédologique de la région centre de la wilaya de Naâma (Bensaid, 2006).	23
Figure 5: Précipitations moyennes mensuelles de la station de Naâma 1991-2017	26
Figure 6: Evolution de la température à la station de Naâma 1991 – 2017	27
Figure 7: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens.	30
Figure 8: Climagramme d'Emberger (Daget, 1977).	31
Figure 9: La méthodologie suivie pour l'évolution des terres agricoles de la région d'Ain Ben Khelil	39
Figure 10: Le satellite Landsat_8 (USGS, 2013)	41
Figure 11: Carte de l'indice d'ARVI ₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil	52
Figure 12: Carte de l'indice d'ARVI ₂₀₂₀ d'Ain Ben Khelil	52
Figure 13: Histogramme qui représente la différence entre ARVI ₂₀₁₃ & ARVI ₂₀₂₀	54
Figure 14 : Carte de l'indice d'EVI ₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil	55
Figure 15: Carte de l'indice d'EVI ₂₀₂₀ d'Ain Ben Khelil	55
Figure 16: Histogramme qui représente la différence entre EVI ₂₀₁₃ & EVI ₂₀₂₀	56
Figure 17: Carte de l'indice de NDVI ₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil	57
Figure 18: Carte de l'indice de NDVI ₂₀₂₀ d'Ain Ben Khelil	57
Figure 19: Histogramme qui représente la différence entre NDVI ₂₀₁₃ & NDVI ₂₀₂₀	58
Figure 20: Carte de l'indice de SAVI ₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil	59
Figure 21: Carte de l'indice de SAVI ₂₀₂₀ d'Ain Ben Khelil	59
Figure 22: Histogramme qui représente la différence entre SAVI ₂₀₁₃ & SAVI ₂₀₂₀	60
Figure 23: Carte de l'indice de NDWI ₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil	61
Figure 24: Carte de l'indice de NDWI ₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil	61
Figure 25: Histogramme qui représente la différence entre NDWI ₂₀₁₃ & NDWI ₂₀₂₀	62
Figure 26: Carte de l'indice de NDMI ₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil	63
Figure 27 : Carte de l'indice de NDWI ₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil	63
Figure 28: Histogramme qui représente la différence entre NDMI ₂₀₁₃ & NDMI ₂₀₂₀	64
Figure 29 : Bands combination & Pansharpening 2013	65
Figure 30 : Bands combination & Pansharpening 2020	65
Figure 31 : Carte de l'occupation du sol 2013	67
Figure 32 : Carte de l'occupation du sol 2020	67

Liste des abréviations :

ANRH : Agence National des Ressources Hydrauliques

ARVI : Atmospherically Resistant Vegetation Index

CENEAP : Centre National des Etudes et d'analyses pour la Planification

D S A : Direction des Services Agricoles.

DOI : Department of Interior

DPAT : Direction de Planification et de L'aménagement du Territoire.

EROS : Earth Resources Observation et de la Science

ERTS: Earth Resources Technology Satellite

EVI: Enhanced Vegetation Index

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

H A: Hectare

LAI: Leaf Area Index

LDCM: Landsat Data Continuity Mission

NASA: National Aeronautics and Space Administration

NDMI: Normalized Difference Moisture Index

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index,

NDWI: Normalized Difference Water Index

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

OLI : Opérationnel Land imager

ONM : Office National Météorologique

OSC : Orbital Science Cooperation

P : Précipitations

PAS : Programme d'Ajustement Structurel

PNDA : Plan National de Développement Agricole

Q2 : Quotient Pluviométrique

Liste des abréviations

RBV: Return Beam Vidicon

SAT : Surface Agricole Totale

SAU : Surface Agricole Utile

SAVI : SoilAdjusted Vegetation Index

SIG : Système d'Information Géographique

T: Températures

USDA: United States Department of Agriculture

USGS: United State Geological survey

UTM: Universal Transverse Mercator

WGS 84: World Geodesic System, Revision de 1984

Abstract -Résumé - ملخص

ملخص

تواجه السلطات العامة مشاكل مراقبة وتقييم سياسات التنمية ، وهدفنا هو إظهار إمكانات استخدام بيانات الاستشعار عن بعد لرسم خارطة طريق لتنمية القطاع الزراعي في منطقة عين بن خليل. من خلال هذه الدراسة تابعنا تطور مساحات الأراضي الزراعية. نحاول استغلال صور القمر الصناعي Landsat_8 OLI (2013-2020) من خلال المؤشرات: مثل: NDVI،EVI، ARVI ، SAVI ، NDWI ، NDMI. نلاحظ أن المعالجة الإحصائية تسلط الضوء على الاختلاف الكبير بين مؤشر ARVI₂₀₁₃ و ARVI₂₀₂₀ وكذلك بين EVI₂₀₁₃ و EVI₂₀₂₀. المؤشرات الأخرى المستخدمة لم تظهر فرق كبير. سمح لنا استخدام المؤشرات بتقييم التطور المكاني والزمني (التغير في استخدامات الأراضي) للأراضي المستغلة في بلدية عين بن خليل. اتضح أن التغييرات التي حدثت تظهر زيادة قدرها 729.79 هكتار.

الكلمات المفتاحية :

عين بن خليل، الاستشعار عن بعد، الأراضي الزراعية، المؤشرات النباتية، التطور المكاني والزمني.

Résumé

Les pouvoirs publics sont confrontés aux problèmes de suivi et d'évaluation des politiques de développement, notre objectif est de montrer le potentiel de l'utilisation des données de télédétection pour tracer une feuille de route pour le développement du secteur agricole dans la region d'Ain Ben Khelil. A travers cette étude, nous avons suivi l'évolution des superficies des terres agricoles. Nous tentons d'exploiter les images satellitaires Landsat_8 OLI (2013 – 2020) par le biais des indices: tels que: EVI, NDVI, ARVI, NDWI et NDMI. Nous constatons que le traitement statistique met en relief la différence significative entre l'indice ARVI₂₀₁₃ et ARVI₂₀₂₀ ainsi entre EVI₂₀₁₃ et EVI₂₀₂₀. Les autres indices utilisés n'ont montré aucune différence significative. L'utilisation des indices nous a permis d'évaluer l'évolution spatio-temporelle (changement d'occupation du sol) des terres exploitées dans la commune d'Ain Ben Khelil. Il s'avère que changements qui se sont opérés mettent en évidence une augmentation de 729.79 ha.

Mots clefs : Ain Ben Khelil, Télédétection, Terres agricoles, Les indices végétaives , Evolution spatio-temporelle.

Abstract

The public authorities are confronted with the problems of monitoring and evaluating development policies, our objective is to show the potential of the use of remote sensing data to draw a roadmap for the development of the agricultural sector in the region of Ain Ben Khelil. Through this study, we followed the evolution of the areas of agricultural land. We are trying to exploit the Landsat_8 OLI satellite images (2013 - 2020) through indices: such as: EVI, NDVI, ARVI, SAVI, NDWI and NDMI. We note that the statistical treatment highlights the significant difference between the $ARVI_{2013}$ and $ARVI_{2020}$ index as well as between EVI_{2013} and EVI_{2020} . The other indices used showed no significant difference. The use of the indices allowed us to assess the spatio-temporal evolution (change in land use) of the land exploited in the municipality of Ain Ben Khelil. It turns out that the changes that have taken place show an increase of 729.79 ha.

Keywords: Ain Ben Khelil, Remote sensing, Agricultural land, Vegetation index, Spatio-temporal evolution.



Introduction générale

L'agriculture est considérée comme un pilier de base de l'économie nationale et du développement social. Durant les trois dernières décennies, son rôle est devenu prépondérant dans divers secteurs économiques et notamment dans la croissance économique. En effet, l'agriculture est un secteur d'intégration d'une économie donnée et les interactions que l'amont et l'aval entretiennent avec les différentes filières surtout agroalimentaires qui constituent le segment stratégique de la chaîne alimentaire (**Moussaceb et Tighzer., 2017**).

Le grand territoire qui est couvert par les activités de l'agriculture rend ce domaine propice à l'usage de données de télédétection. En effet, les méthodes traditionnelles pour mesurer les caractéristiques de croissance végétale en conditions de champs sont longues et fastidieuses. Les grandes surfaces agricoles ne sont gérées et exploitées que par peu de personnes et les caractéristiques des cultures (biomasse, taux de couverture, etc.) y sont en constante évolution dans le temps, ce qui fait de la télédétection une source d'information privilégiée dans ce milieu (**Moran et al., 1994**).

L'utilisation de la télédétection pour l'agriculture a jusqu'à présent principalement intéressé les organismes responsables de la gestion de l'agriculture à l'échelle régionale, nationale, voire mondiale. Il s'agissait principalement (**Baret, 1999**) :

- ❖ L'occupation du sol.
- ❖ L'évaluation de l'importance et de l'extension de dégâts liés aux impacts climatiques tels que le gel, la sécheresse ou les inondations.
- ❖ L'évaluation de la productivité, principalement à des échelles larges.
- ❖ L'évaluation de l'impact d'un surdosage des intrants sur l'environnement.

L'agriculture Algérienne a connu durant ces deux dernières décennies des changements économiques et sociaux considérables. Ils ont eu lieu suite aux efforts de libéralisation du marché dans le cadre du Programme d'Ajustement Structurel (*PAS*). Les réajustements successifs, du Plan National de Développement Agricole (*PNDA*), lancé depuis l'année 2000, ont apporté de nouvelles perspectives de développement agricole. Cette stratégie s'inspire des objectifs du sommet mondial de l'alimentation et du millénaire pour le développement.

Dans la wilaya de Naâma, une diversité de système de culture est adoptée, elle est souvent confrontée à des contraintes d'ordre biotiques et abiotiques, cette agriculture se heurte à des contraintes édaphoclimatiques par la température et surtout par la précipitation Variable et imprévisible et par la sécheresse endémique, réduit considérablement le choix des cultures et des rotations en absence d'irrigation.

Cependant, les sols présentent une faible fertilité et incluant le déclin du carbone organique, les pertes de sol par l'érosion hydrique et éolienne et la salinité due à l'absence ou à un mauvais fonctionnement du système de drainage.

Les principales contraintes sont la rareté de l'eau et la dégradation des terres par érosion du sol associée : au manque de couverture du sol, au travail du sol, à au surpâturage du bétail. Il s'ajoute à ceux-ci une démographie galopante, une détérioration accélérée des ressources naturelles renouvelables et à un manque d'investissement dans le secteur agricole.

A travers cette étude, notre objectif est de montrer le potentiel de l'utilisation des données de télédétection. Nous tentons d'exploiter d'image satellites Landsat_8 OLI (2013 - 2020) par le biais des indices : tels que : EVI (Enhanced Vegetation Index), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), NDMI (Normalized Difference Moisture Index).

Pour le suivi de l'évolution des terres agricoles ainsi avoir un œil sur le développement du secteur agricole dans la commune d'Ain Ben Khelil wilaya de Naâma. Ce travail est scindé en deux parties distinctes:

La partie I :

- ✓ Le premier chapitre a été consacré à une synthèse bibliographique pourtant sur l'agriculture en Algérie.
- ✓ Dans le deuxième chapitre nous présentons de la zone d'étude (la commune d'Ain Ben Khelil de la wilaya de Naâma) sur différents plans (géographique, géologique, édapho-climatique et hydrologique).

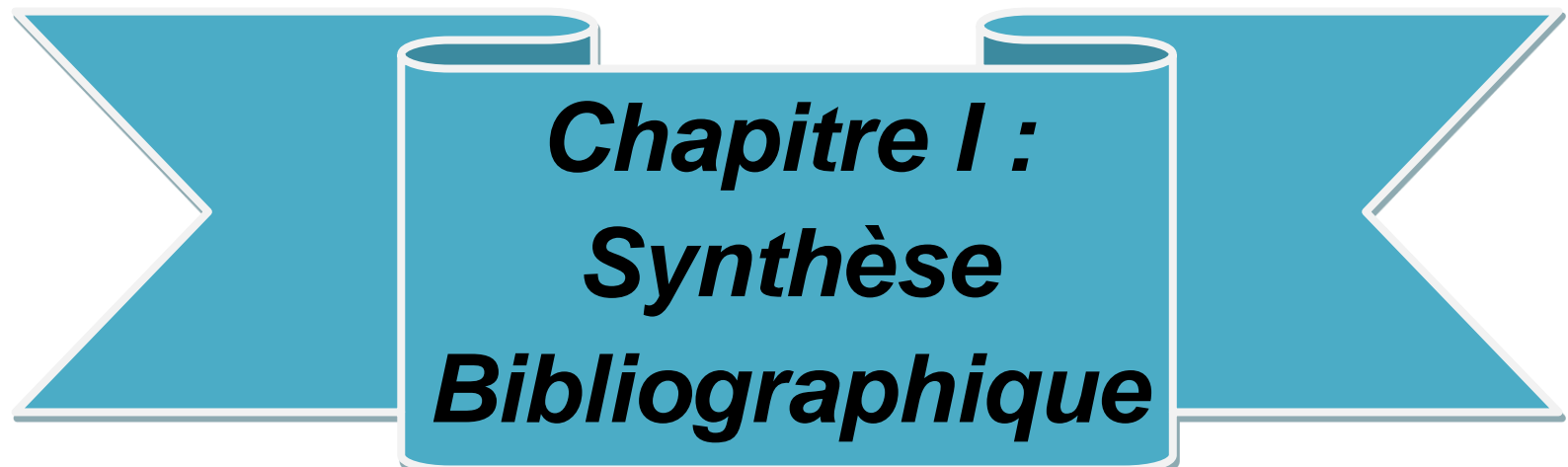
La partie II:

- ✓ Le troisième chapitre est consacré à méthodologie adoptée dans ce travail.
- ✓ Dans le quatrième chapitre dans lequel sont présentés : les principaux résultats obtenus au cours de cette étude ainsi qu'une discussion illustrée par des graphiques et des analyses statistiques.

Au final, nous proposons une conclusion générale pour clore le document.



Partie I



***Chapitre I :
Synthèse
Bibliographique***

Chapitre I : Politique agricole en Algérie

Les politiques agricoles qui ont été mises en œuvre ces trente dernières années en Algérie se sont caractérisées par l'absence de continuité. La décennie 1960 a été marquée par l'expérience de l'autogestion et une politique de reconversion partielle de l'appareil productif. La décennie 1970 a été celle d'une intervention institutionnelle lourde de l'état dans la gestion du secteur et celle de la réforme agraire.

La décennie 1980 opère des ruptures et tente d'assurer une transition vers l'économie de marché. L'encouragement de l'agriculture privée, la libéralisation du système et le retrait de l'Etat dans le cadre du programme d'ajustement adopté au début des années 1990, n'ont toutefois pas réussi à améliorer les performances du secteur. Et les conditions matérielles et sociales de la très grande majorité des actifs agricoles Algériens, se sont détériorées.

Cette situation a conduit les pouvoirs publics à élaborer en 2000 un plan national de développement agricole (*PNDA*) (**Hervieu et al, 2006**) puis la mise en œuvre de la politique du renouveau rural en 2006 (**Bessaoud, 2006**).

Depuis juillet 2008, le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural a initié une nouvelle politique basée sur le Renouveau de l'Economie Agricole et le Renouveau Rural (**INRAA, 2006**).

I Evolution des productions agricoles

I.1 Ressources en sol

En Algérie la surface agricole utile (*SAU*) représentait 8.2 millions d'hectares durant l'année 1999 (**Chabaca, 2004**). En 2007, elle a atteint 8.4 millions d'hectares (**Bessaoud et Montaigne, 2009**). Les surfaces irriguées ont connu quant à elles une très forte progression passant de 489.000 hectares en 1998 (**Halilat, 2004**) à 835.197 hectares en 2006 (**MADRA, 2006**).

I.2 Productions végétales

I.2.1 Les céréales

En Algérie, les superficies moyennes annuelles emblavées étaient de 2,2 millions d'hectares durant la période 1996-1999 et de 2,5 millions d'hectares durant la période 2000-

2006. La production moyenne annuelle des principales céréales (blé dur, blé tendre, orge et avoine) étaient de 20 millions de quintaux durant la période 1996-1999 et de 33 millions de quintaux durant la période 2000-2006. Le rendement des céréales a aussi évolué positivement. La moyenne annuelle est passée de 9 qx/ha durant la période 1996-1999 à 13,3 qx/ha durant la période 2000-2006 (**Tableau 1 Banque mondiale, 2014**).

Tableau 1: Evolution du rendement moyen de la culture céréalière en Algérie

Culture céréalière	Périodes	
Rendement moyen (qx/ha)	1996-1999	2000-2006
	9	13,3

I.2.1.1 Les cultures de blé

En Algérie, la superficie moyenne réservée au blé était de 1,6 millions d'hectares durant la période 1996-1999. Elle a atteint 1,8 millions d'hectares durant la période 2000-2006. La production moyenne en blé était de 14,7 millions de quintaux durant la période 1996-1999. Elle a atteint 23,9 millions de quintaux durant la période 2000-2006. Le rendement en blé était de 9,2qx/ha. Il a atteint 13,3qx/ha durant la période 2000-2006 (**Tableau 2 Fao, 2013**).

Tableau 2: Evolution du rendement moyen de la culture de blé en Algérie

Culture de blé	Périodes	
Rendement moyen (qx/ha)	1996-1999	2000-2006
	9,2	13,3

I.2.2 Cultures Fourragères

En Algérie, la superficie, la production et le rendement des cultures fourragères étaient respectivement de 399 200 hectares, 8.327.900 quintaux et 20,8 qx/ha durant la période 1996-1999 (**CNESA, 1999**). Durant la période 2000-2006, la superficie, la production et le rendement des cultures fourragères sont passés respectivement à 568.997 hectares, 14.193.005 quintaux et 24,1qx/ha (**MADRA, 2006**).

I.2.3 Légumes secs

En Algérie, la superficie, la production et le rendement des légumes secs étaient respectivement de 80.000 hectares, 450.000 quintaux et 5,6 qx/ha durant la période 1996-1999 (CNESA, 1999). Durant la période 2000-2006, la superficie, la production et le rendement des légumes secs sont passés respectivement à 66.302 hectares, 455.875 quintaux et 7,2 qx/ha (MADRA, 2006).

I. 2.4 Cultures maraîchères

En Algérie, la superficie, la production et le rendement de la pomme de terre étaient respectivement de 72.812 hectares, 10.485.000 quintaux et 144 qx/ha durant la période 1996-1999 (CNESA, 1999). Durant l'année 2003, la superficie, la production et le rendement de la pomme de terre étaient respectivement de 88.660 hectares, 18.799.180 quintaux et 197qx/ha (MADRA, 2006).

I.2.5 Arboriculture

L'arboriculture concerne principalement les arbres fruitiers à noyaux et pépins ,les agrumes ,la phoeniciculture et l'olivier qui reste une plantation importante .

En Algérie la superficie, la production et le rendement de la culture de l'olivier durant la période 1996-1999 étaient respectivement de 165.000 hectares, 2.800.000 quintaux et 17qx/ha (CNESA, 1999). Durant la période 2000-2006, la superficie, la production et le rendement de la culture de l'olivier sont passés respectivement à 217.757 hectares, 2.683.190 quintaux et 17qx/ha (MADRA, 2006). À partir des données du CNESA et MADRA, l'évolution du rendement moyen de la culture de l'olivier en Algérie (Tableau 3).


Tableau 3: Evolution du rendement moyen de la culture de l'olivier en Algérie

Culture d'olivier	Périodes	
Rendement moyen (qx/ha)	1996-1999	2000-2006
	17	17

I.2.6 La viticulture

En Algérie, la superficie, la production et le rendement de la vigne de table étaient respectivement de 68.300 hectares, 1.902.500 quintaux et 31qx/ha durant la période 1991-2000 (ITAFVA, 2003). Durant la période 2000-2006, la superficie, la production et le

rendement de la vigne sont passés respectivement à 89.579 hectares, 2.874.112 quintaux et 46 qx/ha (**MADRA, 2006**).



***Chapitre II :
Présentation
de la zone***

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

II.1 Situation géographique

Naâma, wilaya frontalière avec le royaume du Maroc sur 250 km, est située dans la partie sud-ouest des hauts plateaux entre l'Atlas tellien au nord et l'Atlas Saharien au sud, divisée en 07 Daïras et 12 communes, elle s'étend sur une superficie de 29.819,30 Km². Elle s'inscrit sur les coordonnées géographiques (Tableau 4) :

Tableau 4: Principales caractéristiques de la station de Naâma (**Météo Naâma, 2016**)

Station	Altitude (m)	Latitude	Longitude
Naâma	1124	33°32'00	00°14

La wilaya de Naâma est limitée :

- ✓ Au Nord par les wilayat de Tlemcen et Sidi-Bel-Abbès,
- ✓ A l'Est par la wilaya d'El Bayadh,
- ✓ Au Sud par la wilaya de Béchar,
- ✓ A l'Ouest par la frontière algéro-marocaine.

La zone d'étude (Figure 1), est située dans le daïra de Méchéria de la wilaya de Naâma. Elle s'étend sur une superficie 3 800,03km² avec une population de 13 387 habitants (**DPAT, 2012**). Les nomades représentant la majorité de la population recensée (63%). Elle est marquée par une grande diversité paysagère, par une surface des parcours de 242.103 ha, par une superficie alfatière de 76.256 ha, et par une superficie forestière de 38538 ha. Elle est considérée comme une zone à vocation pastorale. Elle contient le site d'Oglat Ed daïra classée en 2004, sur la liste de Ramsar des zones humides.

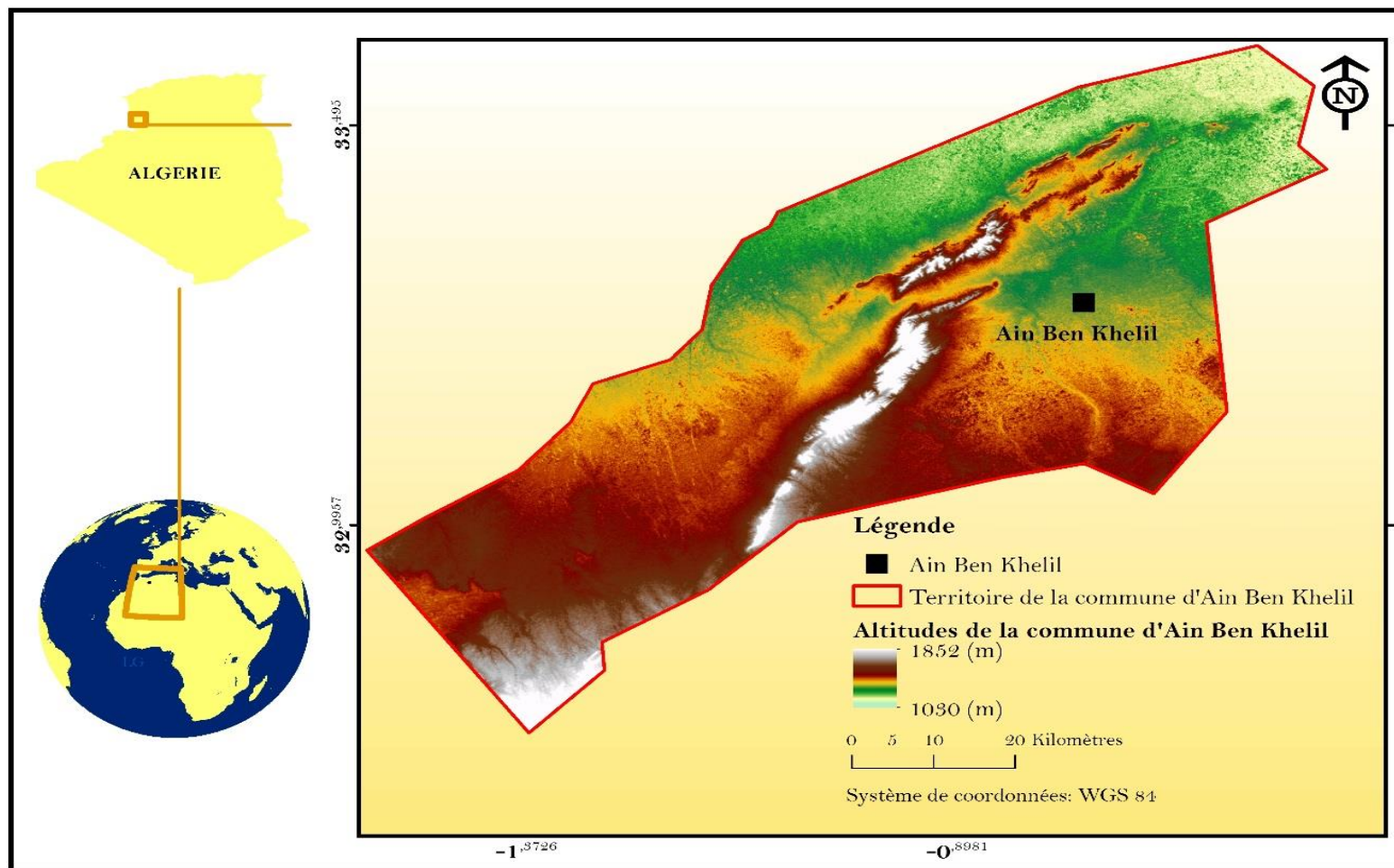


Figure 1: Carte de localisation d'Ain Ben Khelil wilaya de Naâma

II.2 La Géomorphologie

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.

La wilaya est constituée par un ensemble d'unités différentes du point de vue de leur forme structurelle, leur genèse, leur lithologie et leur morphogenèse. Cependant, ces entités sont issues de l'interaction des processus physico-chimiques (thermoclastie, actions éoliennes et de processus hydriques) exercée sur les matériaux géologiques et lithologiques (**Bensaid, 2006**). Les principales unités géomorphologiques de la wilaya peuvent être énumérées comme suit :

- Reliefs.
- Plaine sud oranaise.
- Dépressions.
- Accumulations éoliens.

II.2.1 Reliefs :

Les djebels se présentent sous forme d'ensemble de reliefs isolés à structures complexes et plus ou moins allongées et étirées suivant l'axe général du plissement sud-ouest nord-est. Ces structures sont généralement liées à la tectonique, à la lithologie et à l'érosion.

Elles sont constituées de roches dures (calcaire, calcaire dolomitique et grès) d'âge Jurassique dont la pente des versants est généralement forte. Parmi ces structures plissées il importe de citer l'anticlinal d'âge Jurassique culminant à 2136 m de djebel Morghad d'orientation sud-ouest nord-est. De même orientation, Djebel Aissa culmine à 2236m. Un autre anticlinal plus septentrional correspond au djebel Antar, petit chaînon avancé de l'Atlas Saharien à tracé en forme d'arc de cercle ouvert vers le nord-ouest et dont l'altitude n'atteint pas les 2000 m (**Remaoun, 1998**).

II.2.2 Plaine Sud Oranaise

La majeure partie de l'espace de la wilaya est occupée par une plaine dans l'altitude augmente sensiblement vers le Sud (1000 à 1330m). Elle est occupée de nombreuses petites cuvettes de dimension et d'origine différentes (Sebkha, daïas, cuvettes, cuvettes hydro-éoliennes dénommées localement Mekmene, Oglatou Haoud) dans lesquelles se perd un réseau hydrographique endoréique à éléments courts et inorganisés. Elle est couverte par une épaisse dalle calcaire lacustre d'âge post miocène. Depuis le Quaternaire, des alluvions anciennes constitués de galets, de sables, d'argiles et d'alluvions récentes contenant des sables et des argiles couvrent cette dalle calcaire (Mekki, 2016).

II.2.3 Dépressions

Les eaux de ruissellement empruntent les lits d'oueds à fond plat largement encaissé pour s'accumuler finalement dans des dépressions endoréiques. Dans cette zone, nous distinguons les dépressions salées (Chott Chergui 12216km², Chott el Rharbi 1317km² et Sebkha de Naâma) et les Dayas et les Mekmens où s'accumulent les eaux de surfaces non salées (Mekki, 2016).

II.2.4 Les formations et accumulations éoliennes

D'après (Bensaid, 2006) en fonction de la nature et de l'âge du dépôt distinguent trois formes d'accumulation sableuses :

- Les formes d'accumulations anciennes, à matériau éolien représenté par les champs de dunes formés aux piémonts des djebels. Nous rencontrons ce type de formations dans Nord-Ouest de Méchéria et dans les chaînons montagneux des monts des ksours. Au nord de Méchéria et plus précisément à l'extrémité septentrionale de djebel Antar un champ de dunes s'est formé de la même orientation que djebel Antar. Cependant, dans les monts des ksour des champs de dunes sont fréquents et ils se localisent surtout dans les piémonts Nord de l'Atlas Saharien.

D'après la carte géologique (Bensaid, 2006), et les cartes topographiques de la zone, plusieurs accumulations sableuses peuvent être citées :

- Un champ de dune est localisé dans la partie nord du djebel Morghad d'orientation sud-ouest nord-est. Il s'étend sur une longueur de 26 km et 3 km de largeur.

- Un autre champ de dune est formé sur le piémont nord de djebel Bou Amoud avec une dimension moins importante que le champ précédent.
- A Ain Sefra il existe un cordon dunaire piégé sur le piémont nord de djebel Mekter. Ausud de celui-ci un autre cordon s'est formé dans le piémont nord de djebel Boulerhfad.
- Les formes d'accumulation anciennes, à matériau éolien gypseux qui comprennent l'ensemble des accumulations qui sont présentes sur les bordures du chott Chergui.
- Les formes d'accumulations récentes sont fortement liées aux régimes des fréquences des vents efficaces, à la nature des substrats géologiques et à la nature des obstacles (touffes de végétations, chaînons de montagnes, bloc, reg, remblais de carrière, etc.) responsables de leur formation. Donc on retrouve autant de formes d'accumulation qu'il y a de types d'obstacles responsables au freinage de la vitesse du vent.

II.3 Géologie

Selon l'étude portant plane d'aménagement de wilaya, sur les plans stratigraphique et structural (Figure 2), la wilaya de Naâma est divisée en deux ensembles distincts :

- ❖ **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 miocène continental ne se rencontre que dans la partie nord-ouest du Djebel Talrhemt.

- Le mio-pliocène n'est présent que dans la partie sud de la région et quelques plaques le long de l'oued El Rhouiba.
- Le quaternaire couvre toutes les parties basses.
- La dépression située entre Ain Sefra et Mécheria 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 (**Mansour, 2011**).

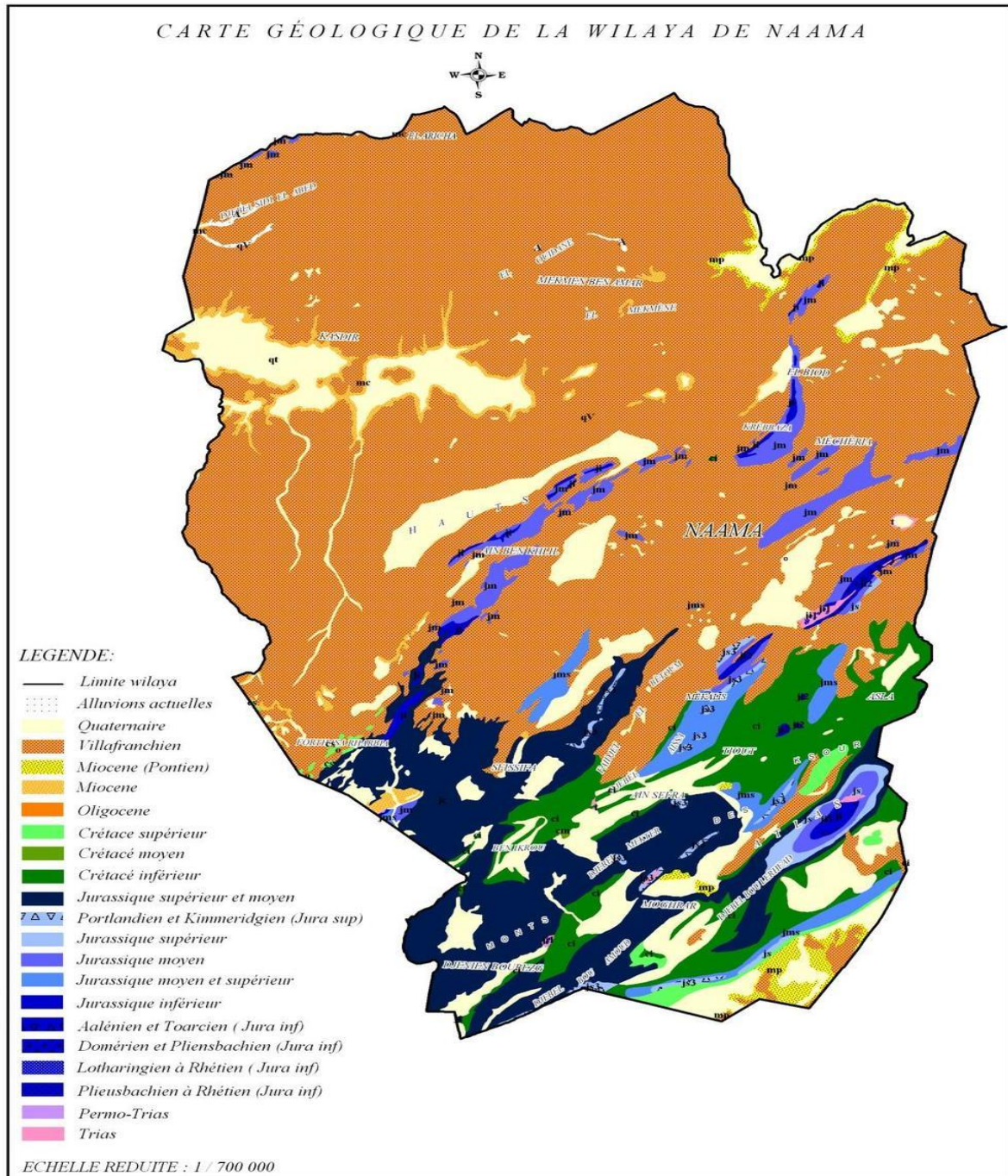


Figure 2: Carte géologique de la Wilaya de Naâma (Ceneap, 2009)

II.3.1 Géologie d'Ain Ben Khelil

La zone d'Ain Ben Khelil comporte deux grands ensembles géologiques :

- Des vastes surfaces d'érosion (Hauts Plateaux) creusées de deux grandes dépressions (dayas, haoud ...). Ils se localisent à Ain Ben Khelil, Oglat et Tine, Mergueb el Biter, Hassi Korima, Oued Timedmaket et El Korima au N-E de Ain Ben Khelil avec des terrains du Quaternaire continental et alluvions récentes au niveau des oueds (**Bouznoun, 2003**).
- Des reliefs montagneux constitués par des dolomies du Jurassique moyen comme Guetob el Hamara 1580 m; 1492 m; 1592 m et djebels Hafid et Bou Khechba 1322m, djebel Bou Amoud 1476m, El Mesdouria 1175m, Djorf el Hammam 1140m (**Benkheira et al, 2005**).

Enfin, les terrains du Pliocène occupent le reste des paysages à poudingue et des calcaires lacustres (**Bouznoun, 2003**).

II.4 Hydrogéologie et Hydrographie

II.4.1 Hydrogéologie

Les ressources en eau souterraine de la zone proviennent de plusieurs systèmes aquifères dont la formation est favorisée par le contexte géologique. Cependant, en absence d'études hydrogéologiques, on considère que le potentiel en eaux souterraines relève de deux domaines :

- Les nappes profondes, exploitées principalement par les forages,
- Les nappes phréatiques, exploitées principalement par les sources.

D'une manière générale, les travaux de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (*ANRH*) font état d'aquifères principaux :

- La nappe de Chott Chergui, exploitée au profit de quatre wilayas : Naâma, El Bayadh, Saïda et Tiaret.
- La nappe de Chott Gharbi.
- La nappe du synclinal de Naâma.
- La nappe du synclinal d'Ain Sefra.

Par ailleurs, la profondeur excessive des forages réalisés témoigne de la présence de nappes profondes relevant des formations du crétacé albien (**Benkheira et al., 2005**).

II.4.2 Hydrographie

Le réseau hydrographique (Figure 3) et les écoulements de la wilaya sont conditionnés par la structure du relief de cette dernière (**Mansour, 2011**).

- La zone des hautes plaines steppiques :

Cette zone, qui s'inscrit dans l'aire géographique du grand bassin versant de Chott Chergui, présente un réseau hydrographique peu développé ; Elle se caractérise par une topographie relativement plane et parsemée de dépressions (Chott Gharbi, dépression de Naâma), ce qui est à l'origine du caractère endoréique de ces oueds.

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 :

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

La zone des monts des Ksour et de l'espace présaharien :

De par son relief montagneux, cette zone présente un réseau hydrographique plus important, plus dense et plus hiérarchisé que celui de la zone nord. Parmi les principaux oueds de la zone, nous avons :

- Oued Sfissifa et Bénikou, qui drainent les djebels : M'zi (2145m) et Mekter (2020m).
- Oued Tirkount, qui draine les djebels : Morghad (2135m) et Aïssa (2236m).
- Oued Breidj et Mouilah, qui drainent les écoulements des monts des Ksour et ces oueds culminent au niveau de l'agglomération d'Ain Sefra, pour donner naissance à l'oued portant le nom de la ville.
- Oued Rhouiba.
- Oued Namous, qui constitue plus au Sud, vers l'Erg occidental, la zone D'épandage des eaux des monts des Ksour qui parviennent à la plaine présaharienne.

Les écoulements de ces oueds empruntent des itinéraires déterminés par la structure et l'orientation du relief :

- L'oued El Breidj a un écoulement sud-ouest /nord-est.

Les oueds Ed Douis et El Rhouiba ont un écoulement de direction nord-est /sud-ouest.

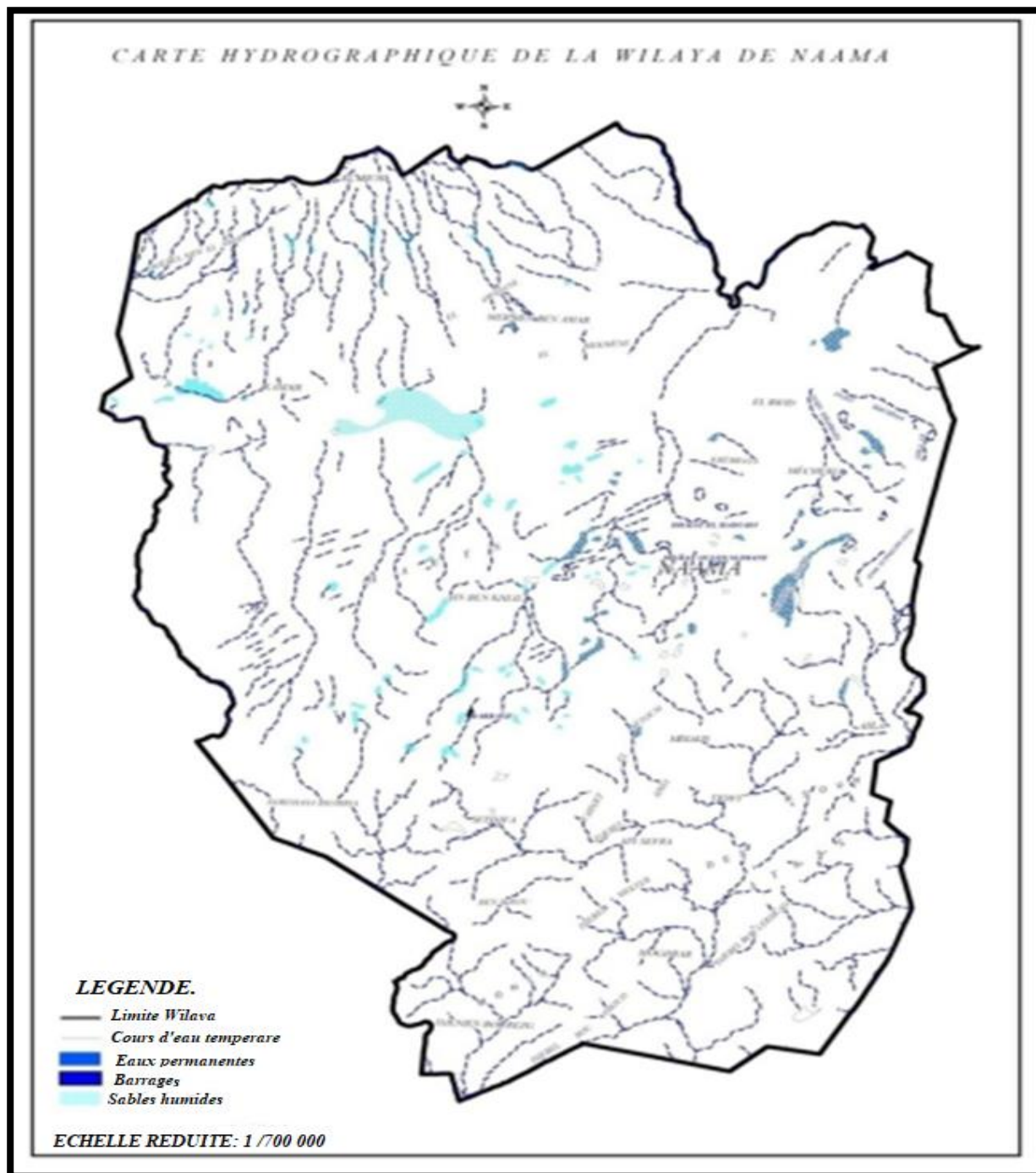


Figure 3: Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Naâma (Ceneap, 2009)

II.5 Caractéristiques morpho-pédologiques

La nature des sols et leur répartition (Figure 4) est en étroite relation avec les unités géomorphologiques. Une plus grande superficie est occupée par les sols calcimagnésiques (Bensaid, 2006).

II.5.1 Sols calcimagnésiques

La classe de sols calcimagnésiques occupe la majeure partie de la wilaya. 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 (Mansour, 2011).

II.5.2 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 (Mansour, 2011).

- Sols minéraux bruts d'érosion : sont situés sur de fortes pentes où les couches superficielles sont constamment entraînées empêchant ainsi la formation du sol. Le couvert végétal est très peu significatif avec toutefois quelques reliques de (*Quercusilex*) et de genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus L.*).
- Sols minéraux bruts d'apport alluvial : Se rencontrent au niveau des oueds importants. Ils présentent une texture sableuse, une forte charge caillouteuse et leur profondeur est variable.
- Sols minéraux bruts d'apport éolien : Ils sont constitués de sable et de dunes plus au moins mobiles. Ces sols sont occupés par une végétation psammophile à (*Aristida Pungens L*) et (*Arthrophytum Scoparium*).

II.5.3 Sols peu évolués

La classe de sols peu évolués est composée par :

- Les sols peu évolués d'érosion sur roche mère durent (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, canaux d'oued). Ces sols représentent la majeure partie des terres mises en culture (Mansour, 2011).

II.5.4 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 sablo-limoneuse, 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 (*Halocnemum strobilaceum*). Toutefois, lorsque cette salure diminue on rencontre un couvert végétal halophyte qui se compose de *Salsola Vermiculata*, *Attriplex Halimus* et *Suaedafruticosa*. (Mansour, 2011)

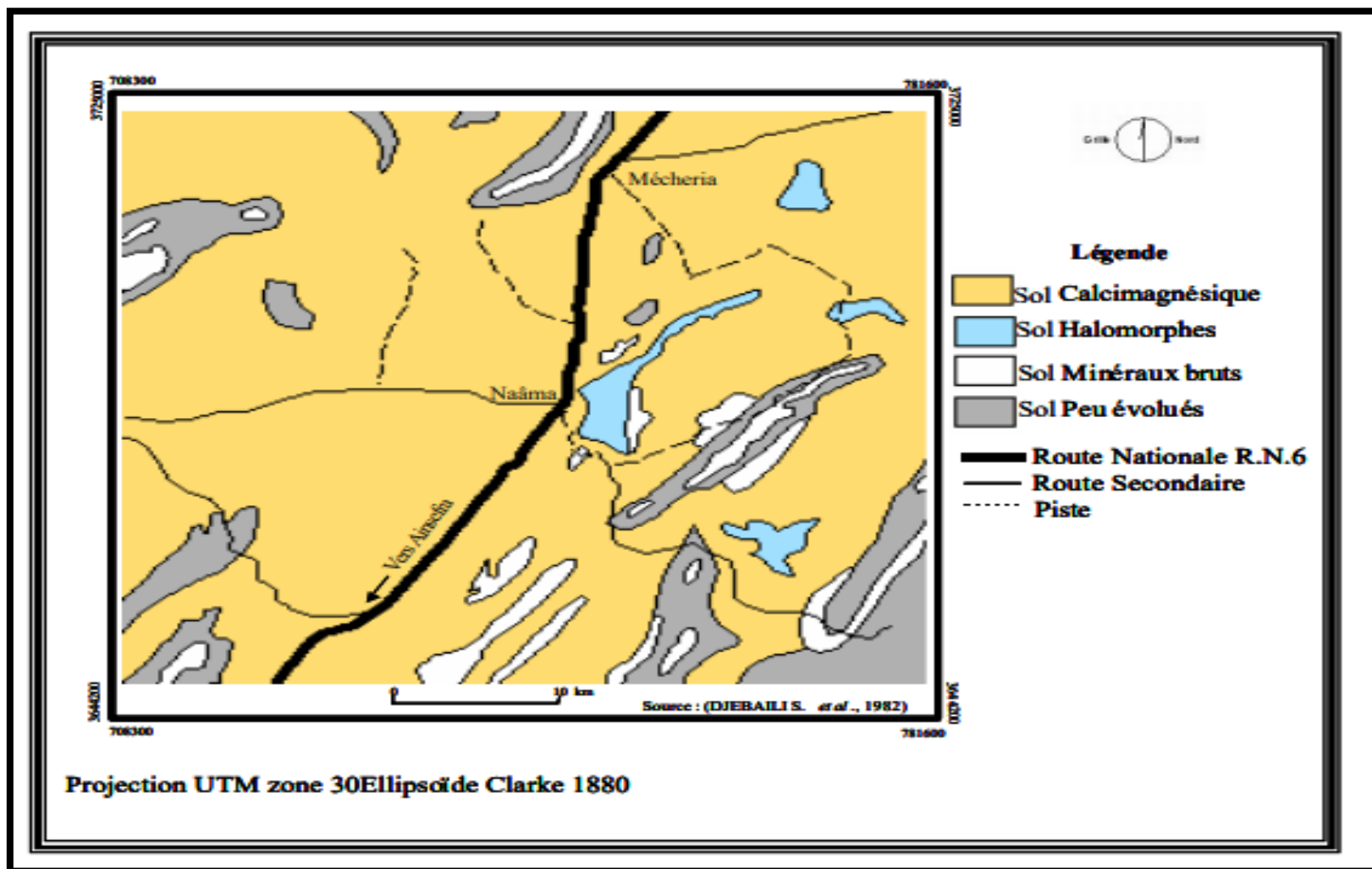


Figure 4: Carte pédologique de la région centre de la wilaya de Naâma (Bensaid, 2006).

II.5.5 Sol d'Ain Ben Khelil

D'après (Gaouar et al, 2005), les sols correspondants de la classification de la (FAO) et de l'USDA (Soil Taxonomy) sont donnés à titre indicatif bien que d'autres systèmes requièrent des analyses de laboratoire.

Les sols appartiennent tous à la Classe des Sols peu évolués. Cette classe est subdivisée en trois sous classes.

- Sous classe 1 : sol peu évolué d'érosion
- Sous classe 2 : sol peu évolué climatique : sol subdésertique
- Sous classe 3 : sol peu évolué d'apport.

D'après (Gaouar et al, 2005), la troisième sous classe de sols peu évolués est subdivisée en :

- ❖ Sols peu évolués d'apport colluvial
- ❖ Sols peu évolués d'apport alluvial
- ❖ Sols peu évolués d'apport éolien : les arenosols.

La roche de départ et le calcaire, probablement, du jurassique. Les sols acquièrent ainsi un caractère calcarique et le calcaire actif constitue le trait dominant. Les sédiments, qu'ils soient de type alluvial ou de type colluvial, sont pour leur part, issus d'une roche mère calcaire. Les sols, eux, aussi, sont marqués par ce type de roche mère.

D'une manière générale les sols minéraux bruts ou lithosols se localisent au niveau des principaux djebels (Guetob el Hamra, Hafid, Bou Kehechba, Bou Amoud etc.) ainsi que les sols peu évolués des versants de djebels, les sols calcimagnésiques à dalles calcaires occupant la presque totalité des glacis autour de Ain Ben Khelil. Par contre au niveau des oueds, dayas et ou Haoud, ce sont les sols peu évolués d'apport alluviaux qui dominent (Mansour, 2011).

II.6 Etude 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). Il s'agit de mettre en évidence les relations qui existent entre la végétation et les facteurs climatiques.

Le climat méditerranéen est défini comme un climat extratropical à photopériodisme saisonnier et quotidien, à pluviosité concentrée durant les saisons froides et relativement froides, l'été, saison plus chaude, étant sec (Emberger, 1955).

II.6.1 Méthodologie

Vu l'absence de station météorologique pour la zone d'étude, nous avons sommes référés à la station météorologique de la wilaya de Naâma, selon la période 1991-2017.

II.6.2 Facteur Climatique

II.6.2.1 Les précipitations

La précipitation un paramètre non négligeable dans toute étude climatique. Il est responsable du façonnement et de la distribution de la végétation dans l'espace géographique Dans cette zone les pluies sont caractérisées par leurs irrégularités spatio-temporelles. Celles-ci sont marquées par l'influence présaharienne et les pluies dépassent rarement les 400mm.

Tableau 5: Répartition moyenne mensuelle des précipitations (mm) durant la période 1991-2017

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	Total
P (mm)	15	14	20	18	16	14	5	09	25	28	28	14	206

Source d'O.N.M Naâma, 2018

D'après le (Tableau 5) et (Figure 5), on remarque que les mois les plus pluvieux sont les mois d'Octobre et Novembre avec une moyenne de 28 mm. Tandisque le mois des Juillet restent le mois le plus sec avec une valeur de 5mm.

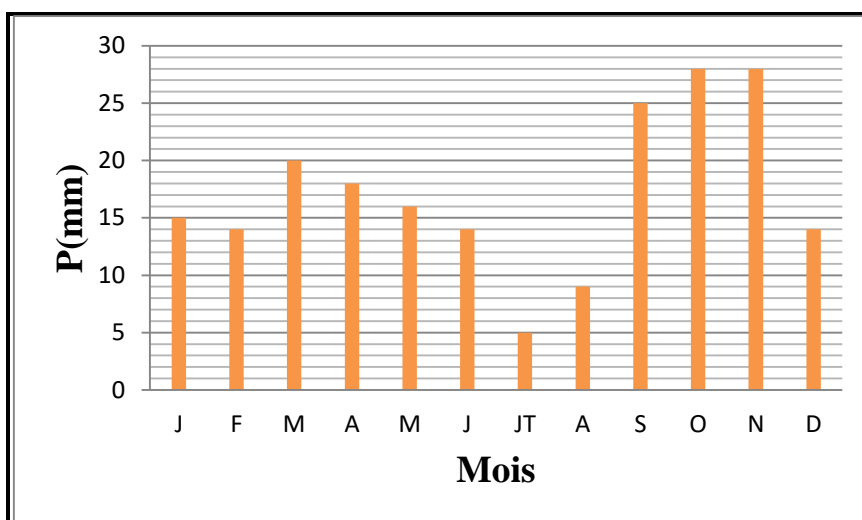


Figure 5: Précipitations moyennes mensuelles de la station de Naâma 1991-2017

II.6.2.2 Régimes saisonniers

La connaissance des saisons les plus arrosées est très importante, selon (Aidoud, 1989), les pluies d'hiver contribuent à maintenir l'humidité du sol, alors que les pluies du printemps interviennent en phase de croissance, et même les précipitations d'automne ont un rôle important dans le cycle biologique annuel (Ennebati, 2016).

On remarque dans le (Tableau 6) régime saisonnier des précipitations au niveau du territoire d'Ain Ben Khelil durant la période 1991-2017 est : APHE

Tableau 6: Régime saisonnier des précipitations durant la période 1991 – 2017.

Saisons	Hiver H (mm)	Printemps P (mm)	Été E (mm)	Automne A (mm)	Type
P (mm)	43	54	33	81	APHE

Source d'O.N.M Naâma, 2018

II.6.2.3 Les températures

La température est considérée comme le facteur climatique le plus important. C'est celui qu'il faut examiner en tout premier lieu par son action écologique sur les êtres vivants. Elle joue un rôle majeur dans la détermination du climat régional à partir des valeurs des moyennes annuelles « T » et mensuelles et les valeurs minimales du mois le plus froid « m » et des maximales du mois le plus chaud « M » ainsi que l'amplitude thermique (Marouane, 2014)

Tableau 7: Températures moyennes mensuelles en (°C) durant la période 1991 – 2017

Source d'O.N.M Naâma, 2018

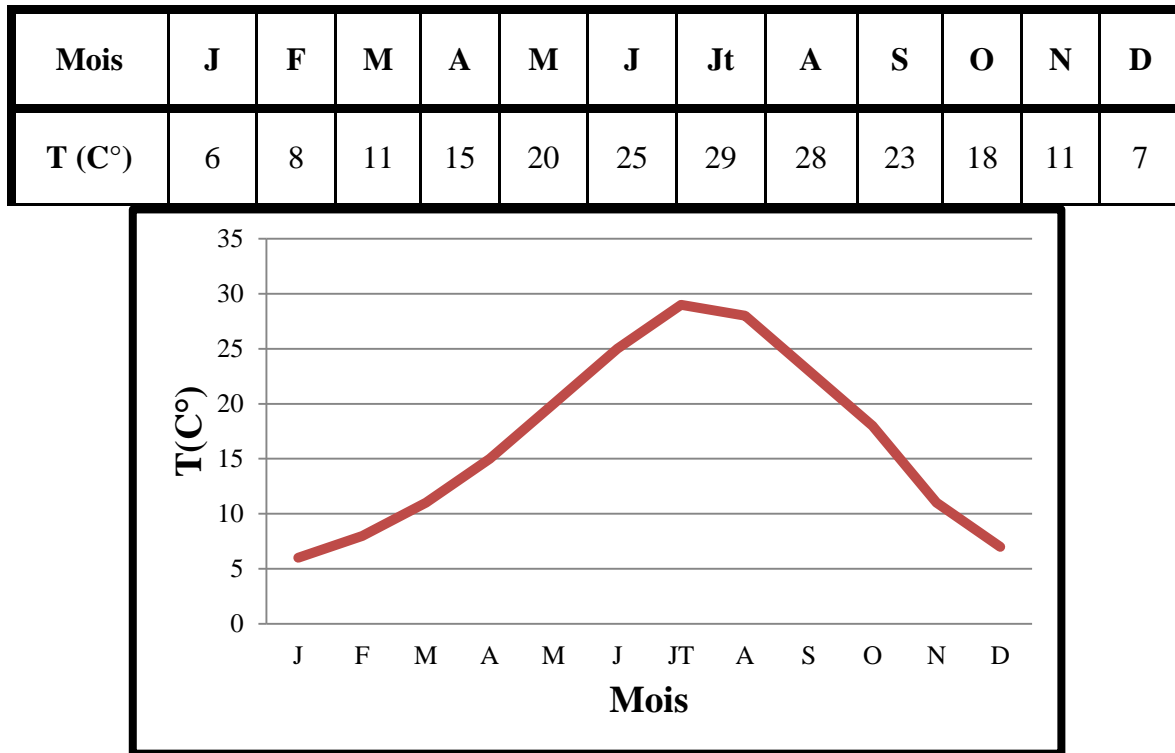


Figure 6: Evolution de la température à la station de Naâma 1991 – 2017

L'analyse de (Tableau 7) et (Figure 6) on observe que les températures moyennes les plus élevées, elles se situent au mois de Juillet et Août, Moyenne minimale le plus froid est 6°C au mois de Janvier, et la moyenne maximale le plus chaud est 29°C au mois de Juillet.

II.6.3 Autres facteurs climatiques

II.6.3.1 Le vent

Les vents estivants sont caractérisés par une grande violence et un fort pouvoir desséchant tel que le sirocco au Maghreb qui font chuter l'humidité atmosphérique à moins de 30% et contribuent à propager les incendies en transportant les étincelles sur de grandes distances. Par ailleurs l'action du vent accélère l'évapotranspiration et accentue l'aptitude des végétaux à s'enflammer (**Quezel et Medail, 2003**).

C'est le sirocco qui intervient de 15 jours environ au nord à 22 jours au sud. Ce courant chaud, toujours sec, est une des causes principales de la quasi-stérilité des hautes plaines. Le sirocco est plus fréquent à l'est (30 j) qu'à l'ouest 15 j/an en moyenne, il souffle surtout en été, son maximum de fréquence à lieu en juillet (**Djebaili, 1984**).

II.6.3.2 Gelées

La wilaya de Naâma subit des gelées importantes en hiver et même au printemps à raison de 40 jours par année (ONM, 2010). Ces gelées constituent un facteur limitant pour les pratiques agricoles et une contrainte pour la végétation sensible et notamment ceux à floraison précoce. Ce qui impose la prise en compte de cette période gélive lors de l'élaboration du calendrier cultural principalement pour les cultures légumières de plein champ et l'arboriculture à floraison précoce (Amara, 2010).

II.6.4 Synthèse climatique

II.6.4.1 Amplitude thermique moyenne et indice de continentalité

L'amplitude thermique moyenne extrême (M-m) est un indice climatique très important car il permet de définir à partir de ce qu'on appelle « indice de continentalité » si la zone est sous influence maritime où continentale. Pour cela on utilise la classification thermique de (Debrach, 1953) :

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

Tableau 8 : Type de climats en fonction d'Amplitudes thermiques.

Période	M°C	m°C	(M-m)°C	Type de climat
1991-2017	31	3	28	Semi- Continental

D'après ce (Tableau 8) la classification mentionnée si dessus on confirme qu'au niveau du territoire de Naâma subit des influences semi- continental.

II.6.4.2 Indice d'aridité de De Martonne:

Selon (DE Martonne, 1926), l'indice d'aridité est utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse ; il est exprimé par la relation :

$$I = P / (T+10)$$

I : Indice d'aridité De Martonne

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm)

T : Température moyenne annuelle (°C).

Classification des climats en fonction des valeurs de l'indice d'aridité :

- ❖ **I<5** : climat hyper-aride.
- ❖ **5<I<7,5** : climat désertique.
- ❖ **7,5<I<10** : climat steppique.
- ❖ **10<I<20** : climat semi-aride.
- ❖ **20<I<30** : climat tempère.

Tableau 9: Indice d'aridité annuel de De Martonne

Station	T (°C)	P (mm)	I (mm/°C+10)	Type de climat
1991-2017	26.75	211	7.88	climat steppique

D'après ce (Tableau 9), on constate que la station Naâma est sous l'influence d'un climat steppique.

II.6.4.3 Diagramme ombrothémique de Bagnouls et Gaussen :

Le diagramme permet de calculer la durée de la saison sèche sur un seul graphe. L'échelle de pluviométrie est double de la température : l'une humide et l'autre sèche. On parle de saison sèche lorsque la courbe des pluies passe en dessous de celle des températures autrement dit lorsque $P \leq 2T$ (Zair, 2011).

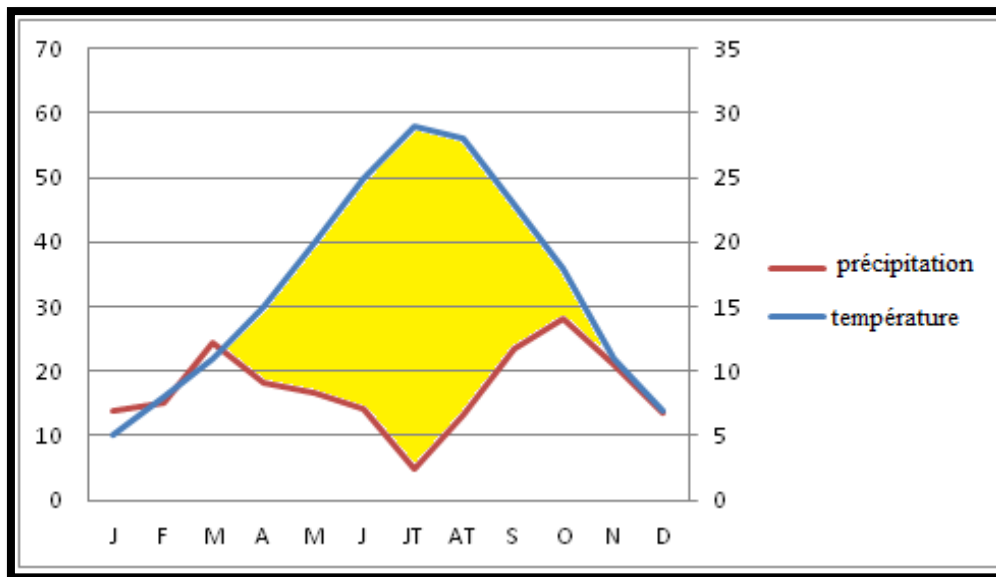


Figure 7: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.

L'examen de diagramme ombrothermique (Figure 7) montre que la station de Naâma présente 08 mois de sécheresse ; généralement de Mars à Novembre, Ce qui confirme l'intensité de sécheresse dans la région.

II.6.4.4 Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger :

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude (Zair, 2011) en abscisse la moyenne minimale du mois le plus froid. Le quotient d'Emberger (Tableau 10) est calculé par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{(M + m)(M - m)}$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°k).

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°k).

T (°k) = T °C + 273,2.

Tableau 10: Quotient pluviométrique d'Emberger durant la période 1991-2017.

Période	Précipitations (mm)	M (°C)	m (°C)	Q ₂	Etage bioclimatique
(1991-2017)	211	31	3	25,96	Aride-Supérieur

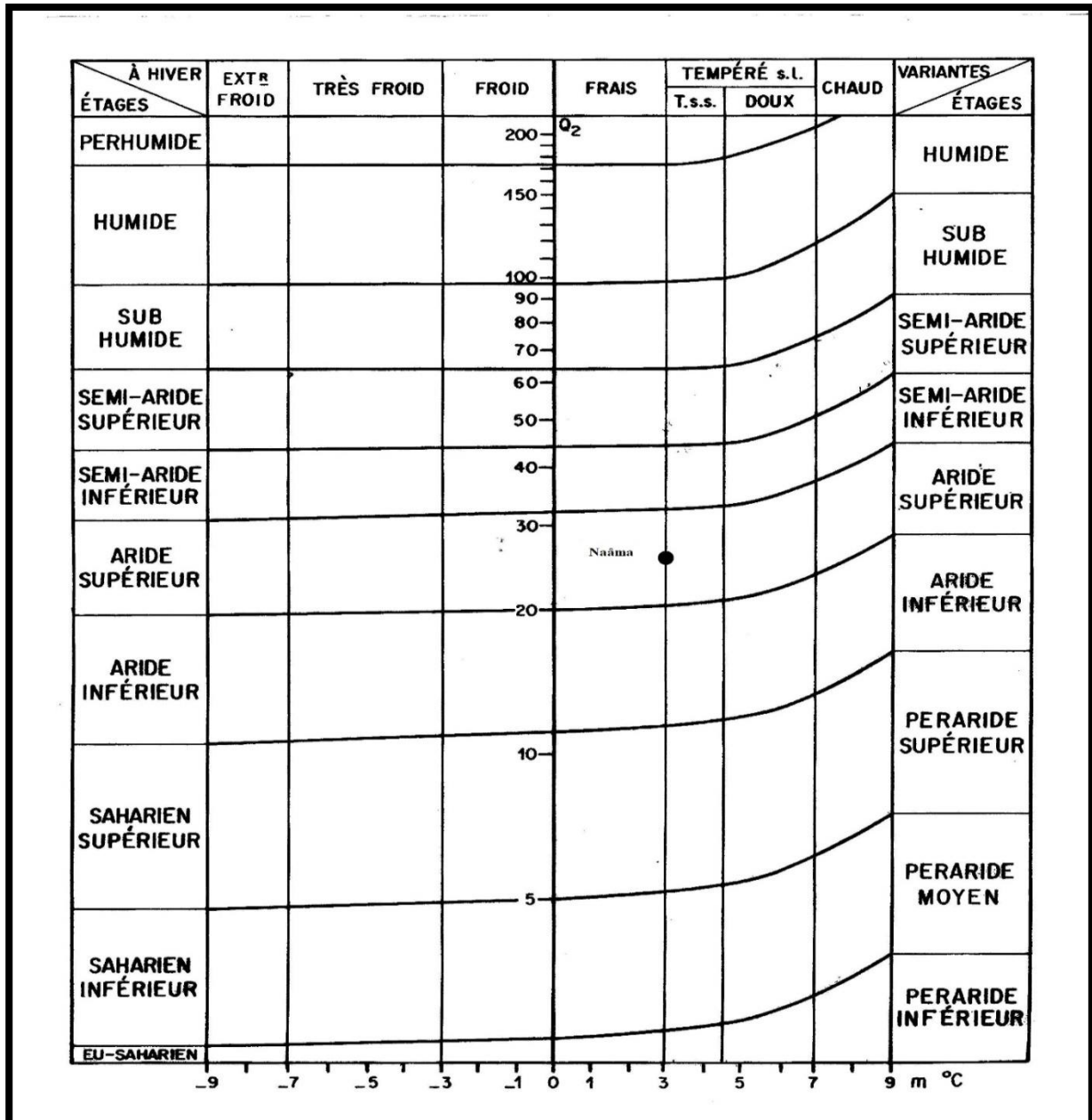


Figure 8 : Climogramme d'Emberger (Daget, 1977).

L'application du quotient pluviothermique d'Emberger sur les données climatiques récentes (Figure 8) a révélé que la station de Naâma est classée dans l'étage aride supérieur à hiver tempéré.

II.7 Cadre Socio-économique

II.7.1 Evolution de la population

L'évaluation de la population communale nous permet de connaître ses caractéristiques, son évolution, sa répartition et ses rapports avec le niveau de satisfaction des besoins en matière d'activité agricole.

Selon les données fournies par la (DPAT), les dernières statistiques qui ont été faites en 2012 ont révélé que le nombre d'habitant de notre zone d'étude est de 13 387 habitants (DPAT, 2012). Marquée par un taux d'accroissement positif vu le progrès du niveau de vie et la présence des opportunités économiques.

La densité de population est une mesure du nombre d'habitants d'une population occupant une surface donnée. Le (Tableau 11) montre la densité de commune d'Ain Ben Khelil.

Tableau 11 : Superficie et densité de population dans les zones d'études (DPAT, 2012).

Commune	Superficie (Km ²)	Population	Densité (Hab/Km)
Ain Ben Khelil	3800.03	13387	3.522

II.7.2 Potentialités végétales

La diversité des milieux de cette zone favorise la répartition de la végétation :

Les djebels situés au nord d'Ain Ben Khelil, abritent les steppes arborées à *Juniperus phoenicea*, *Rosmarinus officinalis* et *Stipa tenacissima*. Les hauts de glacis sont occupés par les steppes à Alfa dominant, les grands glacis sont à *Artemisia herba-alba*, *Lygeum spartum*, *Atractylis serratuloides*, *Thymelaea microphylla* (Methane), *Salsola vermiculata* etc...). Les types de végétation actuels sont, tout autre, l'*Armoise*, presque complètement disparus. Ces types qui s'organisent autour de Haoud Edaira sont représentés par:

- ❖ La Tamariscaie : formation à base de *Tamarix gallica* qui se situe autour du Haoud. Les steppes dégradées à *Lygeums partum* et *Atractylis serratuloides* à l'est de Haoud Edaira.
- ❖ Les steppes à *Thymelaea microphylla*, *Atractylis serratuloides*, *Lygeum spartum* sur les glacis ensablés.
- ❖ Les steppes dégradées à *Thymelaeamicrophylla* et *Salsola vermiculata*.

- ❖ Les steppes dégradées à *Stipagrostispungens* des dunes d'Ain Ben Khelil
- ❖ la pineraie à *Pinushalepensis* qui protège Ain Ben Khelil. Le recouvrement global de la végétation actuellement ne dépasse guère les 25% à cause de la dégradation généralisée des parcours depuis cette dernière décennie (Bouzenoun, 2002).

II.7.3. Potentialités agropastorales

Selon (Haddouche, 2009), dans les zones arides et semi-aride, le passage du pastoralisme fondé sur la mobilité des troupeaux à l'agropastoralisme avec le développement progressif d'une agriculture intégrée s'est accéléré avec la mise en place des politiques de lutte contre les effets de la sécheresse qui ont permis le maintien d'un stock animal important durant les périodes de sécheresse grâce aux transferts de fourrages des zones favorables vers les zones arides.

II.7.3.1 Agriculture

A l'échelle locale, La wilaya de Naâma sont beaucoup plus destinées au pastoralisme qu'à l'agriculture en sec ou en irrigué.

D'après les données statistiques déclarées pas la direction des services agricoles (DSA) de la wilaya de Naâma la répartition des terres agricoles par la commune d'Ain Ben Khelil est présentée dans le (Tableau 12) :

Tableau 12: Répartition des terres agricoles dans les zones d'étude.

Commune	S. A. U					terres Improductives	Pacage et parcours	S.A.T
	Céréales, fourrages, maraichage	Terres au repos	Arboricultu re	Total S.A.U				
				Total	surface irrigué			
Ain Ben khelil	2 363	493	722	3628	2082	9	242 344	245 981

Source (DSA, 2012)

D'après le tableau ci-dessus on observe que la surface agricole totale (SAT) regroupe les parcours qui occupent la grande superficie, cela est tout à fait compréhensible vu la vocation

essentiellement pastorale dans les zones d'étude et les faibles efforts faits dans le passé en matière de mise en valeur agricole.

Cette surface agricole est très importante dans la zone d'Ain Ben Khelil avec 245 981 hectares. On constate les cultures maraîchères prennent la première place dans la région alors que, la production des fourrages est importante, tandis que la production des céréales et fruitière est généralement faible.

II.7.3.2 Elevage

La sédentarisation des nomades, le développement de diverses activités et les moyens mis en œuvre par l'état pour la dynamisation des régions steppiques, n'ont pas fait disparaître l'activité pastorale et plus particulièrement l'élevage ovin dans ces zones qui présentent une grande diversité du cheptel (Tableau 13). Élevage constitue la principale source de revenus des éleveurs.

Tableau 13: Répartition du cheptel d'Ain Ben Khelil

Cheptels	Ovin	Bovin	Caprin	Equin	Camelin	Espèce mulassière	Espèce Asine
Ain Ben Khelil	238018	5855	14593	111	0	32	119

Source (DSA, 2018)

Dans la zone d'étude l'activité pastorale est dominante, le cheptel ovin occupe une place importante en représentant près de 238018 têtes, les bovins et les caprins représentent respectivement 5855 têtes et 14593 têtes.

II .8. Conclusion

Ain Ben Khelil a une vocation agricole et pastorale très marquée. Elle dispose d'atouts incontestables : un territoire étendu, de vastes terres de parcours qui accueillent un cheptel considérable et de qualité réputée « le pays du mouton », des sites naturels associant des massifs montagneux avec des vallées et des oasis verdoyantes, des lacs et dayas, ainsi qu'un riche patrimoine archéologique et historique. Mais le milieu physique de la wilaya se présente cependant comme un espace fragile et sensible à l'érosion. Les effets climatiques et le rétrécissement du couvert végétal pérenne accentuent la qualité médiocre des sols pour l'agriculture.

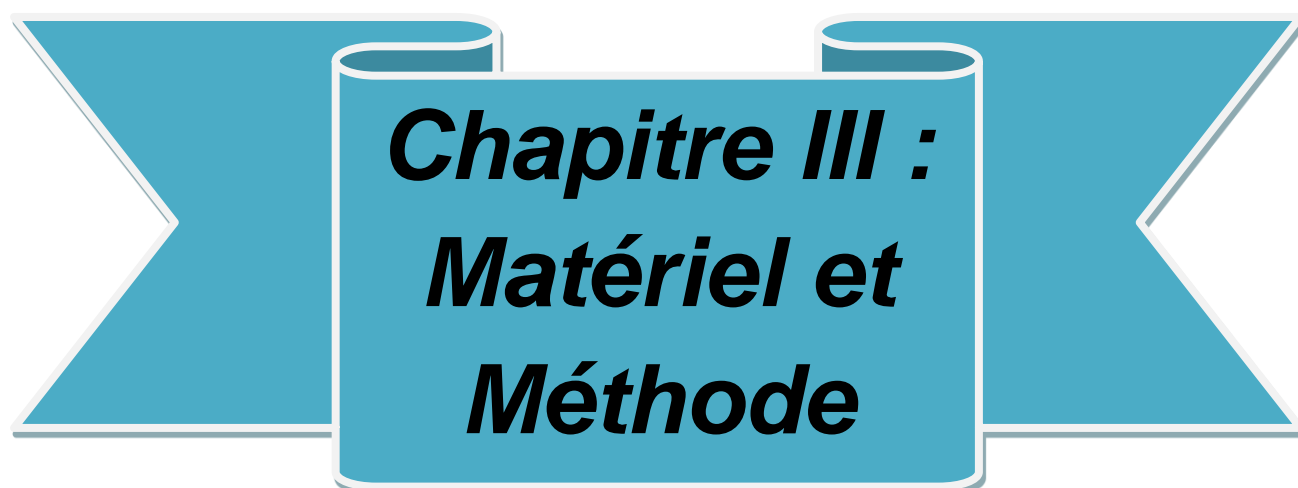
L'action de l'homme, à travers la surexploitation des pâturages, les opérations de défrichement, contribuent à appauvrir la végétation steppique, soumise par ailleurs à des périodes de sécheresse de plus en plus longues, favorisant les processus d'érosion et d'avancée de la désertification et l'ensablement.

De 1985 à nos jours, le paysage rural a beaucoup changé, en particulier à l'entrée de l'agglomération d'Ain Ben Khelil où une centaine d'exploitations s'impose sur un espace qui connaît de plus en plus un problème énorme d'ensablement.

En effet, la plaine d'Ain Ben Khelil apparaît comme un espace de grande étendue favorable à une activité agricole. Sa position stratégique lui confère un rôle de grande importance dans le développement agropastoral et dans la valorisation de l'écosystème steppique



Partie II



***Chapitre III :
Matériel et
Méthode***

Chapitre III : Matériel et Méthode

A travers cette étude, nous voulons mettre à la portée des décideurs locaux un outil fiable pour le suivi de l'évolution des terres agricoles ainsi avoir un œil sur le développement du secteur agricole dans la région d'Ain Ben Khelil. Les pouvoirs publics sont confrontés aux problèmes de suivi et d'évaluation des politiques du développement. Dans ce chapitre, nous allons décrire toute les procédures utilisées permettant l'élaboration des cartes des indices utilisés indispensables pour notre étude. Le schéma ci-dessous (Figure 9) présente la procédure adoptée.

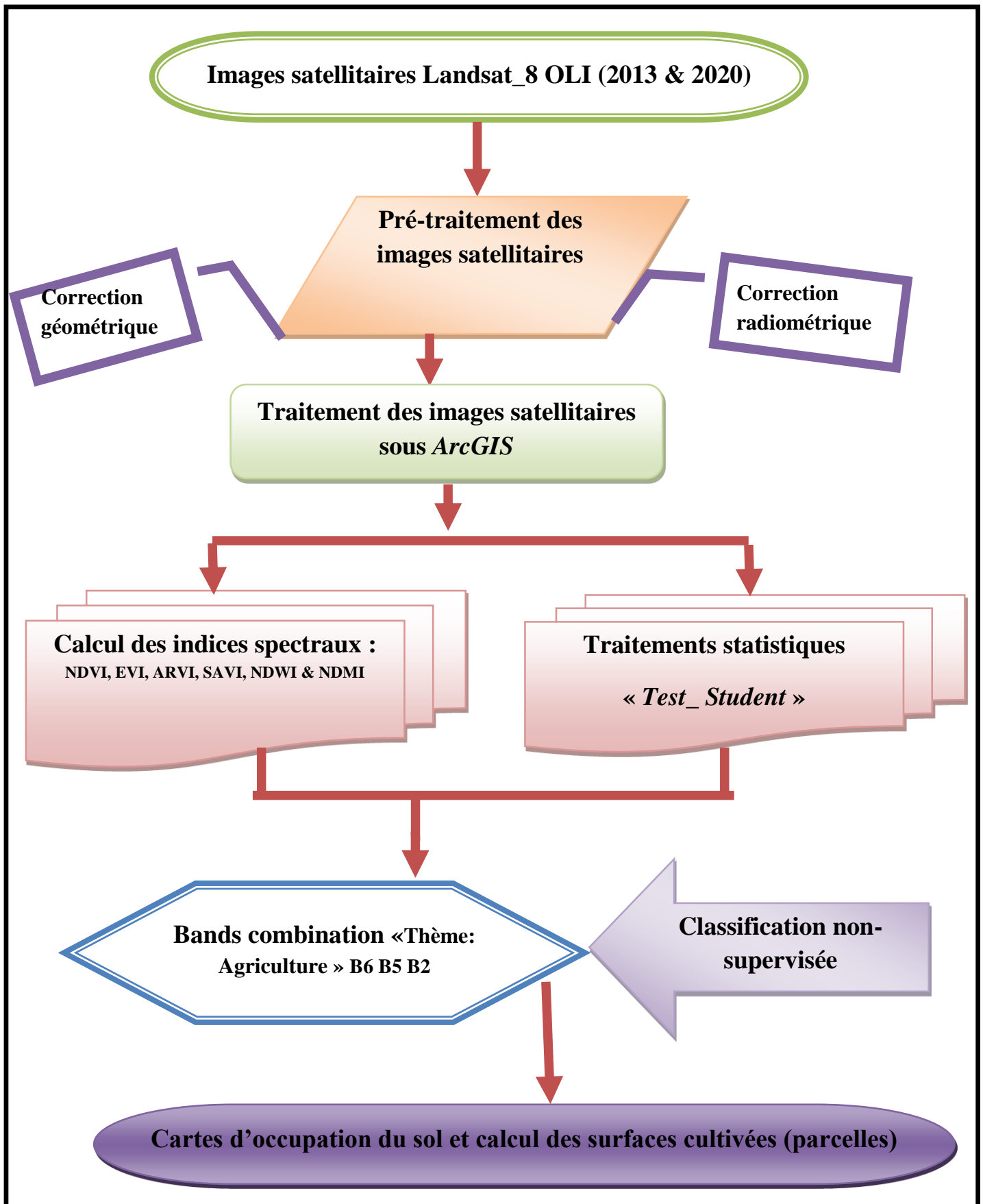


Figure 9: La méthodologie suivie pour l'évolution des terres agricoles de la région d'Ain Ben Khelil

I.1. Présentation logiciel ArcGIS 10.3

ArcGIS reste incontestablement, le logiciel référence en matière de cartographie. En effet, celui-ci permet de travailler aisément, d'effectuer diverses opérations, l'accès à des données externes de divers formats. Il propose une large panoplie de fonctionnalités permettant à l'utilisateur de visualiser, d'éditer et même de comparer des données de cartographie.

I.2 Images satellitaires Landsat_8 OLI :

I 2.1 Description

Le satellite Landsat-8, également appelé Landsat data continuity mission (*LDCM*), est le huitième satellite américain de la série Landsat inaugurée en 1972. Il est destiné à l'observation de la terre. Landsat -8 a été lancé le 11 Février 2013 par la national aeronautics and space administration (*NASA*) depuis la base militaire vandenbergh air force en Californie, avec une fusée Atlas-V (V401). Comme ses prédécesseurs, Landsat-8 est placé à une orbite à 705 km d'altitude. Il tourne autour de la Terre en 98.9 minutes ; soit 14 fois par jour. Il fournit des données de 30m de résolution pour un champ de 180km avec une répétitivité de 16 jours. Landsat-8 est une collaboration entre la (*NASA*), le Department of Interior/United States Geological Survey (*DOI/USGS*), Orbital Science Cooperation(*OSC*), operational land imager (*OLI*), Sensor et Thermal Infrared Sensors. Cependant, c'est la NASA qui a mené la conception, la construction, le lancement et les phases de calibrage sur orbite. La *NASA* et l'*USGS* ont estimé une durée opérationnelle d'au moins cinq ans du satellite Landsat-8 (**Narindra, 2014**).



Figure 10: Le satellite Landsat_8 (USGS, 2013)

I 2.2 Les bandes de Landsat_8

Toutes les données de la source de l'instrument quantifient sur une résolution de 12 bits. Landsat_8 opérationnel terre imager (*OLI*) et capteur infrarouge thermique (*TIRS*) images se composent de neuf bandes spectrales avec une résolution spatiale de 30 mètres pour les bandes 1-7 et 9. Nouveau groupe 1 (ultra-bleu) est utile pour côtière et des aérosols études. Nouvelle bande 9 est utile pour la détection de cirrus. La résolution de la bande 8 (panchromatique) est de 15 mètres. Bandes thermiques 10 et 11 sont utiles pour fournir des températures de surface plus précises et sont recueillies à 100 mètres. La taille de la scène approximative est de 170 km au nord-sud par 183 km est-ouest (106 km par 114 km) TIRS les bandes sont acquises à une résolution de 100 mètres dans le (Tableau 14), mais sont ré-échantillonnées à 30 mètres dans le produit de données livré (Bouanani et Benyahia, 2015).

Tableau 14: Les caractéristiques des bandes de Landsat_ 8

Bandes	Longueur d'ondes (micromètres)	Résolution (mètres)
Band 1 - aérosol côtière	0,43 au 0,45	30
Band 2 - Bleu visible	0,45 à 0,51	30
Band 3 - vert visible	0,53 à 0,59	30
Band 4 - Rouge visible	0,64 à 0,67	30
Bande 5 - proche infrarouge (NIR)	0,85 à 0,88	30
Band 6 - courte longueur d'onde infrarouge SWIR 1	1,57 à 1,65	30
Band 7 - courte longueur d'onde infrarouge SWIR 2	02/11 au 02/29	30
Band 8 – panchromatique	0,50 à 0,68	15
Band 9 – Cirrus	1,36 à 1,38	30
Band 10 - infrarouge thermique, Long longueur d'onde infrarouge (TIRS) 1	10,60 à 11,19	100 * (30)
Band 11 - infrarouge thermique, Long longueur d'onde infrarouge (TIRS) 2	11,50 à 12,51	100 * (30)

I.3 . Les pré-traitements des images satellitaires

3.1.1. Corrections atmosphériques

Les images satellitaires nécessitent d'abord des prétraitements. Plusieurs corrections sont nécessaires. On les divise généralement en deux grandes catégories : les corrections radiométriques et géométriques.

❖ Les corrections radiométriques

Elles permettent de diminuer les perturbations dues à l'atmosphère et aux capteurs. Deux images d'une même région, acquises à des différentes dates peuvent avoir des valeurs numériques différentes ; ceci est dû à des différences dans l'élévation solaire qui dépend de la saison et de l'année ou à des différences de transmission et d'absorption de l'atmosphère ou encore à des changements dans l'occupation du sol de la région étudiée. Ce dernier facteur fait l'objet des études dites " multidates " (**Leg, 1992**).

La correction radiométrique pour compenser la différence de l'élévation solaire entre différentes dates et la différence dans le calibrage du capteur, est importante pour la détection des changements (**Leg, 1992**).

Les satellites d'observation de la terre passent sur chaque point de la terre à la même heure solaire. L'élévation solaire et l'azimut du temps d'acquisition sont normalement enregistrés à l'entête de l'image numérique et il est relativement simple d'ajuster les valeurs numériques d'une série d'images à une élévation solaire constante de telle sorte que les images apparaissent comme étant acquise au même moment de l'année (**Leg, 1992**). Ces traitements sont réalisés de manière générale en amont de l'utilisation finale.

❖ Les corrections géométriques

Elles sont destinées à corriger l'image des déformations systématiques dues à la prise de vue (ellipsoïde terrestre, défilement du satellite, variations de sol, technologie du capteur) ainsi qu'à rendre l'image superposable à une carte.

Elles sont faites soit à partir de paramètres d'orbite et d'altitudes enregistrées durant le vol, soit à l'aide de lois de déformations, pour rendre l'image conforme à un type de projection cartographique connu (*UTM* ou Lambert par exemple). Les lois de déformation sont calculées de point particulier, encore appelés amers, dont les

Coordonnées sont connues à la fois sur le terrain et sur l'image (Deshayes et Maurel, 1990).

I.4. Analyse d'une image

L'étude de la dynamique du couvert végétal est axée sur la bonne représentation des unités principales sur une image. Leur variation hétérogène spatiale, spectrale et temporelle exige de les présenter de façon homogène pour mieux interpréter les objets d'une image et tout un processus de changement observé. Cette représentation dite « classification » est utilisée pour la production de cartes thématiques ou elle offre une analyse plus détaillée de l'image. Elle peut être effectuée sur un ou plusieurs canaux d'une image pour séparer les divers éléments d'une image en fonction de leur caractéristique de rétro diffusion ou signature spectrale (Abdelbaki, 2012).

En traitement numérique des images, on distingue :

I.4.1 Classification non-supervisée :

C'est classer les données d'image numérique, par traitement informatique basé uniquement sur les statistiques d'image sans recours à des échantillons d'entraînement. Cette classification produit un regroupement naturel des pixels de l'image que l'on nomme regroupement spectral ou « classe », (les régions de l'image ayant une même signature spectrale ont un type d'utilisation du sol similaire) . L'analyse doit ensuite déterminer l'identité de ces regroupement spectraux ; les principaux algorithmes de classification non dirigée sont : le regroupement par moyenne –K (*K-means*), le regroupement par ISODATA (Girard, 1989).

I.4.2 Classification supervisée :

Procédure utilisée pour l'identification de zones « spectralement similaire » d'une image. On identifie d'abord des sites d'entraînement dont on extrait la signature spectrale et à partir desquels on extrapole pour le reste de l'image. Selon (Duminil, 2007) ces sites d'entraînement servent de base pour les calculs des algorithmes de classification.

I.5 Les indices de végétation

Les indices de végétation (Tableau 15) sont basés sur la réflectance différentielle des tissus végétaux vivants ou *photosynthétiquement* actifs dans les longueurs d'onde du rouge et

du proche infrarouge du spectre électromagnétique dans le domaine solaire (Tucker et al, 1985). En effet, les feuilles vertes réfléchissent une très faible proportion du rayonnement incident dans la bande du rouge et une très forte proportion dans la bande du proche infrarouge (Guyot, 1990). Différents indices, basés sur des combinaisons entre les réflectances dans différents canaux, ont été proposés. Ils ont été utilisés pour estimer diverses propriétés biophysiques liées directement à la productivité primaire et au taux de couverture, y compris le rayonnement photo-synthétiquement actif (*PAR*) intercepté et le *LAI* (Asrar et al, 1984).

I.6 Les principaux indices de végétation

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années. Ils prennent la forme soit d'expressions très basiques (simple différence ou simple ratio), soit de formules beaucoup plus complexes. On a l'habitude de les classer en familles d'indices selon qu'ils prennent ou non en compte les facteurs externes aux couverts végétaux, tels que l'influence de l'atmosphère, la contribution spectrale des sols, la teneur en eau des végétaux (indices de sécheresse), etc (Darabid et Boucekara, 2013).

I.6.1 Les indices simples

Les indices de végétation les plus simples sont basés sur des opérations arithmétiques entre deux bandes spectrales, généralement le rouge et le proche infrarouge, mais également les bandes du proche et du moyen infrarouge.

I.6.1 Normalized Différence végétation index(NDVI)

L'indice de végétation par différence normalisée ou indice de Tucker (Normalized différence végétation index) (Rouse et Haas, 1973 ; Tucker, 1979), le plus connu et le plus utilisé. Son expression est la suivante :

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \dots (Rouse et al, 1974)$$

NIR = Near InfraRed

$$NDVI (Landsat_8) = (B5-B4) / (B5+B4)$$

Le résultat d'un NDVI prend la forme d'une nouvelle image, la valeur de chaque pixel étant comprises entre 0 (sol nu) et 1 (couvert végétal maximal). C'est l'analyse de la palette de nuances s'étendant entre ces valeurs extrêmes (très peu fréquentes) qui va

renseigner l'observateur sur la densité de couvert et la quantité de biomasse verte. Cet indice est très utilisé à cause de la facilité de sa mise en œuvre et surtout de sa corrélation avec la densité du couvert végétal et la capacité des végétaux à absorber la lumière solaire et à la convertir en biomasse.

L'indice de végétation par différence normalisée NDVI est un indicateur numérique qui utilise le rouge et bandes spectrales proche infrarouge. Le NDVI est fortement associé au contenu de la végétation. Des valeurs NDVI élevées correspondent à des zones qui se reflètent davantage dans le spectre proche infrarouge. Réflexion plus élevée dans le proche infrarouge correspond à une végétation plus dense et plus saine.

La normalisation par la somme des deux bandes permet de réduire les effets d'éclairement. Le NDVI conserve une valeur constante quelle que soit l'éclairement global, contrairement à la simple différence entre la bande PIR et Rouge (indice de végétation simple), qui est très sensible aux variations d'éclairement. Cet indice normalisé est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation (Abdelbaki, 2012).

I.6.2 Les indices prenant en compte les effets de l'atmosphère

I.6.2.1 Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)

De manière à diminuer la dépendance de NDVI aux propriétés atmosphériques (Kaufman et Tanre, 1992) ont proposé une modification de la formulation de l'indice en introduisant une information atmosphérique contenue dans la bande bleue. L'indice prend en compte la différence entre les bandes bleue (B) et R. La formule de calcul ARVI :

$$ARVI = (NIR - (2 * Red) + Blue) / (NIR + (2 * Red) + Blue) \dots \text{(Kaufman \& Tanre, 1992)}.$$

$$ARVI \text{ (Landsat _8)} = (B5 - (2 * B4) + B2) / (B5 + (2 * B4) + B2)$$

I.6.3 Les indices du stress hydrique

I.6.3.1 Normalized Difference Water Index (NDWI)

L'indice de teneur en eau par différence normalisée (Normalized Difference Water Index) Utilise la bande proche infrarouge et une bande de l'infrarouge à courtes longueurs d'onde (short-wave infrared, SWIR)

- ✓ La bande rouge, où la réflectance est affectée par la chlorophylle, le NDWI utilise une bande de l'infrarouge à courtes longueurs d'onde (entre 1500 et 1750 nm), où l'eau

possède un pic d'absorption.

- ✓ La bande du proche infrarouge (near-infrared, NIR) est la même que celle du NDVI car l'eau n'absorbe pas dans cette région du spectre électromagnétique.

Selon l'équation L'indice NDWI se calcule suivante :

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \dots\dots\dots (Gao, 1996)$$

$$NDWI (Landsat_8) = (B3-B5) / (B3+B5)$$

I. 6.3. 2 Normalized Difference Moisture Index (NDMI)

L'indice d'humidité par différence normalisée NDMI est un indicateur numérique, qui est utilisé en combinaison avec d'autres indices de végétation (NDVI et / ou AVI), qui est associé à l'humidité de la végétation. Le NDMI utilise les bandes spectrales proches infrarouges et infrarouges à ondes courtes pour capturer les variations d'humidité dans les zones de végétation. La surveillance de la sécheresse et les changements subtils des conditions d'humidité de la végétation sont des applications de télédétection où le NDWI est applicable (**Guerine et al, 2020**). NDMI peut également être utilisé pour déterminer l'humidité du carburant pour les évaluations des risques d'incendie. Pour calculer le NDMI on utilise la formule suivant.

$$NDMI = NIR - SWIR1 / NIR + SWIR1 \dots\dots (Wilson, 2002)$$

$$NDMI (Landsat_8) = (B5-B6) / (B5+B6)$$

I.6.4 Les indices prenant compte l'influence de sols

Ces indices ont été proposés pour et réduire l'influence des sols sous-jacents aux couverts végétaux sur le signal mesuré au niveau du capteur satellitaire.

I.6.4.1 Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

L'indice de végétation ajusté au sol SAVI a été proposé par (**Huete, 1988**).SAVI est utilisé pour corriger l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) pour l'influence de la luminosité du sol dans les zones où le couvert végétal est faible. Le SAVI dérivé de la réflexion de surface Landsat est calculé comme un rapport entre les valeurs R et NIR avec un facteur de correction de la luminosité du sol (L) défini comme 0,5 pour s'adapter à la plupart

des types de couverture terrestre. Le « **L** » peut varier en fonction de la densité de la végétation. Cet indice prend en compte la réflectance des sols sous-jacents. Il est en fonction du coefficient **L** (= **0,5**) qui a été ajusté de façon à prendre en compte les variations des propriétés spectrales du sol nu. Il permet un bon suivi de l'évolution de la végétation et du sol. La formule de calcul du SAVI est :

$$SAVI = ((NIR-RED) / (NIR+RED+L)) *(1+L) \dots\dots\dots(Huete, 1988).$$

$$SAVI (Landsat_8) = ((B5-B4) / (B5+B4+0.5)) *(1.5)$$

I .6.5 Les indices prenant en compte les effets conjugués des sols et de l'atmosphère

I .6.5.1 Enhanced vegetation index (EVI)

L'indice de végétation amélioré EVI est une modification du NDVI avec un facteur d'ajustement des sols, L, et deux coefficients, C1 and C2 qui décrivent l'utilisation de la bande bleue pour corriger la bande rouge de la dispersion des aérosols dans l'atmosphère (**Jensen, 2007**).

Le principal avantage de l'algorithme de l'EVI est de dissocier le signal de fond du couvert et une réduction des influences atmosphériques, (**Huete et al, 2002**) a une meilleure sensibilité à une biomasse élevée et ne sature pas aussi facilement que le NDVI. Il est défini ainsi :

$$EVI = G * ((NIR-R) / (NIR + C1 * R - C2 * B + L)) \dots\dots\dots (Huete et al., 2002)$$

Avec **L=1**, (**C1 = 6** et **C2 = 7.5**).

$$EVI (Landsat_8) = 2,5 * ((B5-B4) / (B5 + 6 * B4 - 7,5 * B2) + 1))$$

Tableau 15: Les formules des indices spectraux utilisées

Indices	Formule	Référence
Normalized Difference vegetation Index (NDVI)	$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$	(Rouse et al., 1974 ; Tucker, 1979)
Normalized Différence Water Index (NDWI)	$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$	(Gao, 1989)
Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	$SAVI = (NIR - R) / (NIR + R + L) (1 + L)$	(Huete, 1988)
Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)	$ARVI = (NIR - RB) / (NIR + RB), RB = R - c (B - R)$	(Kaufman et Tanre, 1992).
Enhanced Vegetation Index (EVI)	$EVI = 2.56 ((NIR - R) / (NIR + 6R + 7.5B + 1))$	(Huete et al., 2002)
Normalized Difference Moisture Index (NDMI)	$NDMI = NIR - SWIR 1 / NIR + SWIR 1$	(Wilson, 2002)



***Chapitre IV :
Résultats &
discussion***

Chapitre IV : Résultats et discussion

A travers ce chapitre nous allons présenter les résultats obtenus au cours de notre étude. Nous mettons l'accent sur :

- Les indices de végétation
- Traitements statistiques
- Traitements géo-spatiaux (bands combination & Pansharpening) des images satellitaires.
- Classification non-supervisée

I.1 Présentation et interprétation des résultats de l'analyse des indices spectraux des images satellitaires Landsat_8 OLI (2013-2020)**I .1.1 ARVI :**

Les résultats obtenus au cours de notre étude par le biais de l'analyse des indices sous le logiciel *ArcGIS* de différentes images satellitaires (2013 et 2020), nous ont révélé que les valeurs d'ARVI₂₀₁₃ (Figure 11) sont comprises entre [-0.052 ,0.47]. Cependant les valeurs d'ARVI₂₀₂₀ (Figure 12) sont comprises entre [-0.057 ,0.47].

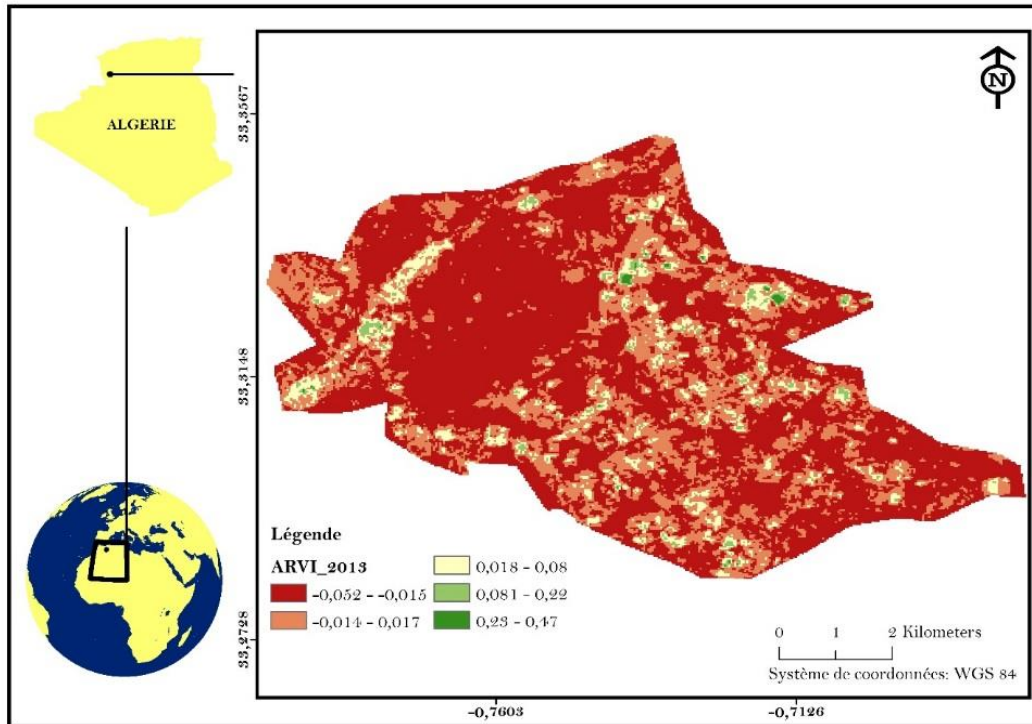


Figure 11: Carte de l'indice d'ARVI₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil

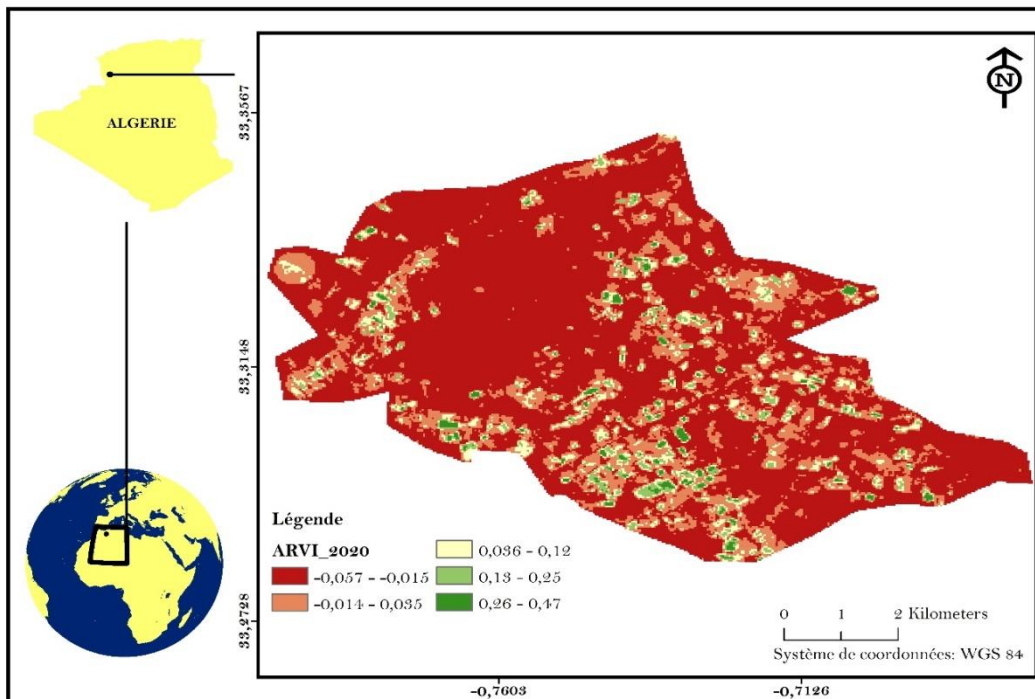


Figure 12: Carte de l'indice d'ARVI₂₀₂₀ d'Ain Ben Khelil

Tableau 16 : Les résultats du traitement statistique

	ARVI	SAVI	NDMI	NDVI	NDWI	EVI
Mean ± SEM of 2013	0,06711 ± 0,0131	0,3102 ± 0,02125	0,0147 ± 0,01346	0,2068 ± 0,01417	-0,2925 ± 0,008774	0,2308 ± 0,01549
Mean ± SEM of 2020	0,2884 ± 0,02146	0,2884 ± 0,02146	0,001476 ± 0,01326	0,1922 ± 0,01431	-0,2816 ± 0,008279	0,2871 ± 0,02204
Difference between means	0,2213 ± 0,02514	-0,02185 ± 0,0302	-0,01322 ± 0,0189	-0,01458 ± 0,02013	0,01097 ± 0,01206	0,05628 ± 0,02694
R²	0,4364	0,005207	0,004872	0,005215	0,008197	0,04181
<i>P-value</i>	<0,0001	0,4711	0,4858	0,4707	0,3655	0,0393
Significantly different (P < 0.05)?	Yes	No	No	No	No	Yes

Avec : n= 51, 95%, d'intervalle de confiance, *P-value* : 5%

Les traitements statistiques réalisés (Tableau 16) représentent le *Test_Student* qui nous permet de comparer deux moyennes de l'indice de végétation pour s'assurer de la signification statistique. Par ailleurs, notons bien que les rendus cartographiques sont souvent difficiles à interpréter. Les traitements statistiques sont utilisés pour leur fiabilité et précision. À travers la (Figure 13) nous constatons que le traitement statistique met en relief la différence significative entre l'indice $ARVI_{2013}$ et $ARVI_{2020}$ ($P\text{-value} < 0.0001$). Ces résultats reflètent une augmentation significative des parcelles cultivées.

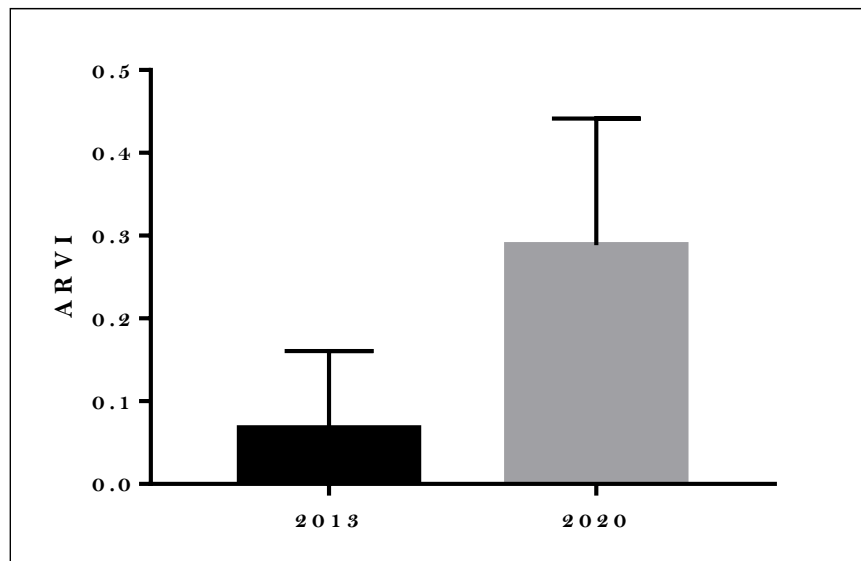


Figure 13 : Histogramme qui représente la différence entre $ARVI_{2013}$ & $ARVI_{2020}$

I.1.2 EVI:

Pour atteindre nos objectifs nous avons utilisé l'indice EVI dans le but d'éliminer les effets atmosphériques et du terrain.

Il ressort que les valeurs de EVI_{2013} (Figure 14) oscillent entre [0.027, 0.77]. Par ailleurs, les valeurs de EVI_{2020} (Figure 15) de l'ordre [0.022, 0.99]. Cet indice fait ressortir en premier lieu la densité de la végétation. Nous constatons une augmentation des valeurs en 2020 ce qui explique une nette augmentation des parcelles cultivées. Ce constat est appuyé par les résultats de la (Figure 16).

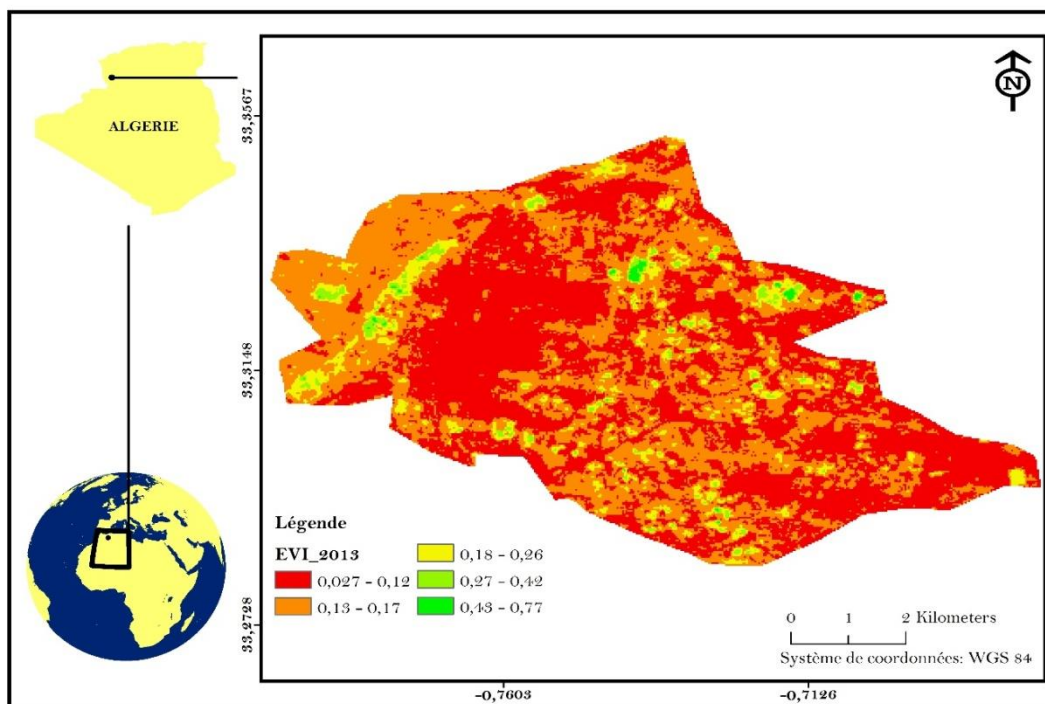


Figure 14 : Carte de l'indice d'EVI₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil

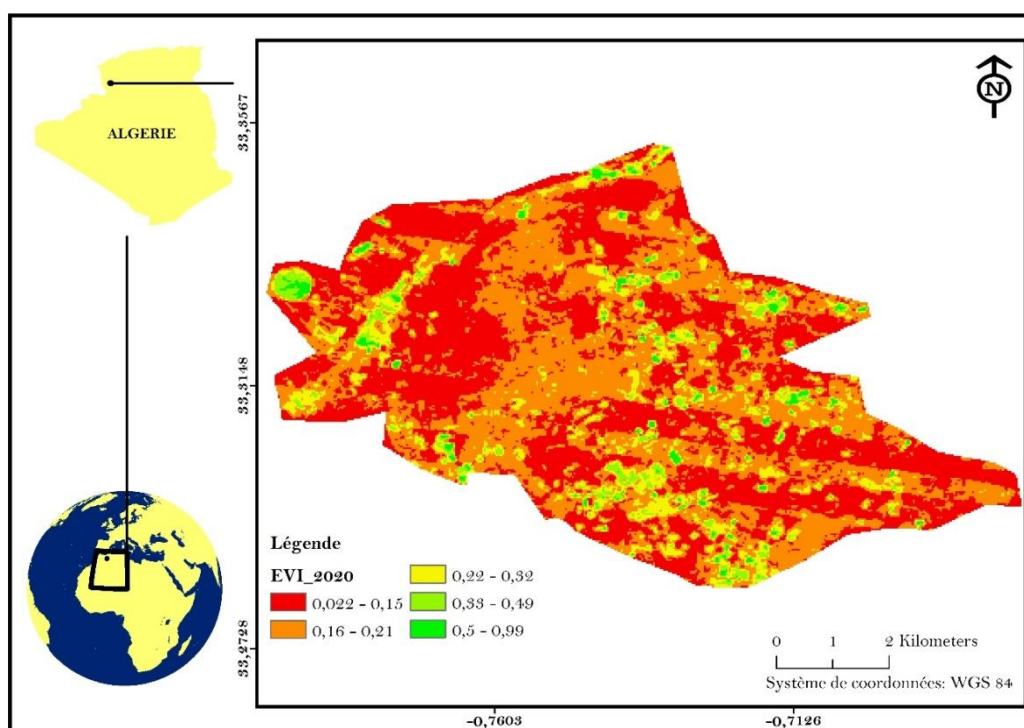


Figure 15: Carte de l'indice d'EVI₂₀₂₀ d'Ain Ben Khelil

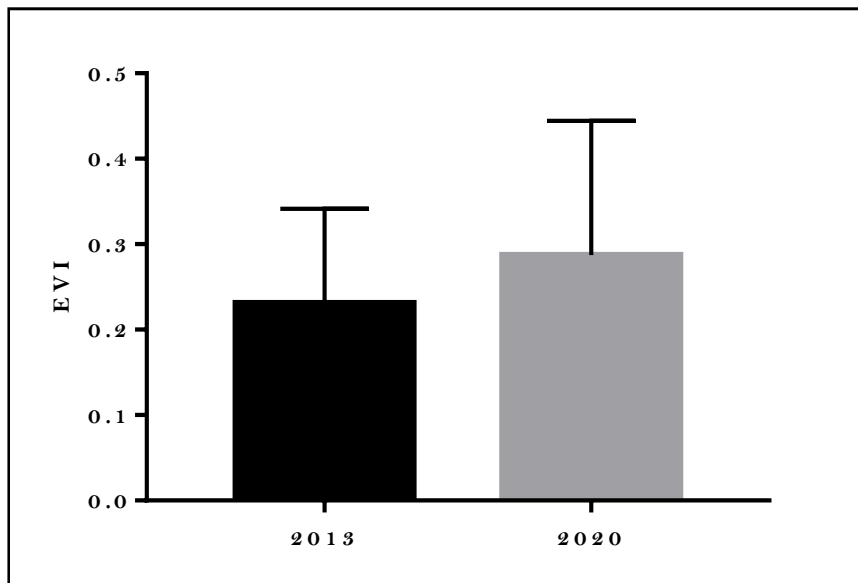


Figure 16: Histogramme qui représente la différence entre EVI_{2013} & EVI_{2020}

I.1.3 NDVI :

D'après la (Figure 17) les valeurs de $NDVI_{2013}$ sont comprises entre $[-0.055, 0.62]$. Nous remarquons que les valeurs enregistrées pour 2020 (Figure 18) oscillent entre $[0.036, 0.63]$. Il ressort de l'analyse de la carte $NDVI_{2020}$ une augmentation du couvert végétal dans la classe $[0.42, 0.63]$ qui correspond sur le terrain à une végétation dense. Ces résultats sont confortés par le graphe (Figure 19).

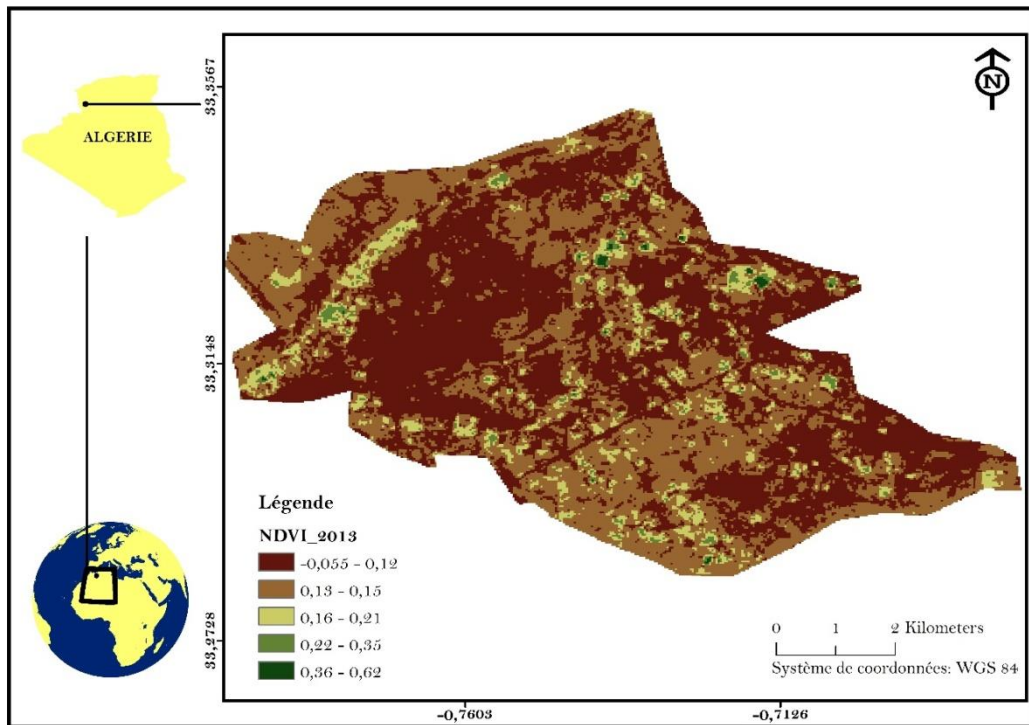


Figure 17: Carte de l'indice de NDVI_2013 d'Ain Ben Khelil

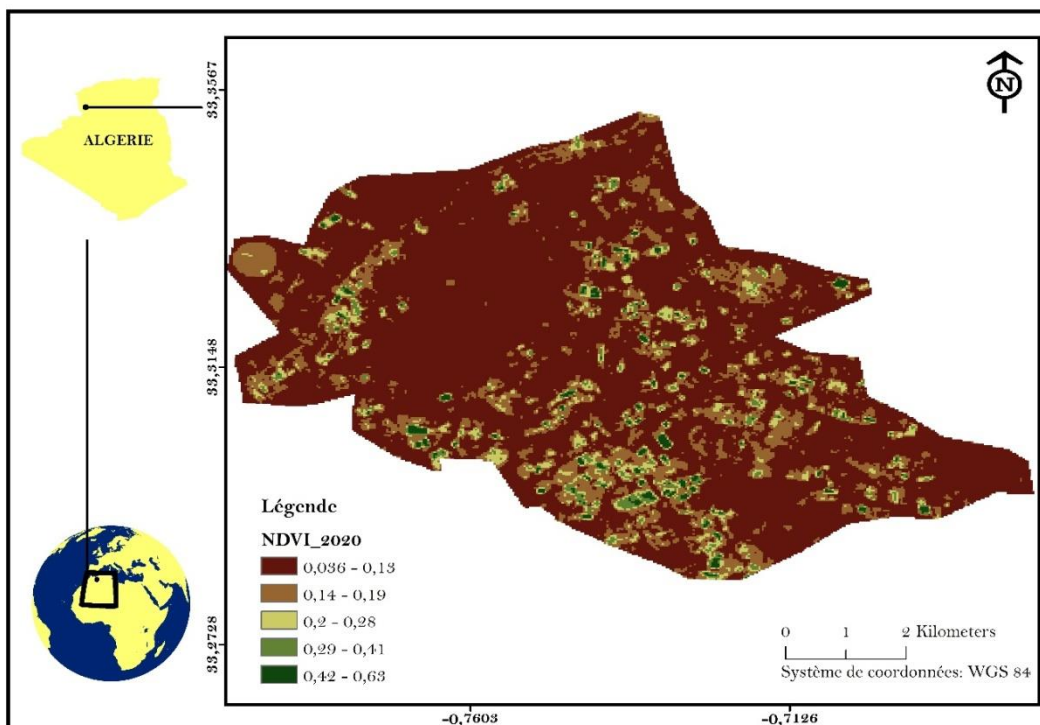


Figure 18: Carte de l'indice de NDVI₂₀₂₀ d'Ain Ben Khelil

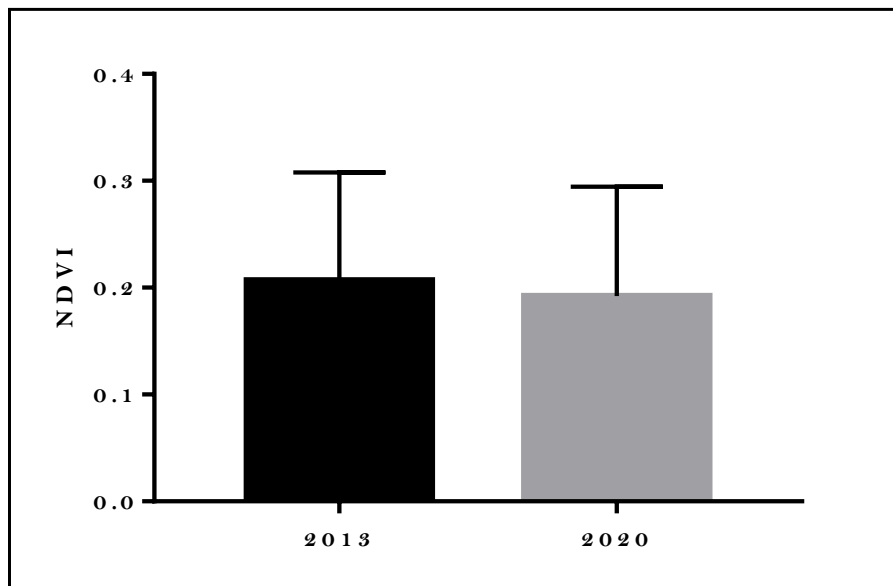


Figure 19 : Histogramme qui représente la différence entre $NDVI_{2013}$ & $NDVI_{2020}$

I.1.4 SAVI:

Les résultats de l'indice de végétation du sol modifié ont montré que les valeurs de $SAVI_{2013}$ (Figure 20) se situaient entre $[-0.082, 0.94]$. Cependant, les valeurs extraites de $SAVI_{2020}$ (Figure 21) étaient comprises dans l'intervalle $[0.053, 0.94]$. L'utilisation de cet indice a mis en exergue une différence mitigée sur le plan cartographique. Le traitement statistique n'a montré aucune différence significative entre $SAVI_{2013}$ et $SAVI_{2020}$ (Tableau 16).

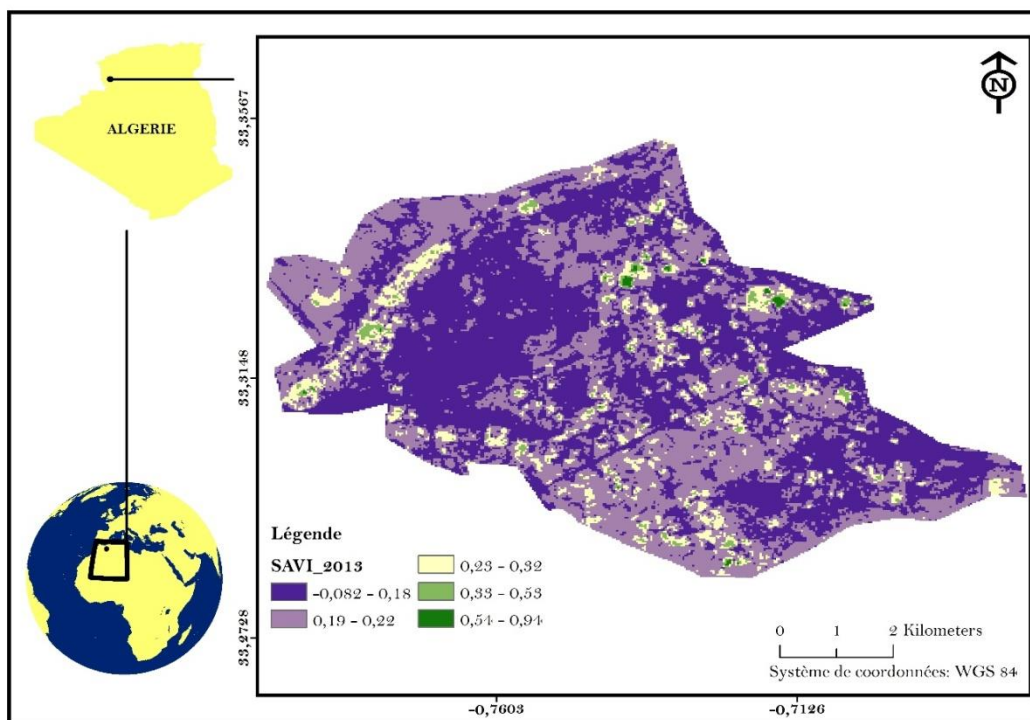


Figure 20 : Carte de l'indice de SAVI2013 d'Ain Ben Khelil

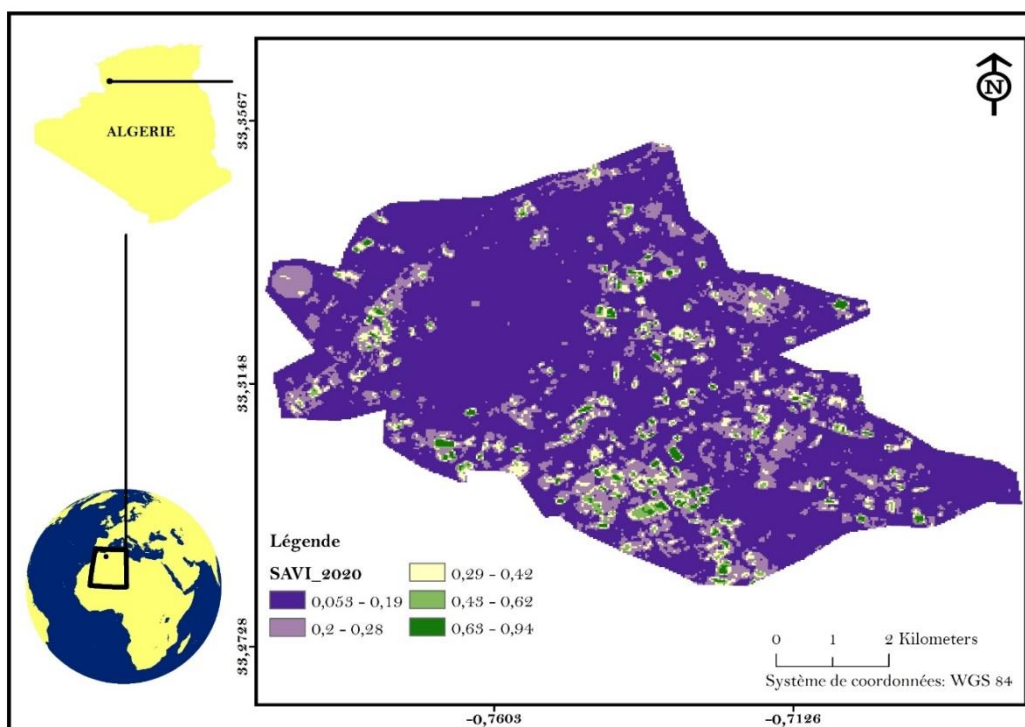


Figure 21: Carte de l'indice de SAVI2020 d'Ain Ben Khelil

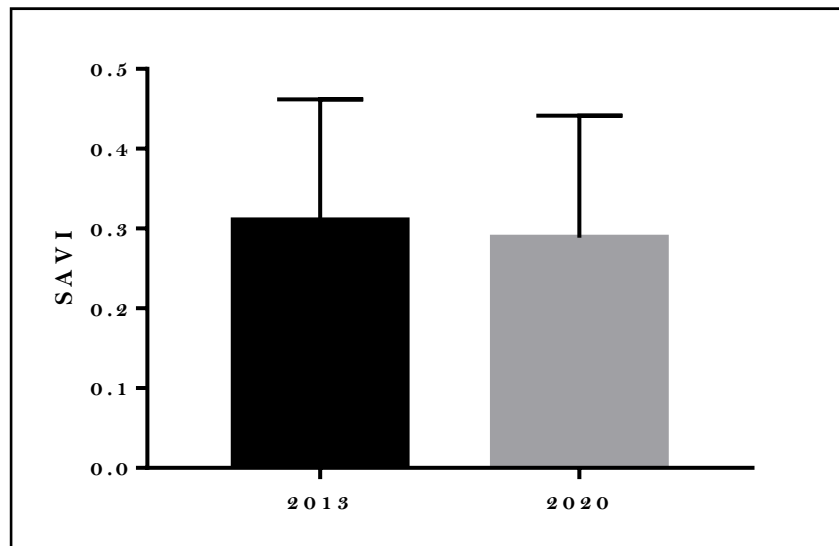


Figure 22 : Histogramme qui représente la différence entre SAVI₂₀₁₃& SAVI₂₀₂₀

I.1.5 NDWI :

L'interprétation de l'indice NDWI est utilisée pour déterminer la présence d'humidité dans la région étudiée. Il ressort que les valeurs extraites du NDWI₂₀₁₃ (Figure 23) se situent entre [-0.57, 0.063]. Alors que NDWI₂₀₂₀ (Figure 24), ses valeurs varient entre [-0.57, -0.069]. Suite à l'analyse du (Tableau 16) et de la (Figure 25) nous constatons que le déficit hydrique enregistré en 2013 est plus au moins supérieur à celui de 2020. Pourtant les valeurs du NDWI extraites de la carte de 2020 sont inférieures à celles de 2013. L'analyse statistique confirme nos propos (Figure 25).

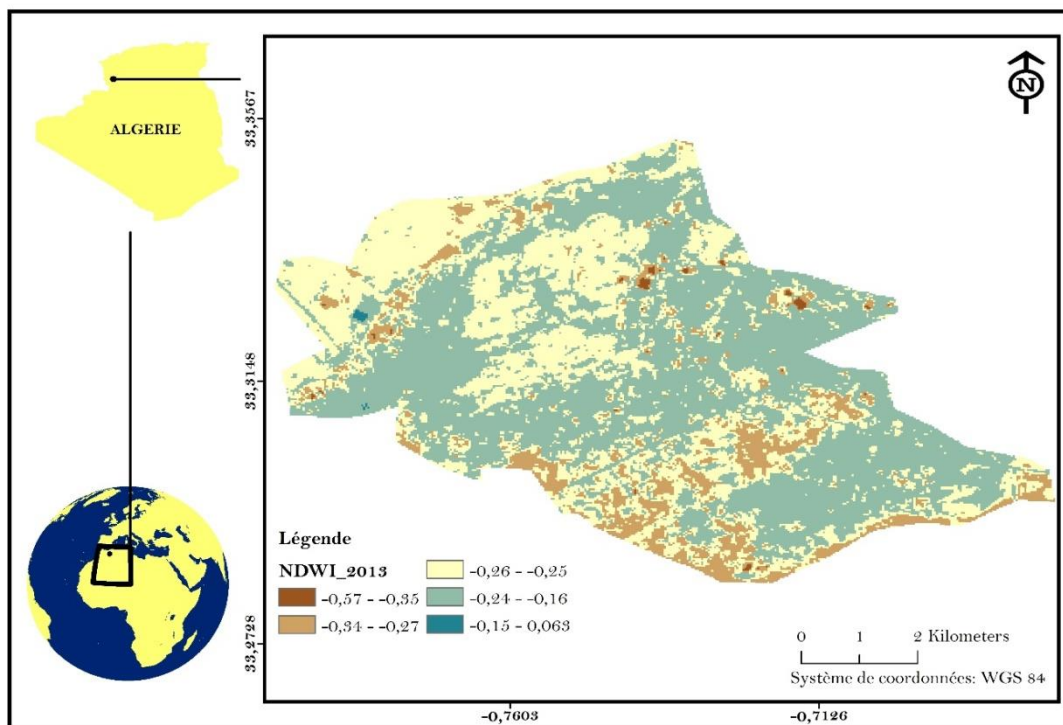


Figure 23: Carte de l'indice de NDWI₂₀₁₃ d'Ain Ben Khelil

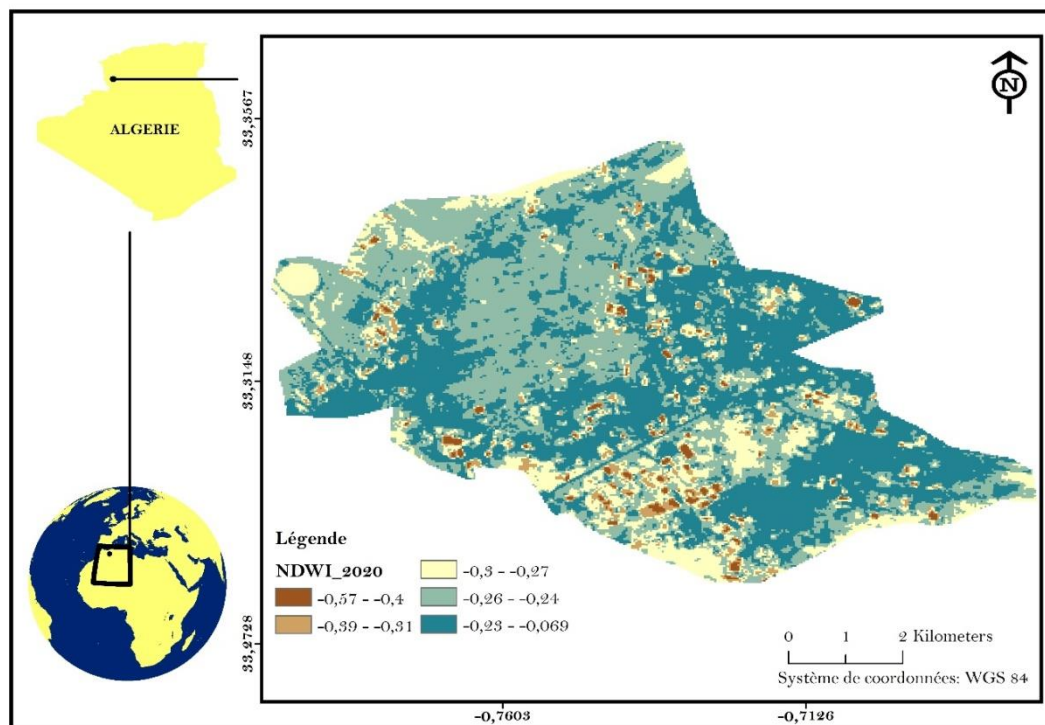


Figure 24: Carte de l'indice de NDWI₂₀₂₀ d'Ain Ben Khelil

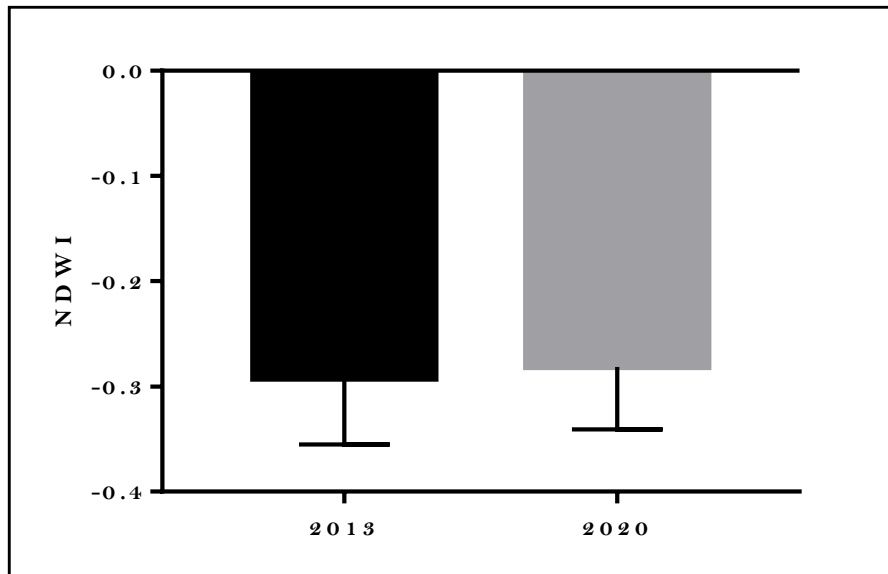


Figure 25: Histogramme qui représente la différence entre NDWI₂₀₁₃ & NDWI₂₀₂₀

I.1.6 NDMI:

Les résultats obtenus grâce à l'application de l'indice NDMI (2013-2020) ont montré d'une part que les valeurs NDMI₂₀₁₃ (Figure 26) sont comprises entre [-0.18, 0.43]. D'autre part, les valeurs du NDMI₂₀₂₀ (Figure 27) oscillent entre [-0.18, 0.45]. Sur la base des traitements statistiques réalisés sous le logiciel *GraphPad -Prism*, nous avons constaté que la différence entre NDMI₂₀₁₃ et NDMI₂₀₂₀ est non-significative (Figure 28).

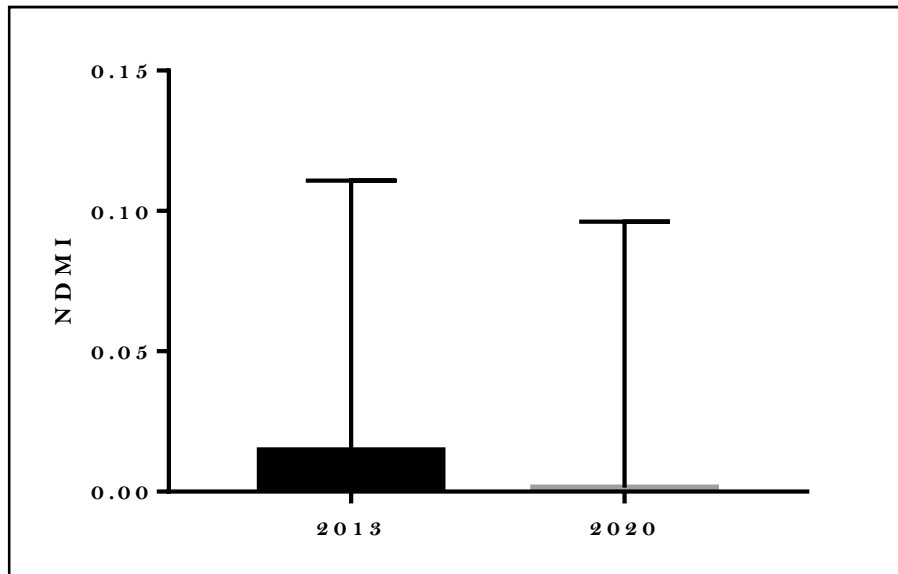


Figure 28 : Histogramme qui représente la différence entre $NDMI_{2013}$ & $NDMI_{2020}$

I.2 Elaboration des cartes d'occupation du sol: Classification non-supervisées:

Dans cette phase finale de notre étude nous avons procédé aux traitements de l'imagerie satellitaire (2013 & 2020) sous *ArcGIS (ver.10.3)* par le biais de l'application d'un "Bands combination" (Figures 29 & 30). Cette dernière consiste à utiliser les bandes: 6(SWIR-1), 5(Proche Infrarouge) et 2(Bleu).Ce traitement est couramment utilisé pour la surveillance des cultures en raison de l'utilisation des ondes courtes et du proche infrarouge. La végétation saine apparaît verte foncé. Mais la terre nue a une couleur rouge.

Pour parvenir aux cartes d'occupation du sol, nous avons utilisé la technique dite : Classification non-supervisée (*Unsupervised Classification*) basée sur l'intelligence artificielle. Nous rappelons que pour les fins de notre étude nous avons utilisé 2 images satellitaires à différentes dates à savoir en 2013 et 2020. Les résultats de cette phase nous permettent d'identifier et d'évaluer l'évolution spatio-temporelle du paysage étudié.

Les résultats de la classification non-supervisée mettent en évidence les changements qui se sont opérés de 2013 à 2020 au niveau de la localité d'Ain Ben Khelil. La figure (31) représente la carte d'occupation de sol en 2013. Le logiciel *ArcGIS* permet de calculer les caractéristiques géométriques des objets (superficie, périmètre...). D'après nos calculs nous avons enregistré 438,14 hectares de parcelles cultivées. Par ailleurs pour l'année 2020, nos traitements font ressortir un nombre important des parcelles cultivées, il s'agit de 1167,93 hectares. Nous distinguons une augmentation de 729,79 hectares en sept années.

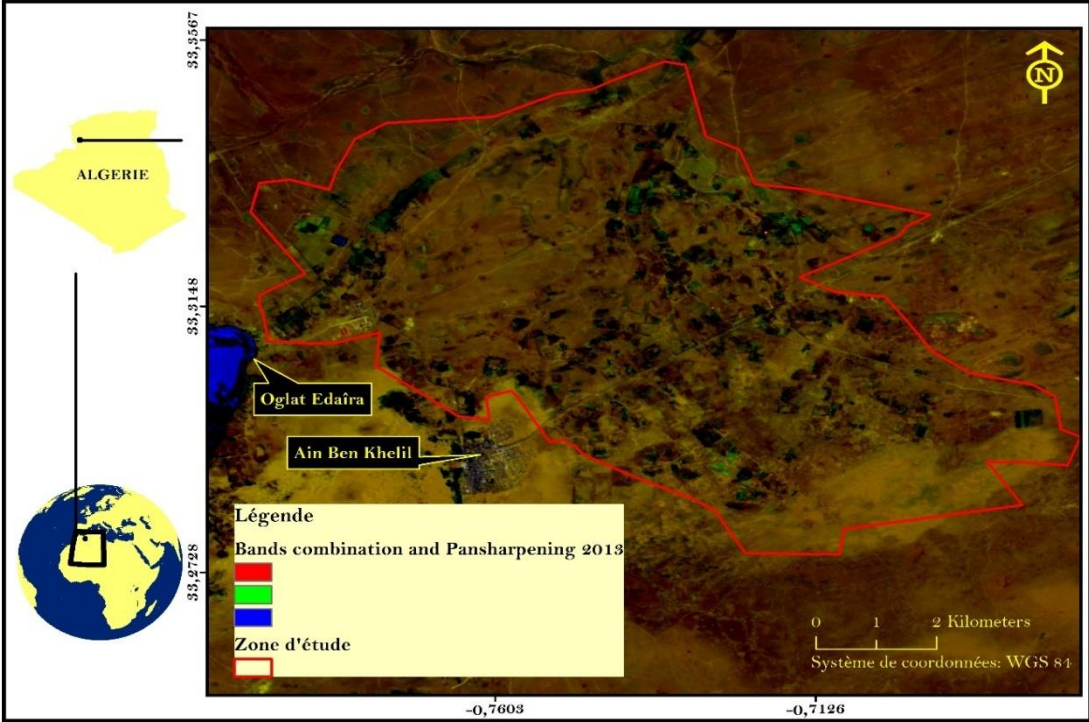


Figure 29: Bands combination & Pansharpening 2013

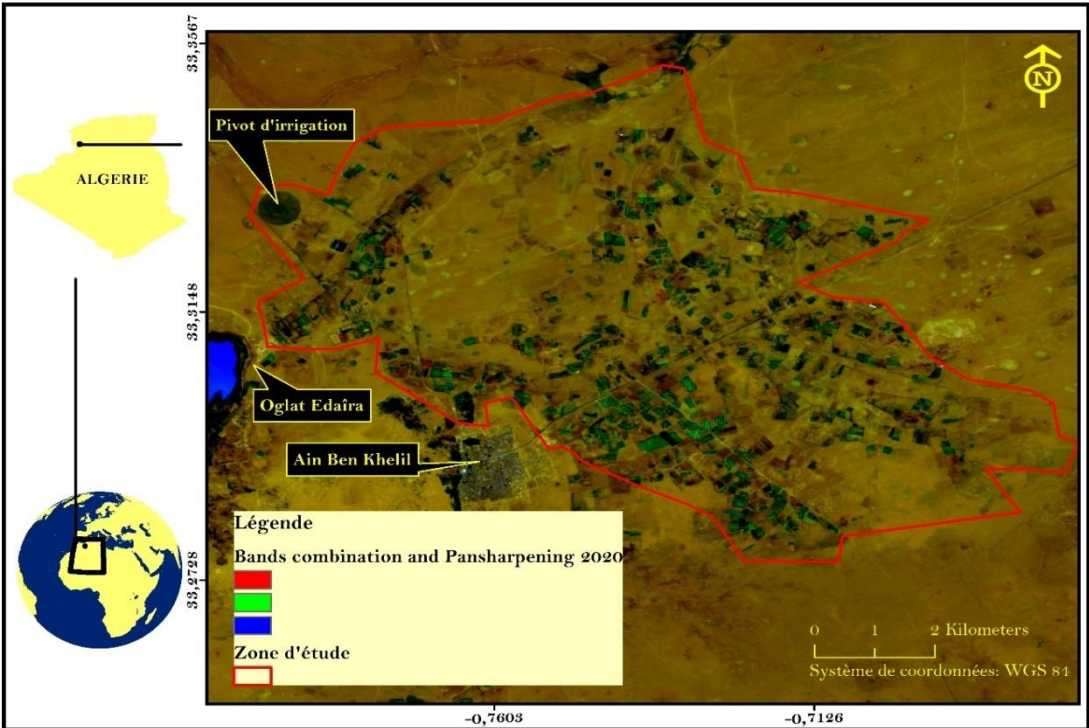


Figure 30: Bands combination & Pansharpening 2020

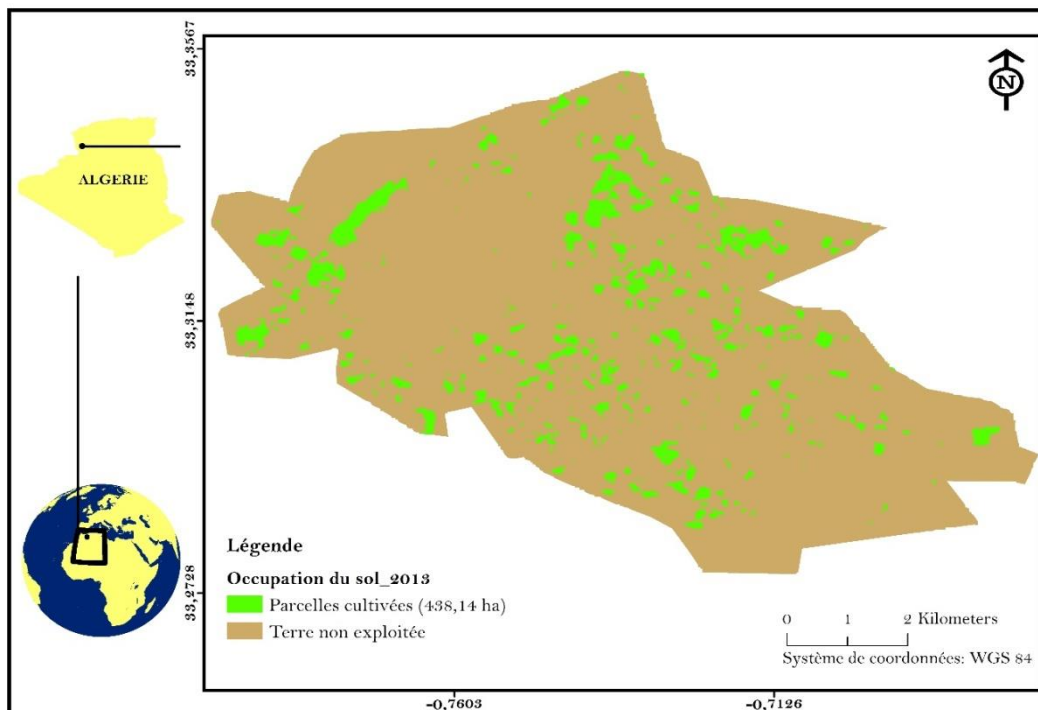


Figure 31 : Carte de l'occupation du sol 2013

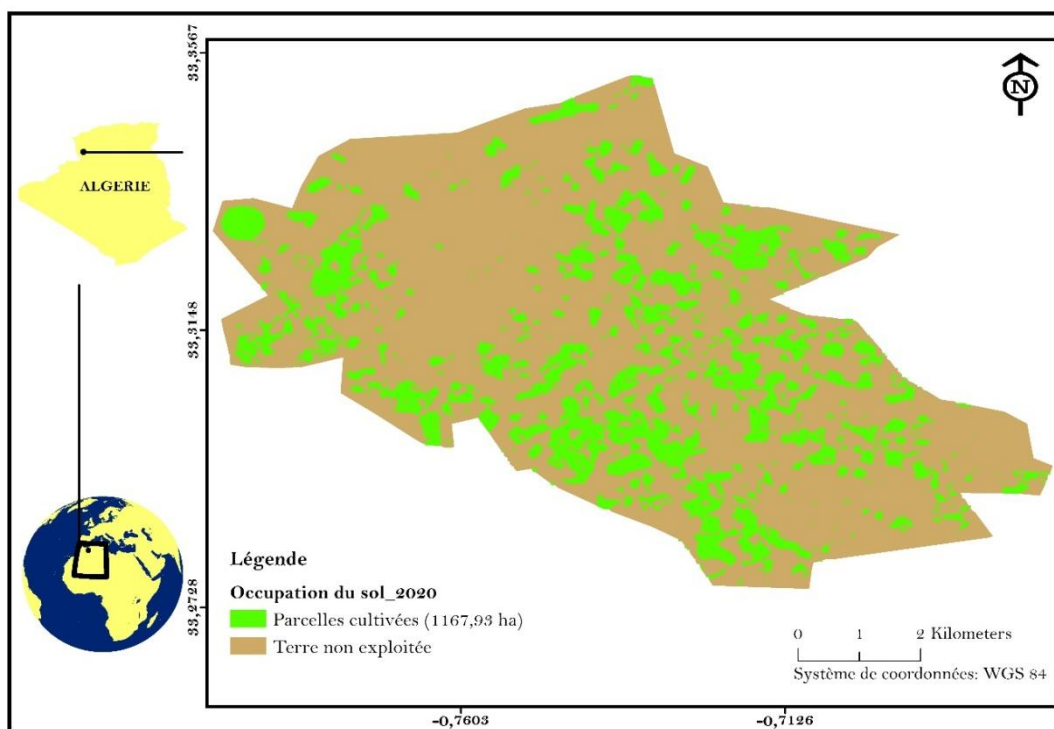


Figure 32: Carte de l'occupation du sol 2020



Conclusion générale

Le présent tapuscrit est intitulé '*Suivi de l'évolution (2013 – 2020) des superficies des terres agricoles dans la commune d'Ain Ben Khelil (Wilaya de Naâma) par télédétection*' a pour objectif d'apporter des éléments de réponse aux décideurs et aux collectivités locales. Quant à l'objectif général de ce mémoire vise à améliorer la production des cartes d'occupation des sols à partir de nouvelles séries temporelles d'images satellitaires comme celles fournies par les capteurs Landsat_8 OLI

Force est de constater que la télédétection est un outil indispensable pour inventorier, de surveiller, de gérer les ressources naturelles et permet d'établir des scénarios d'aménagement. La télédétection permet de minimiser les coûts et d'élargir l'étendue spatio-temporelle par rapport aux moyens classiques et conventionnels.

Les indices spectraux utilisés réduisent l'information spectrale contenue dans certaines gammes de longueur d'onde à une valeur unique qui représente une propriété ou une caractéristique particulière de la végétation.

La plupart des indices combinent deux caractéristiques de la végétation : sa réflectance élevée dans le proche infrarouge (causée par la réfraction du rayonnement au niveau de la structure cellulaire des feuilles) et sa faible réflectance dans le rouge (causée par l'absorption chlorophyllienne) nous avons pu extraire le thème « végétation », les conclusions exprimées ci-dessus (*Chapitre : Résultats & discussion*) sont tirées d'un ensemble de données de capteurs et des traitements statistiques de la zone d'étude. L'utilisation de la télédétection et des SIG permet d'avoir des informations précises relatives à l'évolution des superficies des terres affectées (cultivées). L'ensemble des données recueillies à partir de différentes sources ont été introduites dans un système d'information géographique (*ArcGIS : ver 10.3*). Ce système d'information géographique va permettre un accès aisé à l'information et une gestion simplifiée des données (Base de données).

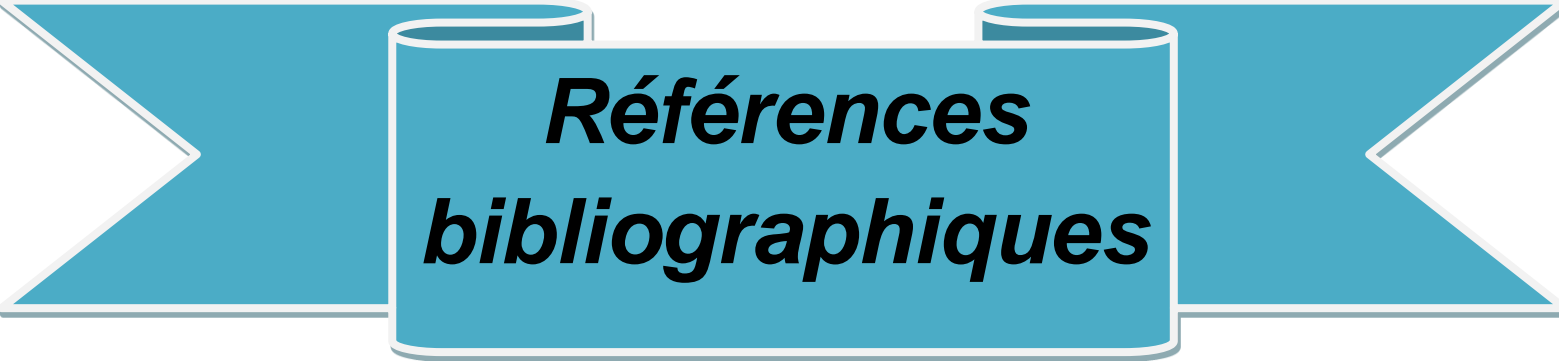
Les résultats obtenus des indices (NDVI, EVI, NDMI, ARVI, SAVI et NDWI) des années 2013 et 2020 présentent certaines similarités. Néanmoins, comme le montrent les résultats des traitements statistiques des différences significatives sont enregistrées chez les indices EVI et ARVI en d'autres termes : une nette distinction entre les surfaces cultivées.

L'analyse des données satellitaires ont montré une augmentation des terres agricoles dans la zone d'Ain Ben Khelil. Le traitement des images datées de 2013 et 2020 a permis d'identifier les terres cultivées (parcelles) et leur évolution spatio-temporelle. Grâce à l'utilisation du logiciel *ArcGIS* nous avons élaboré des cartes d'occupation du sol qui ont servi au calcul des superficies. Nous avons enregistré 438,14 hectares pour 2013 et 1167,93 hectares en 2020. En d'autres termes il s'agit d'une augmentation de 729,79 hectares.

Au terme de cette étude nous pouvons conclure que l'utilisation de l'imagerie satellitaire couplée à la géomatique est un moyen indispensable et incontournable dans la planification et la gestion du foncier agricole. Nous avons souhaité que les résultats de ce travail soient vérifiables sur terrain pour glaner d'amples informations et renseignements. Malheureusement les conditions actuelles qui nous entourent (*pandémie du Corona*) nous ont empêchés pour nous y rendre à la localité d'Ain Ben Khelil.

Nous recommandons et proposons les points suivants :

1. Validation des données obtenues au cours de cette étude avec les données terrain.
2. Identification des types de cultures et leur intégration dans la carte d'occupation du sol.
3. Recoupement des données d'archives avec nos données.



***Références
bibliographiques***

Références bibliographiques

1. **Abdelbaki A. (2012)**. Utilisation des SIG et télédétection dans l'étude de la dynamique du couvert végétal dans le sous bassin versant d'oued Bouguedfine (Wilaya de Chlef). Université Hassiba Ben Bouali chef : pp 110.
2. **Amara M. (2010)**. Diagnostic phytoécologique d'une zone humide en milieu steppique cas « Oglat Ed दौरa », commune Ain Ben Khelil .W de Naâma. Mém. Mag. Foresterie. Univ. Tlemcen : pp 142.
3. **Asrar, G. Fuchs, M., Kanemasu, E.T. and Hatfield, J.L., (1984)**. Estimation absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat. *Agronomy Journal* 76 : 300-306.
4. **Banque mondiale. (2014)**. Données par pays. Rendements des céréales (Kg/hectare).
5. **Baret F. (1999)**. Potentiel de la télédétection pour l'agriculture de précision. Conférence débat organisée par l'INRA, le Cemagref et l'ITCF au Salon International du Machinisme Agricole, Avignon, France : pp 8-11
6. **Bensaid 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, Univ. De Grenoble 1, France : pp 318.
7. **Bessaoud O., (2006)**. La stratégie de développement rural en Algérie. In : Chassany J.P. (ed.), Pellissier J.P. (ed.). Politiques de développement rural durable en Méditerranée dans le cadre de la politique de voisinage de l'Union Européenne. Montpellier : CIHEAM : pp. 79-89 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 71)
8. **Bessaoud O., Moutaigne E., (2009)**. Quelles réponses au mal développement agricole ? Analyse des politiques agricoles et rurales passées et présentes. In : Abis S. (coord.), Blanc P. (coord.), Lerin F. (coord.), Mezouaghi M. (coord.). Perspectives des politiques agricoles en Afrique du Nord. Paris : CIHEAM. (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches ; n. 64).
9. **Bouanani W., Benyahia F.Z., (2015)**. Simulation spation-temporelle par imagerie landsat_8: Cas de la grande sebkha d'oran. Centre Universitaire Belhejd Bouchaib Ain Temouchent : pp 101
10. **Bouzenoune A. (2002)**. Etude portant projet de classement du site d'oglat Ed दौरa en aire protégée. Wilaya de Naâma, 100 p.
11. **Bouzenoune A. (2003)**. Etude portant projet de classement du site de Oglat Ed दौरa en aire protégée, N: ALG/00/G35/A/1G/99.

Références bibliographiques

12. **Chabaca M. (2004).** L'irrigation gravitaire par micro-raie en Algérie. Propositions pour une amélioration de la pratique ou une modernisation de la technique. Quelles alternatives Ali Hammani, Marcel Kuper, AbdelhafidDebbarih. Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée, Rabat, Morocco. IAV Hassan II : pp 17.
13. **CNESA. (1999).** Rapport sur la problématique de développement agricole en Algérie, élément pour un débat national, 14^{ème} session plénière, novembre 1999 : p 46.
14. **Cornet A. (2004).** Le suivi de la désertification en Afrique. Séance de l'Académie d'agriculture de France du 12 mai 2004, « Surveillance écologique des zones circum-sahariennes », Paris, France. CR AcadAgric, Fr : pp 90.
15. **D.S.A., (2011).** Direction des services agricole. Statistiques agricoles de la wilaya de Naâma.
16. **Darabid Dj.,Boucekara M .K., (2013).**Extraction des différents indices de végétation à partir des images satellitaires. Université Abou BakrBelkaid, Tlemcen : pp58
17. **De Martonne E. (1926).** Une nouvelle fonction climatologique indice d'aridité la météo : pp 449-459.
18. **Debrach J. (1953).** Note sur les climats du Maroc occidental. Maroc médical : pp 32
19. **Deshayes M., Maurel P., (1990).** L'image spatiale et son contenu. Options méditerranéennes. Série A, n° 4, pp.11-20.
20. **Djebaili S. (1984).** Steppe Algérienne phytosociologie et écologie. Alger, office des publications universitaires : pp 178.
21. **DPAT. (2012).** Monographie de la wilaya de Naâma. Direction de la programmation et du suivi budgétaire de la wilaya Naâma : pp 159
22. **Duminil T. (2007).** Exploitation de données de télédétection en vue d'étudier la mise en place de l'écotourisme dans la région d'Andavadoaka (Madagascar). Rapport de stage deuxième année SUPAGRO, Montpellier.
23. **Emberger L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Lab. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier : pp 3-43.
24. **Emran A. (2005).** Données Landsat mises à disposition pour le Développement Durable en Afrique. Institut Scientifique UMVA Rabat.
25. **Ennebati M. (2016).** Potentialités hydrologiques de l'écosystème steppique de Tlemcen et intégration des données dans un système à référence spatiale, université Aboubakr

Références bibliographiques

- Belkaïd – Tlemcen faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers département d'écologie et environnement, diplôme de Magister, en gestion intégrée des écosystèmes : pp77-78
26. **FAO. (2013).** Produits de base par pays. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
 27. **Gao, B.C. (1995).** Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. In *Imaging Spectrometry (Vol. 2480)*. International Society for Optics and Photonics: pp. 225-237.
 28. **Gaouar A., Benkheira A., Moreau S., Benziene A., Boudjadja A., Kaabeche M., Moali A., Sellami D., (2005).** Plan de Gestion Oglet Ed Daira. Projet DGF/GEF/PNUD ALG/00/G35/2005
 29. **Girard M.C. (1999).** Traitement des données de télédétection. Contribution de la télédétection pour l'analyse.
 30. **Guerine, L., Belgourari, M., Guerini, H. (2020).** Cartography and Diachronic Study of the NaamaSabkha (Southwestern Algeria) Remotely Sensed Vegetation Index and Soil Properties. *Journal of Rangeland Science*, 10(2), 172-187.
 31. **Guyot, G., (1990).** Optical properties of vegetation canopies, *Applications of Remote Sensing in Agriculture*. Butterworths, London : pp.427.
 32. **Haddouche D. (2009).** Cartographie quantitative et gestion des parcours steppiques dans la région de Naâma (Algérie).
 33. **Halilat M., (2004).** Irrigation/Fertigation Status in Algeria. IPI regional workshop on Potassium and Fertigation development in West Asia and North Africa; Rabat, Morocco, 24-28 November 2004: pp 1-16.
 34. **Herbert J. Kramer. (2002).** Observation de la Terre et de son environnement : Enquête sur les missions et capteurs.
 35. **Hervieu B., Capone R., et Abis S., (2006).** Mutations et Défis pour l'agriculture au Maghreb. Les notes d'analyse du ciheam, n. 16, octobre 2006 : pp 21.
 36. **Huete, A.R. (1988).** A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3): pp 295- 309.
 37. **Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., Ferreira, L. G. (2002).** Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remotesensing of environment*, 83(1-2) : pp 195-213..
 38. **INRAA. (2006).** Rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Juin 2006 : pp 67.

Références bibliographiques

39. **ITAFVA. (2003).** Evolution des productions arboricoles et viticoles en Algérie.
40. **Jackson T. J., Chen D., Cosh M., Li, F., Anderson M., Walthall C., Hunt, E. R. (2004).** Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. *Remote Sensing of Environment*, 92(4) : pp 475-482.
41. **Jensen J. (2007).** *Remote Sensing of the Environment*, Pearson Prentice Hall.
42. **Leg G. (1992)** .Remote sensing and geographic information systems.Geological mapping, mineral exploration and mining. Ed. Ellis Horwood. England: p 166.
43. **MADR A., (2006).** Rapport sur la situation du secteur agricole en Algérie : pp 77.
44. **Mansour C. (2011).** Contribution à l'étude de la repartition du pistachier de l'atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans la wilaya de Naâma - cas de Gaaloul, Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences De la Terre et de l'Univers Département des Sciences Agronomiques et Forestières, Diplôme d'Ingénieur D'état en foresterie : pp 33-41.
45. **Mekki A. (2016).** Contribution à l'étude écologique de l'arthropodo-faune dans quelques, stations à Retama raetam(fabacées) dans la région de Naâma, Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers département d'écologie et environnement, diplôme de Magister en Ecologie Animale : pp 138.
46. **Merouane B. (2014).** Quelques aspects liés à la désertification dans la steppe de sud de Tlemcen, université Abou Bekr Belkaïd –Tlemcen faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers. Mémoire, En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Ecologie Végétale et Environnement : pp 44
47. **Moran M.S., T.R., Clarke, Y., Inoue and A., Vidal., (1994).** Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index, *Remote Sensing of Environment*, 49: pp 246-263.
- Moussaceb N., Tighzer T. (2017).** Impact du secteur agricole sur la croissance économique en Algérie, Université Abderrahmane Mira - Bejaia Faculté des sciences économiques, commerciales et des sciences de gestion Département des sciences économiques .diplôme de Master en sciences économiques : pp 120

Références bibliographiques

48. **Narimene M.I. (2012).** Utilisation de la télédétection pour la cartographie géologique du Massif des Eglab et de sa bordure sédimentaire (Sud- Ouest algérien).
49. **Narindra R. (2014).** Estimation de la température de surface terrestre par l'utilisation des bandes infrarouges thermique de Landsat-8 (Doctoral dissertation, université d'Antananarivo).
50. **ONM. (2010).** Office National Météorologique de la Wilaya de Naâma.
51. **Quezel P., Medail F. (2003).** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen, Elsevier, Paris : pp 117.
52. **Remaoun K. (1998).** Approche de l'étude de la mobilité potentielle des sables en zones steppiques et arides de l'ouest et sud algérien : cas de mécheria, ainsefra et adrar. in séminaire. crstra, algérie, adrar : pp 12.
53. **Rouse J.W., Hass R.H. (1973).** Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. Third ERTS Symposium-washington DC: NASA: pp 309-317.
54. **Rouse Jr, J., Haas R.H., Schell J. A., Deering D. W. (1974).** Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS..
55. **Thinthoin K. (1948).** Elément d'écologie : Ecologie fondamentale .Edit. Mac .Graw-Hill, Paris : pp 197.
56. **Tucker C. J. (1979).** Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote sensing of Environment, 8(2) : pp 127-150.
57. **Tucker, C.J., Vanpraïet, C.L., Sharman, M.J. and Yvanittersum, G. (1985).** Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the Senegalese Sahel. International Journal of Remote Sensing., 17: 233-249.
58. **USGS. (2013).** Landsat _ A Global Land-Imaging Mission <http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3072/>.
59. **Wilson E., Sader S. (2002).** Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery .Remote Sens. Environ. 80 : pp 385-396.
60. **Zair M. (2011).** Bilan écologique et socio-économique des reboisements dans la wilaya de Naâma et perspectives d'avenir, Mag.Uni. Tlemcen : pp 117-120.

