

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de la Terre et de l'Univers

Département Des Ressources Forestières

Laboratoire de recherche n°31

Gestion conservatoire de l'eau, des sols et des forêts et développement durable de zones montagneuses de la région de Tlemcen



THESE

Présentée pour l'obtention du **grade de DOCTORAT SCIENCES**

En : Foresterie

Par : TOUNKOB ABDELMALEK

Sujet

**L'ECOSYSTEME STEPPIQUE DANS LE SUD-ORANAIS : ANALYSE DES
ACTIONS, MUTATIONS SPATIALES ET STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT
DURABLE**

Soutenue publiquement, le 21/11/2024, devant le jury composé de :

BOUHRAOUA Rachid Tarek (Prof)

HADDOUCHE Driss (Prof)

HAMIMED Abderrahmane (Prof)

BENABDELLAH Mohammed Ali (Prof)

TALBI Okacha (MCA)

BENTEKHICI Nedjla (MCA)

Président

Directeur de thèse

Examineur

Examineur

Examineur

Examinatrice

Université de Tlemcen.

Université de Tlemcen.

Université de Mascara.

Université de Tlemcen.

Université de Saida.

CTS/ASAL, Arzew.

Année universitaire 2024-2025

REMERCIEMENT

Je remercie d'abord ALLAH de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout de mon rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire « yakayoum ».

J'exprime toute ma gratitude à mon directeur de thèse, professeur HADDOUCHE Driss, pour ses précieux conseils, son encadrement, ses critiques constructives, ses qualités humaines et scientifiques, ainsi que son aide durant toute la période de travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner ce travail.

J'adresse également mes remerciements à tous mes enseignants, qui m'ont formé et m'ont permis d'atteindre ce stade dans mes études.

Je tiens aussi à remercier toute personne qui a participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce modeste travail, en particulier Mr ZIGH CHAWKI.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère ;

Mon père, l'école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à m'aider et à me protéger ;

Ma femme, qui m'a supporté avec patience tout au long de ce travail ;

Mes frères et mes sœurs ;

Tous les membres de ma famille qui se reconnaîtront, tantes, oncles, cousins et cousines;

Mes très chers amis ;

Tous ceux qui m'aiment ;

Tous ceux que j'aime.

Abdelmalik

RESUME

Cette étude vise à analyser et à proposer des solutions pour la préservation de l'écosystème steppique dans le Sud-Oranais, en particulier les zones steppiques de la wilaya de Tlemcen, une région située dans le nord-ouest de l'Algérie et caractérisée par ses vastes écosystèmes steppiques et son climat aride à semi-aride. La région fait face à des défis majeurs, notamment la dégradation des terres, la désertification, et la perte de biodiversité, exacerbés par des actions humaines telles que l'agriculture intensive, l'urbanisation croissante et le changement climatique.

L'utilisation d'une étude diachronique basée sur l'analyse des images satellites (2001, 2011 et 2021) a permis de cartographier les changements dans l'occupation des sols au cours des vingt dernières années. Les résultats montrent une diminution significative des superficies de parcours passant de 49 % à 25 % de la superficie totale et une augmentation des zones de sols nus passant de 31 % en 2001 à 59 % en 2021, indiquant une dégradation sévère de l'écosystème steppique.

La croissance rapide du cheptel, notamment des ovins, a conduit à une surcharge pastorale, de 5 moutons par hectare, aggravant la dégradation du couvert végétal et rendant les pâturages incapables de supporter la pression actuelle. Selon des études, la capacité de charge de la steppe algérienne a fortement diminué, accentuant les problèmes d'érosion et de perte de fertilité des sols.

Pour remédier à cette situation, il est crucial de mettre en place des pratiques agricoles et pastorales durables. Cela inclut la rotation des pâturages, la délimitation des zones de pâturage, et l'adoption de techniques de conservation des sols et la création de barrières végétales. La sensibilisation des communautés locales et l'intégration de leurs connaissances traditionnelles sont également essentielles pour assurer la durabilité de l'écosystème steppique.

Les nouvelles technologies, comme la télédétection, jouent un rôle clé dans la surveillance et la gestion de la dégradation des terres, offrant des outils précieux pour la prise de décision et la planification des interventions. Les cartes générées grâce à ces technologies fournissent des informations détaillées sur les zones affectées, permettant aux gestionnaires de mettre en œuvre des mesures ciblées pour la restauration et la conservation des terres.

Mots clés : écosystème steppique, Sud-Oranias, Tlemcen, la télédétection, la désertification, étude diachronique, gestion durable.

ABSTRACT

This study aims to analyze and propose solutions for the preservation of the steppe ecosystem in the South-Oranais region, in particular the steppe areas of Tlemcen province, located in the northwest of Algeria and characterized by its vast steppe ecosystems and arid to semi-arid climate. The region faces major challenges, including land degradation, desertification, and biodiversity loss, exacerbated by human actions such as intensive agriculture, increasing urbanization, and climate change.

Using a diachronic study based on the analysis of satellite images (2001, 2011, and 2021), the changes in land use over the past twenty years were mapped. The results show a significant decrease in rangeland areas from 49% to 25% of the total area and an increase in barren land from 31% in 2001 to 59% in 2021, indicating severe degradation of the steppe ecosystem.

The rapid growth of livestock, particularly sheep, has led to overgrazing, with a current rate of 5 sheep per hectare, worsening the degradation of the vegetation cover and making the pastures unable to support the current pressure. Studies indicate that the carrying capacity of the Algerian steppe has significantly decreased, exacerbating issues of erosion and soil fertility loss.

To address this situation, it is crucial to implement sustainable agricultural and pastoral practices. This includes rotating pastures, delineating grazing areas, adopting soil conservation techniques, and creating vegetative barriers. Raising awareness among local communities and integrating their traditional knowledge are also essential to ensure the sustainability of the steppe ecosystem.

New technologies, such as remote sensing, play a key role in monitoring and managing land degradation, providing valuable tools for decision-making and intervention planning. The maps generated through these technologies offer detailed information on affected areas, allowing managers to implement targeted measures for land restoration and conservation.

Keywords: steppe ecosystem, South-Oranais, Tlemcen, remote sensing, desertification, diachronic study, sustainable management.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل واقتراح حلول للحفاظ على النظام البيئي في الجنوب الوهراني، وبالأخص المناطق الواقعة جنوب ولاية تلمسان في شمال غرب الجزائر، والمتميزة بنظمها البيئية السهبية الواسعة ومناخها الجاف وشبه الجاف. حيث تعاني المنطقة من مشاكل عديدة أهمها تدهور الأراضي، التصحر وفقدان التنوع البيولوجي، وهذا بسبب الاستغلال اللاعقلاني للموارد الطبيعية وتغير المناخ.

باستخدام المقارنة المستندة إلى تحليل الصور الفضائية (2001، 2011، و2021)، تم رسم خريطة التغيرات في استخدام الأراضي خلال العشرين سنة الماضية. حيث اظهرت النتائج انخفاضاً كبيراً في مساحات المراعي وصل إلى 25% من إجمالي المساحة وزيادة في الأراضي الجرداء من 31% في عام 2001 إلى 59% في عام 2021، مما يشير إلى التدهور الحاد للنظام البيئي السهبي.

كما أدى النمو السريع في الثروة الحيوانية (خاصة الأغنام) بمعدل 5 أغنام لكل هكتار في الوقت الحالي الى تدهور الغطاء النباتي. حيث أن قدرة تحمل السهوب الجزائرية قد انخفضت بشكل كبير، مما زاد من تفاقم مشكلات التعرية وفقدان خصوبة التربة. ولمعالجة هذه الوضعية، من الضروري الالتزام بالممارسات الزراعية والرعية المستدامة، كالدورات الزراعية، تحديد مناطق الرعي، نشر الوعي بين المجتمعات المحلية واستغلال معرفتهم التقليدية وهذا لضمان تنمية مستدامة.

تلعب التقنيات الجديدة، مثل الاستشعار عن بعد، دوراً رئيسياً في مراقبة وإدارة الموارد الطبيعية، حيث توفر أدوات قيمة لاتخاذ القرارات والتخطيط الفعال. فالخرائط المولدة من خلال هذه التقنيات توفر معلومات مفصلة عن المناطق المتضررة، مما يسمح للمديرين بتنفيذ تدابير مستهدفة لاستعادة وحفظ الأراضي.

الكلمات المفتاحية: النظام البيئي السهبي، الجنوب الوهراني، تلمسان، الاستشعار عن بعد، التصحر، المقارنة الزمنية، الادارة المستدامة.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ACRONYMES	1
LISTE DES FIGURES	2
LISTE DES TABLEAUX	4
INTRODUCTION	5
PARTIE 01 : REVUE DE LITTERATURE	
CHAPITRE I : L'ECOSYSTEME STEPPIQUE EN ALGERIE	7
1- Présentation, historique et caractéristiques	7
1.1 Situation géographique.....	7
1.2 Climat.....	7
1.3 Hydrographie et ressources hydriques.....	9
1.4 Aspects géologiques et pédologiques.....	10
1.5 Ressources végétales	12
1.6 Aspects socio-économiques	14
2- État actuel des écosystèmes steppiques	18
2.1 Mécanismes et causes de la dégradation des parcours.....	18
2.2 Conséquences de la dégradation des parcours de la steppe.....	23
3- Lutte contre la désertification	25
CHAPITRE II : ACTIONS DE PRESERVATION DES ECOSYSTEMES STEPPIQUES	27
1- Analyse des actions passées	27
2.1 Études menées dans le cadre de lutte contre la désertification	27
1.2. Principales actions menées dans les hautes plaines steppiques	31
1.3. Sur plan international.....	38
1.4. Échecs des principales stratégies mises en œuvre dans la zone steppique	40
CHAPITRE III : TELEDETECTION ET SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE.....	44
1- Télédétection.....	44
2- Les systèmes d'information géographique	54
3- Le rapport SIG-télédétection.....	56
PARTIE 02 : CARACTERISTIQUES DE LA REGION D'ETUDE	
CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE.....	58
1-Situation géographique.....	58
2- Relief.....	59
3- Exposition	63

4- Caractère hydrologique.....	66
5- Géologie.....	68
6- Pédologie.....	69
7- Végétation.....	69
7.1 Groupements forestiers.....	69
7.2 Groupements steppiques.....	69
8- Etude bioclimatique.....	70
8.1 Précipitations.....	70
8.2 Température.....	75
8.3 Autres facteurs climatiques.....	77
8.4 Synthèse climatique.....	78
CHAPITRE V : MUTATIONS SOCIO-ECONOMIQUES.....	83
1- Aspects socio-économiques.....	83
1.1 Population.....	83
1.2 Agriculture et Agro-pastoralisme.....	86
1.3 Mutations socio-économiques.....	94
PARTIE 03 : MUTATIONS SPATIALES ET STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT DURABLE	
CHAPITRE VI : MUTATIONS SPATIALES DANS LE SUD-ORANAIS.....	99
1- Cartographie des mutations spatiales.....	99
1.1 Techniques de Comparaison des changements.....	99
1.2 Choix d'un indice de végétation.....	102
1.3 Approches et applications cartographiques.....	104
1.4 Etude diachronique.....	109
CHAPITRE VII : STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT DURABLE.....	127
1- Approches de développement durable.....	127
1.1 Principes du développement durable.....	127
1.2 Objectifs du développement durable.....	128
1.3 Enjeux du développement durable.....	130
2- Notion de gestion durable.....	130
3- Protection des milieux et stratégie de développement.....	132
3.1 Zones d'intervention prioritaires.....	134
3.2 Pratique de gestion agricoles et pastorales durable.....	136
3.3 Restauration des écosystèmes.....	137
3.4 Renforcement des politiques et de la gouvernance.....	142
3.5 Intégration des savoirs locaux.....	142

3.6 Éducation et sensibilisation.....	143
4- Protocole de suivi-évaluation de la dégradation.....	143
4.1 Définition des objectifs.....	143
4.2 Sélection des Indicateurs de Suivi	144
4.3 Collecte, analyse et interprétation des données	144
4.4 L'élaboration d'un tableau de bord LCD	145
CONCLUSION	148
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	150
ANNEXES	160

LISTE DES ACRONYMES

- **A.C.S.A.D** : Centre Arabe des Études des Zones Arides et des Terres Sèches.
- **A.D.E.P** : Association du Développement de l'Élevage Pastoral.
- **A.P.F.A** : Accession A La Propriété Foncière Agricole.
- **C.A.P.C.S** : Coopératives Agricoles Polyvalentes Communales de Service.
- **C.A.P.C.S** : Coopératives Agricoles Polyvalentes Communales de Service.
- **C.N.T.S** : Centre National des Technologies Spatiales.
- **C.P.C.S** : Commission De Pedologie Et de Cartographie des Sols.
- **C.P.R** : Chantiers Populaires de Reboisement.
- **D.G.F** : Direction Générale des Forêts.
- **D.S.A** : Direction des Services Agricoles.
- **E.T.M**: Enhanced Thematic Mapper.
- **F.A.O**: Food and Agriculture Organization.
- **H.C.D.S** : Haut Commissariat pour le Développement de la Steppe.
- **I.N.A.P.I** : Institut National Algérien de la Propriété Industrielle.
- **L.D.I**: Land Degradation Index.
- **M.A.D.R** : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
- **M.A.T.E** : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- **M.N.T** : Model Numérique du Terrain.
- **N.D.V.I**: Normalized Difference Vegetation Index.
- **N.E.P.A.D** : Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique.
- **O.D.D** : Objectifs du Développement Durable.
- **O.N.M** : Office National de la Météorologie.
- **O.S.S** : Observatoire du Sahara et du Sahel.
- **P.A.P** : Programme D'actions Prioritaires.
- **P.N.D.A** : Plan National de Développement Agricole.
- **P.N.D.A.R** : Programme National de Développement Agricole et Rural.
- **P.N.R** : Plan National de Reboisement.
- **P.P.D.R.I** : Projets de Proximité de Développement Rural Intégré.
- **P.V.I** : Indice de Vegetation Perpendiculaire.
- **S.A.T** : Surface Agricole Totale.
- **S.A.U** : Surface Agricole Utile.
- **S.D.R.D** : Stratégie de Développement Rural Durable.
- **S.I.G** : Systeme D'information Geographique.
- **Z.D.I.P** : Zone de Développement Intégré du Pastoralisme.

LISTE DES FIGURES

Figure n°1: Limites géographiques de la steppe algérienne	7
Figure n°2: Digrammes ombrothermiques de quelques stations steppiques	9
Figure n°3 : Evolution de la population steppique par rapport à la population totale	15
Figure n°4: Evolution du cheptel ovin en Algérie.....	17
Figure n°5 : Carte des classes de biomasse des parcours steppiques.....	19
Figure n°6: Carte de sensibilité à la désertification	24
Figure n°7 : Schéma générale du processus de la dégradation des parcours steppique	25
Figure n°8: Télédétection à l'aide des satellites	45
Figure n°9: Spectre électromagnétique	46
Figure n°10: Interactions du rayonnement électromagnétique avec la matière	47
Figure n°11 : Signatures spectrales des surfaces naturelles	48
Figure n°12 : : Représentation de l'image.....	50
Figure n°13: Carte de situation de la zone d'étude	58
Figure n°14: Carte des pentes de la zone steppique de la wilaya de Tlemcen.....	60
Figure n°15 : Carte hypsométrique de la zone steppique de la wilaya de Tlemcen	62
Figure n°16: Carte d'exposition de la zone steppique de la wilaya de Tlemcen.....	64
Figure n°17 : Carte de réseau hydrographique et sous bassin versants de la zone steppique de la wilaya de Tlemcen	67
Figure n°18: Carte géologique de la zone d'étude.....	68
Figure n°19 : Régimes pluviométriques mensuels des stations d'El Aricha, Ras El-Ma et Sidi Djilali [Période : 1990-2015]	72
Figure n°20: Régimes pluviométriques annuels des stations d'El Aricha, Ras El-Ma et Sidi Djilali [Période : 1990-2015].	73
Figure n°21: Variations saisonnières des précipitations des stations de Sidi Djilali, El Aricha et Ras El-Ma [1990-2015]	75
Figure n°22 : Températures moyennes mensuelles.....	76
Figure n°23: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la station d'El Aricha [1990-2015].....	79
Figure n°24: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la station de Ras EL-Ma [1990-2015].....	79
Figure n°25 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la station de Sidi Djilali [1990-2015].....	80
Figure n°26: Climagramme pluviothermique d'Emberger	82
Figure n°27 : Répartition de la population dans la zone d'étude en 2021	84
Figure n°28: Répartition de la S.A.T de la zone d'étude	87

Figure 29: Répartition de la S.A.U dans la région d'étude.....	88
Figure n°30: Evolution de la superficie agricole totale S.A.T (ha)	95
Figure n°31 : Evolution de la superficie agricole utile S.A.U.....	97
Figure n°32: Réponse spectrale typique de la végétation	103
Figure n°33: schéma des séquences opérationnelles.....	108
Figure n°34: carte de végétation 2001.....	111
Figure n°35 : carte de végétation 2011.....	112
Figure n°36: carte de végétation 2021.....	113
Figure 37: Evolution temporelle de la végétation durant la période 2001-2021	114
Figure n°38: carte du changement de la végétation.....	116
Figure n°39 : évolution de l'état du couvert végétal 2001-2021	117
Figure n°40: carte d'occupation du sol 2001	120
Figure n°41: carte d'occupation du sol 2011	121
Figure n°42: carte d'occupation du sol 2021	122
Figure n°43: changement d'occupation du sol 2001, 2011 et 2021	123
Figure n°44: Arbre à problèmes	133
Figure n°45: carte de la sensibilité à la dégradation.....	135
Figure n°46 : carte de sensibilité à l'érosion hydrique	139
Figure n°47: Growboxx	141
Figure n°48: plantation par Growboxx	141
Figure N°49 : structure simplifiée du tableau de bord L.C.D.....	145

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 1: Evolution de population steppique (millier d'habitats).....	16
Tableau n° 2: Evolution de la structure de l'occupation du sol de la steppe	17
Tableau n° 3 : L'état du parcours steppiques en 2005.....	20
Tableau n° 4: Effectif du cheptel en régions steppiques (103 têtes)	21
Tableau n° 5: Indices de végétation les plus couramment utilisés	53
Tableau n° 6: Surface des classes d'exposition de la zone d'étude	65
Tableau n° 7: Coordonnées géographiques des stations météorologiques	70
Tableau n° 8 : Moyenne des précipitation mensuelle (mm)	71
Tableau n° 9 : Moyennes des précipitations saisonnières	74
Tableau n° 10: Moyennes mensuelles et annuelles des températures (°C).....	76
Tableau n° 11 : Quotient pluviothermique d'Embergie et l'ambiance bioclimatique	81
Tableau 12 : Répartition de la population dans la zone d'étude.....	84
Tableau n° 13: Densité de la population en 2021.....	85
Tableau n° 14 : La répartition des terres de la zone d'étude campagne 2020/2021	86
Tableau n° 15 : Productions Végétales (Cultures Herbacées) campagne 2020/2021	89
Tableau n° 16 : Productions Végétales (Cultures Pérennes) campagne 2020/2021	90
Tableau n° 17: Rapport productivité de la région d'étude campagne 2020/2021	91
Tableau n° 18 : Effectif du Cheptel de la zone d'étude en 2021 (Tête)	92
Tableau n° 19: sheep-equivalent cheptel	93
Tableau n° 20 : production de miel.....	94
Tableau n° 21 : Evolution de la superficie agricole totale S.A.T (ha).....	95
Tableau n° 22 : Superficie agricole utile S.A.U (ha)	96
Tableau n° 23: évolution du cheptel.....	97
Tableau n° 24: les principales méthodes de télédétection du changement.	101
Tableau n° 25 : classes du couvert végétal 2001, 2011 et 2021	114
Tableau n° 26: évolution de l'état du couvert végétal	117
Tableau n° 27: classes d'occupation du sol.....	123

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le sud-oranais est une région située dans le nord-ouest de l'Algérie, largement dominée par les écosystèmes steppiques. C'est un vaste territoire steppique caractérisé par un climat aride et semi-aride. L'écosystème steppique revêt une importance cruciale en raison de son rôle écologique, social et économique.

Cependant, au fil des décennies, les ressources naturelles de l'espace steppique, telles que l'eau, le sol et la végétation, ont subi de sévères dégradations, dues aux effets combinés d'une présence humaine et animale croissante, ainsi que d'une sécheresse de plus en plus sévère qui affecte ces écosystèmes (Haddouche, 2009).

L'expansion de l'agriculture intensive, l'utilisation de moyens mécaniques pour l'agriculture, l'abreuvement du cheptel, l'absence des règles d'accès aux ressources naturelles, l'urbanisation croissante, la surexploitation des ressources naturelles et le changement climatique sont autant de facteurs qui mettent en péril ces écosystèmes fragiles. La dégradation des sols, la désertification et la perte de biodiversité sont des conséquences directes de ces pressions (Cornet, 2002).

Face à ces enjeux, l'utilisation de nouvelles approches et de technologies modernes, comme les analyses spatiales et la télédétection, jouent un rôle crucial dans la surveillance et la prévention de la dégradation des terres dans l'écosystème steppique. Le très grand intérêt de la télédétection est de recueillir des données, le plus souvent sous forme d'images, sur toute la surface de notre planète, y compris les endroits les plus inaccessibles. Ils le font à un coût modéré et de façon répétée dans le temps, ce qui permet de mesurer les évolutions, les changements. Ces méthodes permettent de cartographier l'occupation des sols, d'identifier les zones à risque de dégradation et de suivre l'évolution des écosystèmes au fil du temps.

Dans ce cadre nous avons jugé utile d'étudier la dégradation de l'écosystème steppique dans le Sud-Oranais. Les objectifs de cette étude visent à :

- Évaluer l'état actuel de l'écosystème steppique dans la région d'étude. L'appréciation constitue le premier objectif de cette recherche. Cela implique une analyse approfondie des indicateurs environnementaux. En comprenant l'état actuel de cet écosystème, nous pouvons identifier les points critiques nécessitant une action immédiate ;
- Comprendre les facteurs de dégradation de l'écosystème est crucial pour le deuxième objectif. Cela englobe une étude approfondie des activités humaines, notamment

l'agriculture, l'élevage, afin de déterminer leur impact sur la dégradation de la steppe. Cette compréhension est essentielle pour proposer des solutions adaptées ;

- Analyser les conséquences de la dégradation de l'écosystème est le troisième objectif. Cela englobe une évaluation des impacts sur l'environnement, la biodiversité, l'agriculture locale, l'économie régionale et la qualité de vie des communautés résidant dans cette zone. En comprenant les conséquences, nous pouvons sensibiliser davantage et justifier la nécessité d'intervenir ;
- Proposer des solutions et des pratiques de gestion durable constitue le quatrième objectif. Il s'agit de formuler des recommandations concrètes pour prévenir la dégradation continue de l'écosystème ;
- Étudier les changements survenus au fil du temps est le cinquième objectif, réalisé en comparant les données actuelles avec des données historiques. Cette approche diachronique permet de mieux comprendre les tendances et les évolutions de cet écosystème, notamment les pressions auxquelles il a été soumis ;
- Intégrer les connaissances traditionnelles des communautés locales dans la planification et la mise en œuvre des stratégies de développement durable constitue le sixième objectif. Cette intégration renforce l'efficacité des initiatives en combinant l'expertise scientifique avec la sagesse locale ;
- Fournir des recommandations politiques et pratiques pour la préservation à long terme de cet écosystème vital est l'objectif global de cette étude. Ces recommandations visent à guider les décideurs dans l'élaboration de politiques environnementales et de pratiques de gestion adaptées pour garantir la durabilité de la steppe en Algérie.

En effet l'élaboration de cette étude, s'articulera autour des trois parties suivantes :

- Partie 1 : Revue de littérature
 - L'écosystème steppique en Algérie ;
 - Actions de préservation des écosystèmes steppiques ;
 - Télédétection et systèmes d'information géographique.
- Partie 2 : Caractéristiques de la région d'étude
 - Présentation de la région d'étude ;
 - Mutations socio-économiques.
- Partie 3 : Mutations spatiales et Stratégies de développement durable
 - Mutations spatiales dans le sud-oranais ;
 - Stratégies de développement durable.

PARTIE 1

REVUE DE LITTERATURE

CHAPITRE I : L'ECOSYSTEME STEPPIQUE EN ALGERIE

1- Présentation, historique et caractéristiques

1.1 Situation géographique

La Steppe algérienne constitue une vaste région qui s'étend entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud (Fig.1), formant un ruban de 1000 km de long sur 300 km de large, réduit à moins de 150 km à l'Est. Elle couvre une superficie de 20 millions d'hectares dont 15 millions d'hectares de parcours (Nedjraoui, 2002). Sa limite Nord commence avec le tracé de la limite des précipitations moyennes annuelles de 400 mm, qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec, pour se limiter au Sud de l'Atlas saharien à 100 mm de précipitations (Khalil, 1997). D'énormes potentialités en termes de ressources naturelles risquent d'être irréversiblement compromises par l'évolution du climat et les mutations socio-économiques dans le milieu steppique qui reste l'ultime barrière naturelle contre le désert. Cet espace est sérieusement menacé par le processus de désertification.

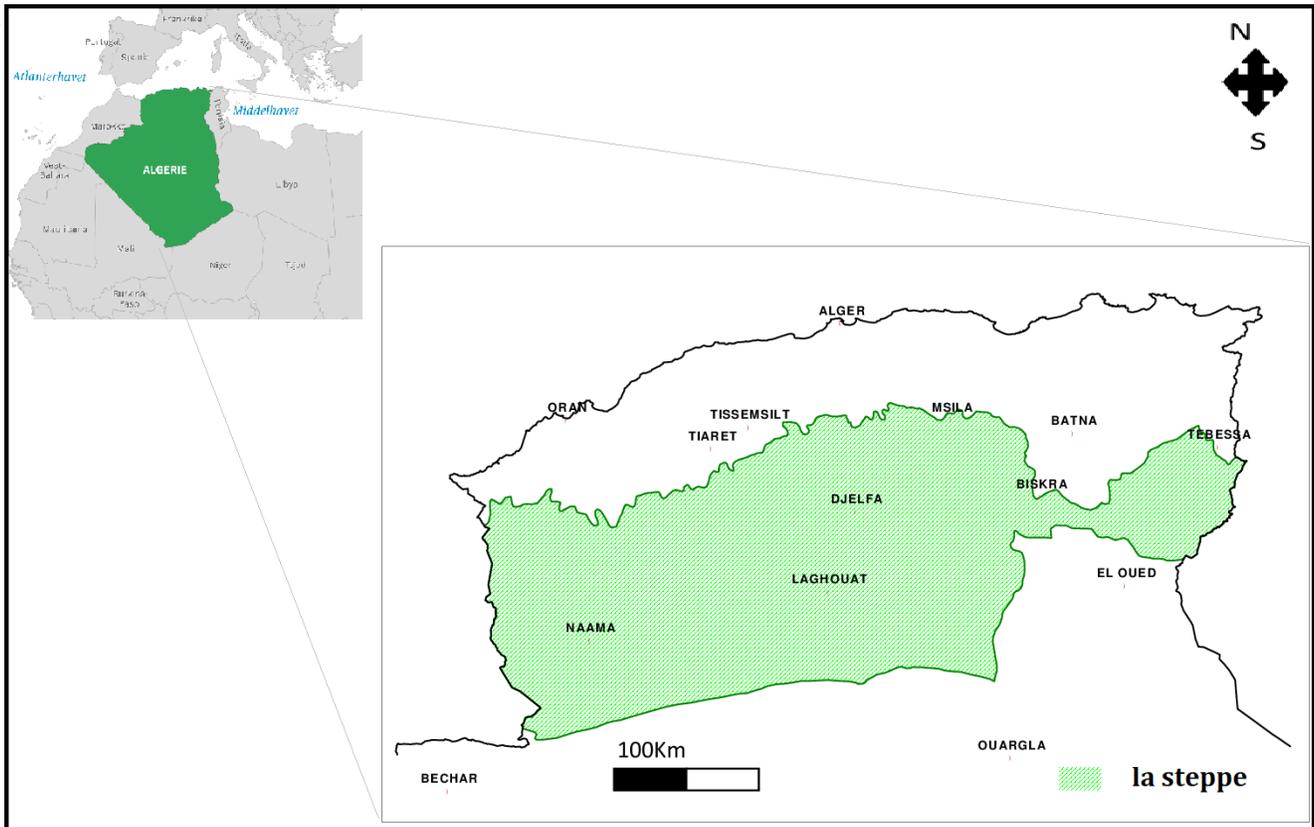


Figure n°1: Limites géographiques de la steppe algérienne

1.2 Climat

La tranche pluviométrique constitue un référentiel significatif en matière de sensibilité au phénomène de la désertification. Le climat steppique est caractérisé par une faible

pluviométrie et l'irrégularité des précipitations qui se manifestent souvent sous forme de pluies violentes. Selon Mohammedi et *al* (2013), on observe la répartition suivante :

- Une pluviométrie de 400 mm par an, avec une superficie de 700 milles à 1 million d'hectares. C'est essentiellement le domaine des maquis, des garrigues et des forêts de l'Atlas tellien ;
- Une pluviométrie entre 400 et 300 mm par an, avec une superficie de 3,5 à 4 millions d'hectares, située sur la frange nord de l'Atlas tellien. C'est la zone des « Parcours vrais » qui supporte une importante charge pastorale (2 à 4 moutons à l'hectare);
- Une pluviométrie entre 300 et 200 mm par an, avec une superficie de 5 à 6 millions d'hectares. C'est la région des hautes plaines centrales et méridionales et le versant Sud de l'Atlas saharien. Les parcours sont de qualité moyenne et la charge pastorale y est plus faible (2 moutons à l'hectare) ;
- Inférieur à 200 mm par an, avec une superficie de 10 millions hectares, c'est la région Sud du Hodna et le piémont sud atlasique. La charge pastorale y est très faible.

La steppe est marquée par des variations de température importantes. La moyenne des températures minimales du mois le plus froid « m » est comprise entre 0 et 9 °C dans les régions littorales, et entre -2 et +4 °C dans les régions semi-arides et arides. La moyenne de températures maximales du mois le plus chaud « M » varie de 28 et 31 °C dans les hautes plaines steppiques et dépasse les 40°C dans les régions sahariennes (Haddouche, 2009).

Les hautes plaines steppiques sont caractérisées par une longue période de sécheresse estivale, qui varie de 5 à 6 mois, parfois plus, et peut se prolonger sur plusieurs années consécutives (Fig.2). Au cours des dernières décennies, on a observé une diminution notable de la pluviosité moyenne annuelle.

Ces variations de précipitations et de températures ont des conséquences sur l'état du couvert végétal, la gestion du cheptel et la vie des éleveurs qui, par le passé, faisaient face à ces contraintes grâce à de longs déplacements (transhumance). Elles fragilisent les parcours et contribuent non seulement à l'appauvrissement des écosystèmes, mais mettent également en danger la qualité de vie, voire la survie des populations vulnérables.

La zone steppique est un terrain propice aux mouvements des masses d'air, pouvant causer des dommages en raison des immenses étendues et des couloirs qu'elle comporte. Selon Bensaid (2006), le vent est à la fois un agent érosif qui façonne spécifiquement les paysages désertiques et un responsable de l'ensablement et de leur formation. Malheureusement, ce facteur est souvent négligé ou mal évalué dans les stations météorologiques.

Les gelées sont l'un des facteurs climatiques les plus contraignants dans les zones steppiques. Cette contrainte est directement liée aux températures de la saison froide.

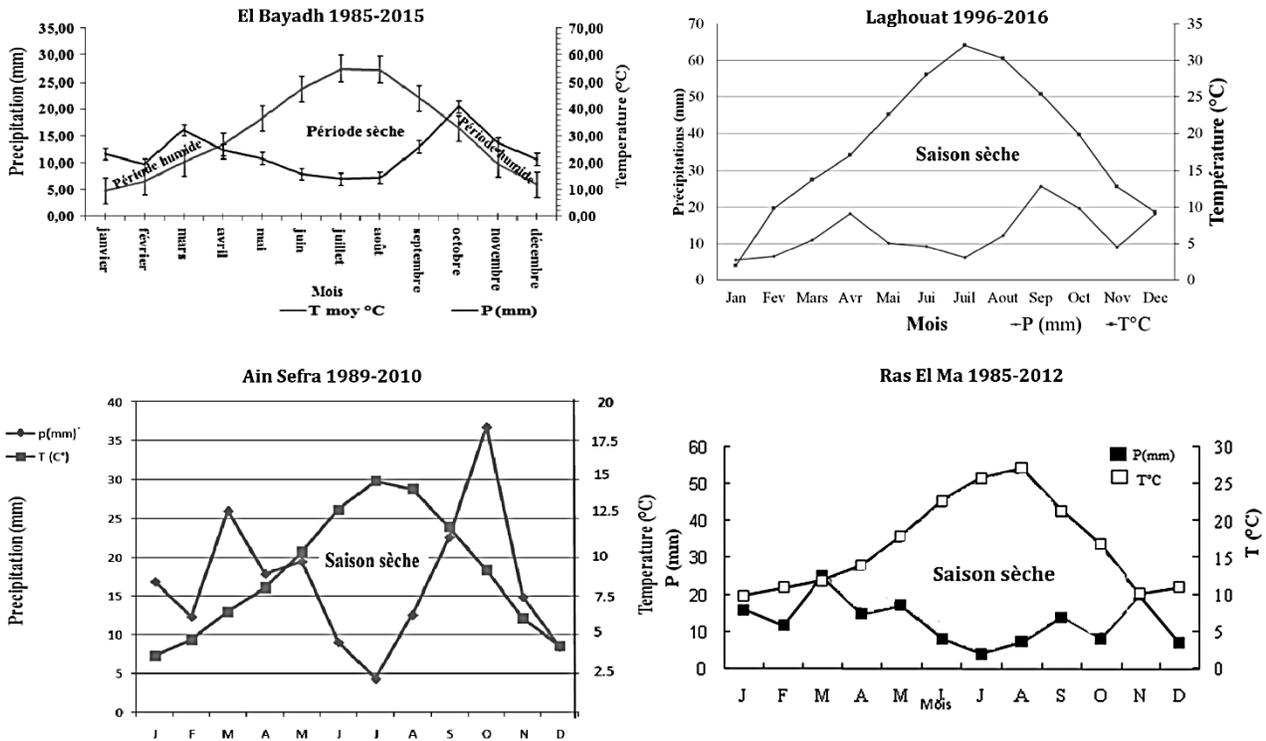


Figure n°2: Digrammes ombrothermiques de quelques stations steppiques

1.3 Hydrographie et ressources hydriques

L'eau est un facteur déterminant dans les activités agro-pastorales des régions steppiques et semi-arides. Le nomadisme et la transhumance sont étroitement liés à la disponibilité en eau, que ce soit sous forme de précipitations atmosphériques ou de ressources aquifères temporaires. L'eau est essentielle pour la survie du bétail, la croissance des plantes fourragères et la vie des communautés vivant dans ces régions.

Le réseau hydrographique de la steppe est fortement influencé à la fois par les variations saisonnières et interannuelles de la pluviométrie, ainsi que par le relief de la région (Khelil, 1997). La plupart des oueds de la steppe sont irréguliers, ne coulent qu'en période de crue et ne parviennent jamais jusqu'à la mer. Ils se perdent plutôt dans de vastes dépressions et des chotts.

Dans les régions steppiques, les ressources hydriques sont limitées, peu renouvelables et réparties de manière inégale. Selon M.A.D.R(2008), les ressources hydriques se composent de:

- Eaux de surface provenant des précipitations orageuses, représentant un volume annuel de 40 milliards de mètres cubes, dont seule une infime partie est captée par des ouvrages. La majeure partie de ces apports disparaît souvent par évaporation et infiltration ;
- Eaux souterraines, dont le potentiel est estimé à 1,4 milliard de mètres cubes, constituent la seule ressource fiable utilisée pour les besoins humains, l'abreuvement du bétail et l'irrigation des cultures. Cette ressource est peu étudiée dans certaines zones, à l'exception des périmètres d'Oued Touil et du Hodna, et son exploitation est souvent anarchique. Cela se manifeste par le grand nombre de puits devenus non fonctionnels en raison de la baisse du niveau des nappes alluviales et phréatiques due à la multiplication des forages.

1.4 Aspects géologiques et pédologiques

La répartition des sols est étroitement liée aux caractéristiques géomorphologiques et lithologiques de la région. Les formations géomorphologiques, telles que les plateaux, les plaines, les dépressions, les collines, les montagnes, etc., jouent un rôle essentiel dans la genèse et la distribution des différents types de sols (U.R.B.T., 2002).

Les grands ensembles lithologiques, c'est-à-dire les types de roches présentes dans la région, influencent également la formation des sols. Les sols peuvent être développés à partir de roches calcaires, argileuses, sableuses, volcaniques, etc., et chacun de ces types de roches donne lieu à des sols différents en termes de composition et de propriétés (Pouget, 1980).

En effet, les caractéristiques géomorphologiques et lithologiques influencent des facteurs tels que le drainage, la profondeur du sol, la teneur en éléments nutritifs, la capacité de rétention d'eau, et d'autres caractéristiques physico-chimiques des sols.

Les sols steppiques sont pauvres et fragiles en raison de leur faible profondeur, de leur faible teneur en matière organique, de la diminution de la couverture végétale protectrice et des actions anthropiques néfastes. La plupart de ces sols sont caractérisés par la présence d'une accumulation calcaire et une forte sensibilité à la dégradation.

Adaptés au régime climatique aride, les sols steppiques sont généralement peu évolués, peu profonds voire inexistants. Leur évolution est souvent régressive plutôt qu'inverse, ce qui signifie que la morphogenèse prédomine sur la pédogenèse (Haddouche, 2017).

Selon Haddouche (1998) et les travaux publiés par la commission de pédologie et de cartographie des sols (C.P.C.S) de France en 1967, la steppe est caractérisée par les classes des sols suivants :

1.4.1 Les sols minéraux bruts d'érosion

Ces sols sont principalement localisés sur les sommets des djebels et sont soumis à une érosion hydrique intense en raison de leur faible profondeur et de leur manque de couverture végétale protectrice.

1.4.2 Les sols peu évolués

Selon Moulay (2013), les sols peu évolués se répartissent principalement en trois catégories en fonction de leur origine géologique :

- Sols d'origine colluviale : Ces sols se forment sur les pentes des djebels (montagnes) et les glacis. Ils résultent de l'accumulation de matériaux détritiques (sédiments et débris rocheux) issus de l'érosion des formations géologiques environnantes. Ces sols sont généralement peu profonds, mais leur fertilité peut être variable en fonction de la nature des roches dont ils sont issus ;
- Sols d'origine alluviale : Ces sols proviennent des dépôts d'alluvions transportés et déposés par les cours d'eau (oueds) lors des périodes de crue. Ils se forment dans les terrasses modernes et récentes des oueds, les zones d'épandage, et les dayas (dépressions salées). Ces sols sont souvent calcaires et relativement lourds, et ils peuvent être utilisés pour l'agriculture, d'où leur fréquente mise en culture ;
- Sols d'origine éolienne : Ces sols se forment à partir des matériaux éoliens, c'est-à-dire transportés et déposés par le vent. Ils sont généralement constitués de formations sableuses fixées, souvent présentes dans les zones désertiques et les dunes fixées. Ces sols peuvent être moins propices à l'agriculture en raison de leur faible fertilité, mais ils jouent un rôle important dans la fixation des dunes et la protection contre l'érosion éolienne.

1.4.3 Les sols calcimagnésiques

Regroupent les sols qui sont riches en carbonate de calcium (calcaire) et en magnésium. Ils sont fréquents dans les écosystèmes steppiques et présahariens en Algérie et se subdivisent en différents types, dont les rendzines humifères qui se forment sur les versants des djebels (montagnes) et sont caractérisés par la présence d'une couche humifère (riche en matière organique décomposée). Ainsi que les Sols bruns calcaires à accumulation calcaire qui sont très répandus sur les glacis polygéniques du Quaternaire ancien et moyen. Ils se forment à partir de matériaux très divers, tels que des alluvions, des colluvions de piedmont, des calcaires lacustres et des argiles sableux rouges du Tertiaire continental. La présence de

calcaire dans ces sols peut former des croûtes calcaires, ce qui peut influencer leur perméabilité et leur fertilité (Durand, 1954).

1.4.4 Les sols halomorphes

Ils sont caractérisés par la présence élevée de sels solubles, principalement de sels de sodium, dans leur profil. Ces sols peuvent être trouvés dans les régions steppiques, les déserts salés et les zones côtières où les conditions de drainage et d'irrigation sont défavorables, conduisant à l'accumulation de sels dans le sol (Duchaufour, 1976).

Les sols halomorphes ont généralement une faible fertilité et ne conviennent pas à la plupart des cultures agricoles en raison de la toxicité des sels pour les plantes. Cependant, certaines espèces végétales halophiles (adaptées aux milieux salins) peuvent pousser dans ces sols et sont souvent utilisées pour la réhabilitation des terres salées (Pouget, 1980).

1.4.5 Les sols isohumiques

Ces sols présentent une distribution homogène de la matière organique dans le profil du sol. Ces sols peuvent être trouvés dans différentes régions, mais ils sont souvent associés aux écosystèmes steppiques et prairies. Ils sont généralement fertiles en raison de la présence équilibrée de matière organique dans tout le sol, ce qui favorise le développement des plantes et la productivité agricole.

1.5 Ressources végétales

La végétation naturelle dans la steppe est principalement constituée de formations basses et clairsemées, comprenant des espèces ligneuses et herbacées pérennes (Le Houérou, 1995). Les steppes algériennes sont généralement dominées par les grands types de formations végétales naturelles suivants :

1.5.1 Steppes à graminées

Notamment l'alfa (*Stipa tenacissima*), se trouve sous forme pure ou en mélange avec d'autres plantes pérennes ou vivaces, et leur aire potentielle s'étend sur 4 millions d'hectares. Elles assurent la transition entre les groupements forestiers et les groupements steppiques à armoise blanche (*Artemisia herba alba*). Ces steppes présentent une grande amplitude écologique (Achour, 1983 ; Kadi-Hanifi, 1998), et se développent sur des sols bien drainés dans les étages bioclimatiques semi-arides à hiver frais et froid, ainsi que dans les zones à étage bioclimatique aride supérieur à hiver froid. Elles peuvent coloniser tous les substrats géologiques, à des altitudes allant de 400 à 1 800 mètres.

Dans les conditions les plus favorables, la production de *Stipa tenacissima* peut atteindre 10 tonnes/ha. Cependant, la partie verte exploitable présente une production de 1 000 à 1 500 kg de matière sèche par hectare (Aidoud, 1983 ; Nedjraoui, 1990). La productivité pastorale moyenne de ce type de steppe varie de 60 à 150 unités fourragères par hectare en fonction du recouvrement végétal et de la composition floristique (Nedjraoui, 1981).

1.5.2 Steppes à chaméphytes

Principalement dominées par l'armoise blanche (*Artemisia herba Alba*), pure ou en mélange avec d'autres plantes pérennes ou vivaces. Ces steppes couvrent une superficie potentielle de 3 millions d'hectares. Elles se trouvent dans les étages arides supérieur et moyen, caractérisés par des hivers frais et froids, avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. Ce type de steppe se développe dans les zones d'épandage, les dépressions et les glacis encroûtés avec une pellicule de glaçage en surface.

La production primaire de ces steppes varie de 500 à 4500 kg de matière sèche par hectare (Aidoud, 1983 et 1989). Elles offrent de bons parcours, notamment lorsqu'elles sont dominées par l'armoise blanche, et sont riches en espèces annuelles ayant une bonne valeur fourragère (environ 0,5 UF/kg de matière sèche). Ces parcours sont très appréciés par les moutons et recherchés par les bergers, en particulier à l'automne où ils produisent une importante biomasse verte (Bencherif, 2011).

1.5.3 Steppes à psammophytes

Ces steppes sont associées à la texture sableuse des horizons de surface et aux apports éoliens, ce qui peut contribuer à la fixation des dunes. Ces formations végétales suivent les couloirs d'ensablement et se répartissent également dans les dépressions formées par les chotts. Elles sont inégalement réparties et occupent une superficie estimée à 200 000 hectares (Ghennou, 2014).

Ces formations psammophytes se composent généralement de steppes graminéennes dominées par *Aristida pungens* et *Thymellaea microphyla*, ou de steppes arbustives avec *Retama retam* (Le Houerou, 1969 ; Celles, 1975 ; Djebaili, 1978). Le recouvrement végétal des psammophytes est souvent supérieur à 30 %, ce qui entraîne une production pastorale importante, atteignant entre 150 et 200 unités fourragères par hectare par an (Ghennou, 2014).

1.5.4 Steppes à halophytes

Ce sont des formations spécifiques aux dépressions salées, où l'on trouve notamment des espèces telles que les *Atriplex* (*Atriplex halimus*, *Atriplex nummularia*, *Atriplex canescens*) et le

Tamarix gallica. D'autres plantes vivaces de bonne qualité pastorale peuvent remplacer ces espèces annuelles, telles que le Remt (*Arthrophytum scoparium*).

Selon Ghennou (2014), en raison de leur répartition dispersée, la surface précise de ces formations n'a pas été déterminée. Cependant, elles constituent d'excellents parcours, notamment pour les ovins, en raison des fortes teneurs en sel présentes dans ce type de végétation, ainsi que des valeurs énergétiques relativement élevées des espèces les plus courantes. Par exemple, *Suaeda fruticosa* présente une valeur énergétique de 0,89 UF/kg de matière sèche, *Atriplex halimus* de 0,85 UF/kg MS, *Frankenia thymefolia* de 0,68 UF/kg MS et *Salsola vermiculata* de 0,58 UF/kg MS.

1.5.5 Steppes secondaires

Dites aussi steppes post-culturelles, elles sont également présentes sur les terres qui ont été précédemment défrichées et mises en culture. Elles sont colonisées par des espèces de faible valeur fourragère, telles que l'Armoise champêtre (*Artemisia campestris*), l'Orge des rats (*Hordeum murinum*) et la Mauve sauvage (*Malva sylvestris*), qui viennent remplacer les bonnes espèces fourragères telles que les Medicago (*Medicago truncatula*, *Medicago secundiflora*) et les hélianthèmes (*Hélianthémum virgatum*) (Bencherif, 2011).

1.5.6 Steppes dégradées

Ces steppes post-culturelles se forment en raison du remplacement partiel des plantes annuelles et vivaces par d'autres espèces de moindre valeur fourragère. Parmi ces espèces, on peut citer le Harmel (*Peganum harmala*), le Zireg (*Noaea mucronata*), le Choubrok (*Atractylis serratuloïdes*) et le Methnane (*Thymelaea microphylla*).

1.5.7 Terres cultivées

Ces steppes post-culturelles occupent environ 2,7 millions d'hectares, dont 1,9 million d'hectares se trouvent principalement dans les zones d'épandage des crues et les lits des oueds, sur des sols profonds. Ces zones bénéficient d'un approvisionnement régulier en éléments fertilisants (limons) et présentent une bonne capacité de stockage en eau. Outre la céréaliculture, elles peuvent également être propices à l'arboriculture et à l'horticulture pour la production de cultures vivrières (Bencherif, 2011).

1.6 Aspects socio-économiques

1.6.1 Evolution de la population

Les transformations socio-économiques dans les zones arides ont été largement analysées, et le nomadisme, en particulier la transhumance (Achaba-Azzaba), constitue l'activité pastorale principale qui découle de facteurs historiques, économiques et sociaux. C'est une forme d'adaptation à un environnement contraignant où l'offre de fourrage présente une

discontinuité dans le temps et dans l'espace (Haddouche et *al.*, 2008). Ces déplacements, réalisés en Eté vers les zones telliennes (Achaba) et en Hiver vers les parcours présahariens (Azzaba), soulagent la pression sur les parcours steppiques, leur permettant ainsi de se régénérer (Nedjimi et Homida, 2006).

La population de la région steppique a plus que doublé au fil du temps (Fig.3). Elle représentait 12,3% de la population algérienne en 1998. On observe une diminution significative du nomadisme (Tab.1), qui ne subsiste que de manière marginale. Les déplacements de grande envergure ne concernent plus qu'environ 5% de la population steppique. Cependant, l'équilibre social et biologique de la région a été fortement perturbé par l'augmentation des besoins causée par la croissance démographique. Cette croissance n'a pas été accompagnée d'une création d'emplois suffisante pour absorber la main-d'œuvre excédentaire par rapport aux besoins d'une exploitation raisonnée des parcours naturels (Nedjraoui et Bedrani, 2008).

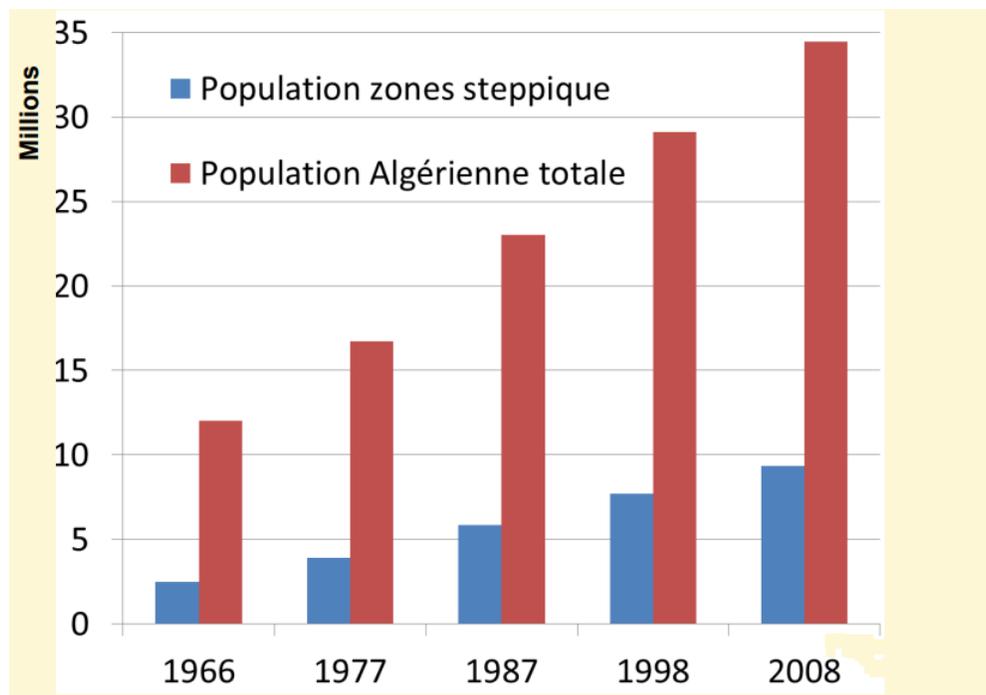


Figure n°3 : Evolution de la population steppique par rapport à la population totale
 Source : Nedjraoui et Bedrani (2008)

Tableau n°1: Evolution de population steppique (millier d'habitats)

Année	1954	1968	1978	1988	1996
Population totale	925.70	1255.48	1700.00	2500	4000
Population nomade	595.42	545.25	500	625	200
Pourcentage population nomade	64	43	29	25	5

Source : Nedjraoui et Bedrani (2008)

On observe une forte diminution de la population nomade, passant de 64% à 5% de la population totale entre 1954 et 1996. Cette régression est principalement due à des facteurs tels que la sédentarisation, la privatisation des terres, le développement de l'arboriculture et la diversification des activités économiques. Ces changements ont entraîné une transition des modes de vie nomades vers des modes de vie plus sédentaires et une adaptation aux nouvelles opportunités économiques offertes par l'agriculture et d'autres secteurs.

1.6.2 Activités socio-économiques

Les hautes plaines steppiques sont en effet des régions principalement dédiées à l'élevage pastoral. Le pastoralisme est l'activité productive traditionnelle prédominante dans la steppe. Ce système pastoral a perduré à travers les changements de dynasties, y compris pendant l'Empire ottoman. À cette époque, les frontières telles que nous les connaissons aujourd'hui n'existaient pas. Cependant, ce n'est qu'avec l'arrivée des puissances coloniales françaises (en Algérie, au Maroc, en Tunisie et en Mauritanie) que ces sociétés pastorales ont connu des changements profonds (Yerou, 1998).

L'activité pastorale repose sur une logique économique qui vise à optimiser l'utilisation des ressources végétales. Pour le pastoraliste, son cheptel est considéré comme un moyen d'accumuler de la valeur, une forme de réserve. Cependant, le pastoralisme pratiqué par les grands éleveurs répond à une logique de marché axée sur la recherche du profit uniquement. Dans ce cas, l'éleveur cherche à maximiser les bénéfices de son exploitation, sans se soucier de l'utilisation optimale des ressources végétales ni de la préservation du couvert végétal de la steppe (Montchaussé, 1977 ; Hadeid, 2008).

En effet, le nombre de têtes de bétail est passé d'environ 7 millions de têtes en 1980 à près de 12 millions en 2005 (Fig.4). Cette augmentation est principalement attribuable à une absence de gestion raisonnée des pâturages, ce qui a entraîné une pression excessive sur les ressources disponibles.

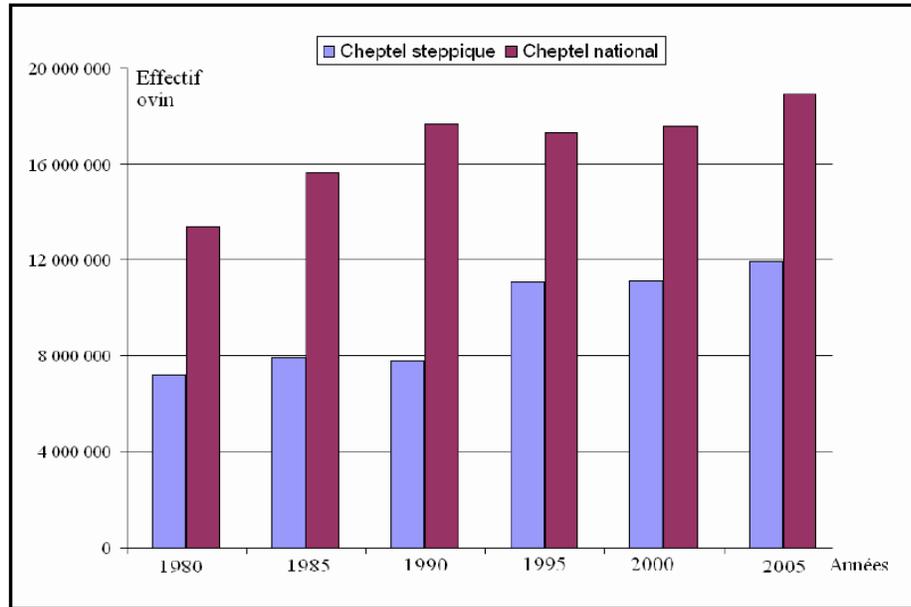


Figure n°4: Evolution du cheptel ovin en Algérie
Source : Benguerai (2011)

Selon Bensouiah (2003), il y a une diminution de la superficie des parcours palatables, qui est également compensée par l'extension des cultures marginales. Entre 1985 et 1995 (tab.2), la superficie des cultures marginales est passée de 1,1 million d'hectares à 1,6 million d'hectares, ce qui représente une augmentation de 500 000 hectares. Dans le même temps, les forêts et les maquis ont également gagné 700 000 hectares au cours de cette période. Parallèlement à ces changements, l'effectif du troupeau ovin est passé de 7 millions de têtes en 1980 à 11 millions de têtes en 1995.

Tableau n°2: Evolution de la structure de l'occupation du sol de la steppe

	1985		1995	
	Superficie (millions d'ha)	Part (%)	Superficie (millions d'ha)	Part (%)
Parcours palatables	10	50	08.7	43,5
Parcours dégradés	05	25	07.5	37,5
Terres improductives	02.5	12.5	00.1	00,5
Forêts et maquis	01.4	07	02.1	10,5
Cultures marginales	01.1	05.5	01.6	08
Total	20	100	200	100

Source : MARA (1985) et HCDS (1995) in Bensouiah (2003)

2- État actuel des écosystèmes steppiques

L'état actuel des écosystèmes steppiques est préoccupant et présente des défis importants. Ces écosystèmes, qui se caractérisent par des conditions arides à semi-arides, sont confrontés à plusieurs problèmes qui affectent leur santé et leur fonctionnement.

2.1 Mécanismes et causes de la dégradation des parcours

La steppe possède un potentiel écologique, social et économique considérable. Elle remplit une fonction de zone tampon en protégeant les zones environnantes des avancées du désert. Elle offre également d'importantes possibilités pastorales en permettant l'élevage de troupeaux adaptés à son environnement spécifique. De plus, la steppe abrite une diversité sociale, avec des communautés et des modes de vie adaptés à ce milieu difficile, notamment à travers la pratique de la transhumance (Achaba-Azzaba).

Pendant des siècles, ces écosystèmes steppiques ont maintenu un certain équilibre grâce aux pratiques adaptées à leur environnement. Cela lui a permis de se régénérer facilement, même après de longues périodes de sécheresse. La steppe a donc joué un rôle crucial dans la sécurité alimentaire du pays, en offrant des ressources pastorales pour la subsistance des populations locales.

Au cours de ces dernières décennies, la steppe algérienne est dans un état très inquiétant et l'équilibre des écosystèmes est fortement perturbé (Fig.5). Cette situation est due à l'augmentation de la population humaine et animale dans un espace vital de plus en plus restreint. Ces facteurs ont contribué à accroître la fragilité des écosystèmes, à réduire leur capacité de régénération, à diminuer leur potentiel de production et à favoriser l'extension des paysages désertiques.

Cote (1983) explique cette évolution : « La ruine de la steppe a été de pair avec la ruine de nombreux habitants de la steppe. Trop nombreux, ne possédant que quelques têtes, ils ont été obligés de vendre leur force de travail, et de se sédentariser, sur place ou aux portes des agglomérations de la steppe. Cette sédentarisation, qui est souvent la manifestation d'une paupérisation des pasteurs, est souvent oubliée».

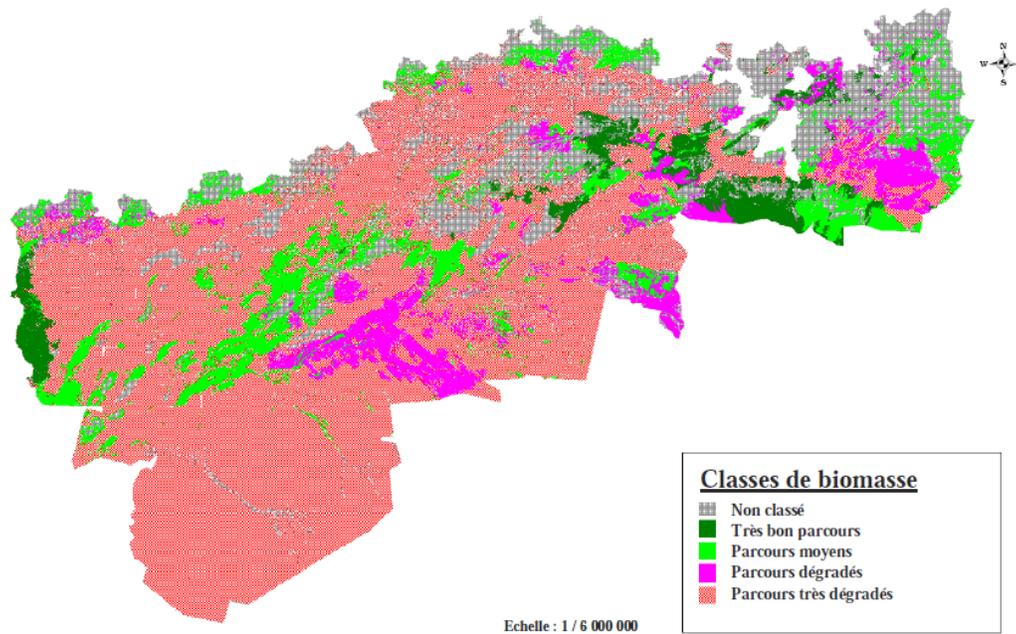


Figure n°5 : Carte des classes de biomasse des parcours steppiques
 Source : H.C.D.S (2009) *in* Bencherif (2011)

La dégradation des parcours se manifeste par une perte de productivité biologique ou économique. Elle affecte la richesse spécifique de la flore et de la faune, la couverture végétale, la biomasse, l'activité biologique de l'écosystème et la valeur pastorale des parcours. Cette dégradation est le résultat de l'interaction de deux types de facteurs : des facteurs naturels liés aux conditions physiques du milieu, ainsi que des facteurs socio-économiques et anthropiques qui favorisent une exploitation anarchique de l'écosystème par l'homme (Nedjimi et Guit, 2012).

Effectivement, l'importance et l'accélération de la dégradation des parcours steppiques ont été démontrées par de nombreuses études, anciennes et récentes. Des chercheurs tels que Boukhobza (1982), Le Houerou (1985), Bedrani (1994), Nedjraoui (2004), Bensaid (2006), Haddouche (2009), Bencherif (2011), Tounkob et *al.* (2020) ont contribué à documenter cette dégradation. Les statistiques officielles confirment également cette réalité, montrant que seulement 20% des parcours steppiques sont considérés relativement bons (Tab.3). Ces données soulignent l'ampleur du problème et l'urgence d'actions de préservation et de restauration de ces écosystèmes fragilisés.

Tableau n°3 : L'état du parcours steppiques en 2005

<i>Etat de parcours</i>	<i>Superficie million ha</i>	<i>Pourcentage</i>	<i>Production UF/ha</i>
Dégradés	6.5	43.3	30
Moy. dégradés	5.5	26.7	70
Bons	3	20	120
Total	15	100	220

Source H.C.D.S (2005)

2.1.1 Surpâturage

La pratique de l'élevage constitue la principale source de revenus pour la majorité de la population vivant dans les régions steppiques, et cette pratique n'a cessé d'augmenter depuis l'indépendance. Cependant, lorsque les animaux sont trop nombreux par rapport à la surface de pâturage disponible, la végétation de valeur biologique diminue progressivement et finit par disparaître. Seules les plantes moins consommées par les animaux, comme le harmel (*Peganum harmala*), parviennent à coloniser les parcours, mais elles ont généralement peu d'intérêt en termes de protection des sols. Ainsi, la charge animale joue un rôle crucial dans l'amélioration ou la dégradation de la qualité des pâturages. Une charge animale modérée permet de consommer les espèces végétales les plus appétentes tout en laissant une capacité de régénération suffisante pour l'ensemble de la végétation. Cela contribue à maintenir un équilibre entre les besoins des éleveurs et la préservation des ressources pastorales.

Aujourd'hui, dans la steppe algérienne, il est indéniable que le surpâturage demeure la principale cause de la dégradation. En effet, une augmentation progressive du nombre d'animaux dans les différentes catégories d'élevage au fil des années passant de 22 639 000 têtes en 2003 à 29 216 000 têtes en 2010 (Tab.4). Le maintien d'un effectif de troupeaux trop important par rapport aux ressources fourragères réelles de la steppe a été encouragé pendant de nombreuses années grâce à la subvention d'aliments tels que l'orge, le maïs et d'autres concentrés. En effet, que ces aliments soient subventionnés ou non, ils sont largement utilisés pour réduire la transhumance et maintenir une charge animale élevée sur la steppe, même pendant les saisons où les ressources sont limitées, (en plein été et en hiver). Cette pratique de surpâturage continue de réduire les potentiels fourragers de la steppe algérienne à un tel point que la superficie nécessaire pour satisfaire les besoins en fourrage d'un mouton est passée de 4 hectares dans certaines régions en 1970 à 8 hectares en 2000 (Bencherif, 2000). Cette surcharge de pâturage compromet la capacité de régénération de la végétation et contribue à l'appauvrissement des parcours.

Tableau n°4: Effectif du cheptel en régions steppiques (103 têtes)

Années	2003	2004	2005	2006	2007	2009	2010
1-Bovins	1560	1614	1586	1607	1633	1682	1747
VachesBLM*	192	199	204	208	216	229	915
VachesBLA**	640	645	624	639	643	652	
Autres	728	770	758	760	774	801	832
2-Ovins	17502	18293	18909	19615	20154	21404	22868
Brebis	9860	10184	10396	10696	10899	11852	13086
Autres	7642	8109	8513	8919	9252	9552	9781
3-Caprins	3324	3451	3590	3754	3837	3962	4287
Chèvres	1904	1940	2027	2151	2200	2298	2492
Autres	1420	1511	1563	1603	1675	1664	1794
4-Camelins	253	273	269	286	291	301	314
Total	22639	23631	24354	25262	25915	27349	29216
	*BLM: Bovins laitiers modernes **BLA: Bovins laitiers						

Source : Ministère de l'Agriculture ; Statistiques agricoles (2000-2010)

2.1.2 Défrichements : labour, céréaliculture, et arrachage des espèces ligneuses

La culture céréalière est la plus répandue dans la région étudiée, principalement dans le but de combler le déficit alimentaire du cheptel causé par la sécheresse. Cependant, l'utilisation du labour dans ces zones présente des conséquences négatives, notamment en ce qui concerne la dégradation du sol due à l'érosion éolienne et hydrique.

Des études antérieures menées par Bensouiah (2002), Nedjimi et *al.* (2008), ainsi que Haddouche (2009), ont souligné les risques accrus de dégradation du sol dans ces régions en raison des pratiques de labour. Cela peut conduire à une perte de la couche arable du sol, à une diminution de sa fertilité et à une augmentation de l'érosion due au vent et à l'eau.

D'après le ministère d'agriculture (2008), la superficie labourée en milieu steppique est estimée à plus de 02 millions d'hectares. Ces terres sont principalement utilisées pour la culture de céréales fourragères qui présentent des rendements très faibles et variables.

D'un autre côté, les espèces ligneuses de la steppe soient souvent arrachées et utilisées comme bois de chauffage, bois de cuisson et pour la construction de clôtures. L'armoise blanche est mentionnée comme l'une des espèces les plus arrachées, principalement pour une utilisation dans la cuisson des aliments et à des fins médicinales. La forte demande de plantes médicinales contribue à aggraver ce phénomène (Bencherif, 2011).

Il convient de noter que malgré la diminution du nomadisme et l'utilisation du gaz pour le chauffage et la cuisson des aliments dans les zones rurales, l'arrachage des plantes ligneuses persiste et continue de représenter une menace pour la couverture végétale de la steppe.

L'arrachage excessif des espèces ligneuses peut avoir des conséquences néfastes sur l'écosystème de la steppe. Les plantes ligneuses jouent un rôle crucial dans la stabilisation du sol, la conservation de l'eau, la biodiversité et la protection contre l'érosion. Leur élimination peut entraîner une dégradation de l'environnement, une perte de la biodiversité et une détérioration de la qualité des sols.

2.1.3 Régime juridique des terres

Pendant une longue période, les terres steppiques étaient considérées comme des terres "arche", c'est-à-dire des terres sans propriétaire clair, et étaient exploitées par des groupes et des individus. Cependant, avec le remaniement du code pastoral en 1975, ces terres ont été transférées sous la propriété de l'État, qui a ensuite accordé un droit d'usage aux éleveurs. Cette transition a créé un statut ambigu de "terre sans maître", ce qui a entraîné un désinvestissement tant de la part de l'État que des éleveurs (Benguerai, 2011).

Cette situation a eu des conséquences néfastes, telles que la dégradation des parcours et la non-régénération des ressources naturelles. Selon le rapport du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (M.A.T.E) en 2002, le statut juridique ambigu des terres steppiques a entraîné un manque d'engagement de la part de l'État et des éleveurs, ce qui a conduit à une exploitation irrationnelle des ressources.

En effet, l'intégration des terres "arche" au domaine privé de l'État, y compris les parcours steppiques, a encouragé une exploitation abusive de ces terres par les agro-pasteurs. Le manque de responsabilité pour la régénération de la flore pastorale a contribué à la dégradation continue des parcours et à une utilisation non durable des ressources.

Il est clair que le statut juridique ambigu du foncier dans la steppe a joué un rôle dans cette exploitation irrationnelle des ressources. Des réformes foncières et des réglementations claires sont nécessaires pour promouvoir une gestion plus durable des terres steppiques, en encourageant la régénération des ressources et en responsabilisant les utilisateurs des terres quant à leur utilisation.

2.2 Conséquences de la dégradation des parcours de la steppe

2.2.1 Désertification

La désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par l'action combinée de facteur anthropozoïque et les variations climatiques. Dans les zones les plus vulnérables, la surexploitation des ressources naturelles a conduit à une augmentation de la sensibilité à la désertification, et dans les pires cas, à des formes de dégradation presque irréversibles (Haddouche, 2009).

Cette dégradation se manifeste par une détérioration de la couverture végétale, des sols et des ressources en eau. Au fil du temps, elle entraîne une diminution ou une destruction du potentiel biologique des terres, ainsi que de leur capacité à soutenir les populations qui y vivent.

Il est vrai que la désertification est principalement causée par la pression anthropique, c'est-à-dire l'activité humaine, plutôt que par des variations systématiques du climat. Les actions humaines telles que la surexploitation des ressources naturelles, la déforestation, la pratique agricole non durable, l'urbanisation non planifiée et la gestion inappropriée des terres contribuent à accroître la fragilité des écosystèmes, réduire leur capacité de régénération et diminuer leur potentiel de production.

La désertification a des conséquences importantes sur l'environnement et les communautés locales. Elle peut entraîner une perte de biodiversité, une diminution de la productivité des terres agricoles, une détérioration de la qualité des sols, une diminution des réserves d'eau et une augmentation de la fréquence des phénomènes tels que les tempêtes de sable. Ces effets peuvent avoir des répercussions socio-économiques négatives, notamment en termes de sécurité alimentaire, de migrations forcées et de perturbations des modes de vie traditionnels.

La figure ci-dessous représente les wilayas qui sont touchées par le phénomène de la désertification, ainsi que le degré de leur sensibilité à ce phénomène. Cette carte permet de visualiser les régions qui sont particulièrement vulnérables à la désertification et met en évidence les zones où des mesures de conservation et de gestion des terres sont particulièrement nécessaires.

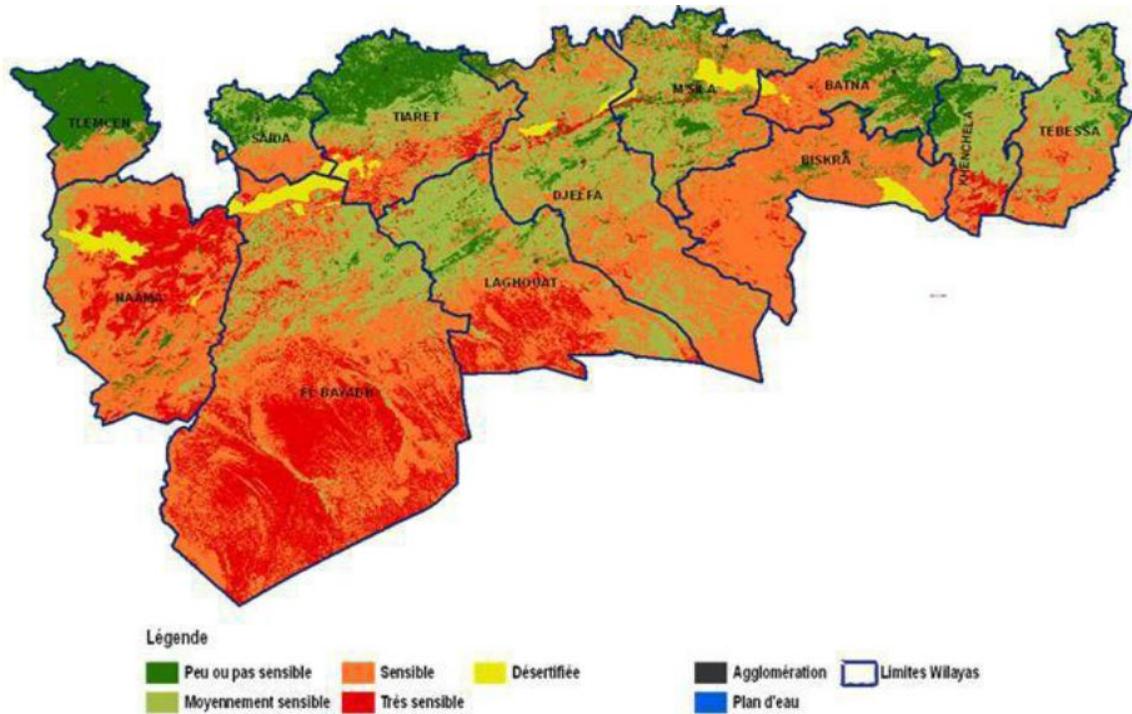


Figure n°6: Carte de sensibilité à la désertification
Source : DGF/ASAL, 2009

2.2.2. Crise du pastoralisme

L'élevage extensif était mené depuis longtemps sans grande difficulté, grâce aux équilibres écologiques et socio-économiques. Cependant, ces équilibres sont remis en cause en raison notamment de la diminution de la superficie des parcours et de la chute de leurs rendements à la suite des sécheresses répétitives et de l'accroissement continu des effectifs ovins d'une part, et de l'extension de la céréaliculture aux dépens des meilleurs parcours d'autre part, réduisant ainsi les ressources alimentaires du cheptel (Nedejmi et Homida, 2006).

Face à l'accroissement de la population humaine et animale sur un espace vital de plus en plus réduit, on assiste à une surexploitation de ce qui reste des parcours steppiques. Cette situation n'est pas restée sans effet sur les pratiques des populations pastorales. En effet, on observe la disparition progressive des anciens modes de gestion des espaces pastoraux, tels que le libre accès à tous aux parcours, et l'apparition de nouveaux modes tels que l'appropriation des terres de parcours par une méthode ou une autre (Haddouche et Saidi, 2014).

La figure n°07 représente les mouvements de dégradation de la steppe et du niveau de vie des populations.

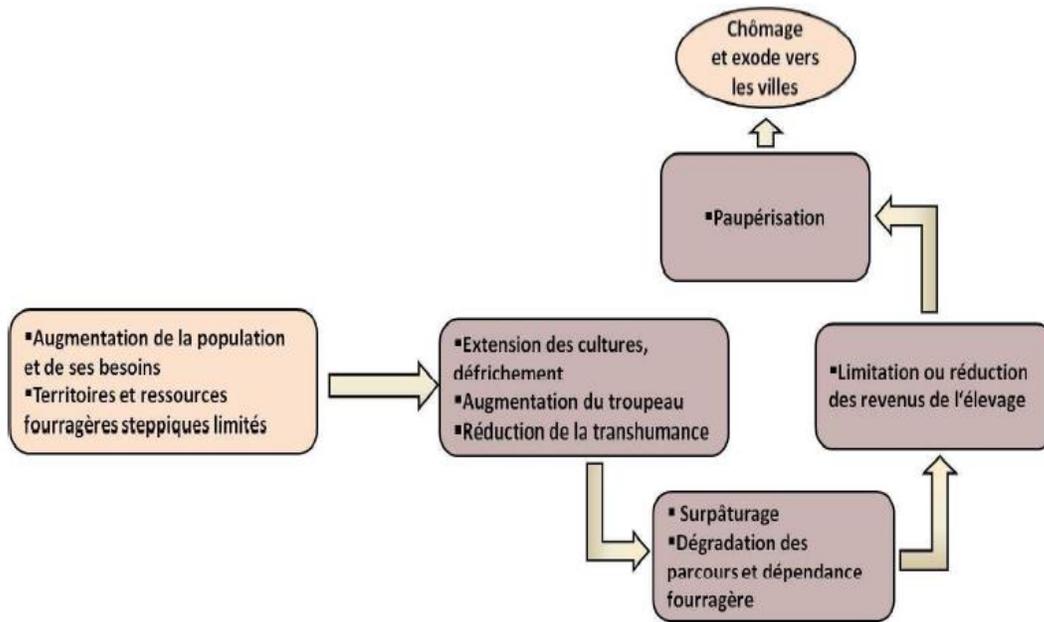


Figure n°7 : Schéma générale du processus de la dégradation des parcours steppique

3- Lutte contre la désertification

Les techniques de lutte contre la désertification ont fait l'objet de nombreuses recherches. Ces techniques sont spécifiques à chaque situation et doivent être adaptées aux conditions locales. Elles peuvent être regroupées en différentes catégories correspondant à des stratégies complémentaires :

1. Méthodes correctives : Ces techniques visent à stopper la dégradation des terres et à réparer les dégâts déjà causés. Elles incluent la fixation des dunes, la lutte contre l'ensablement, les pratiques anti-érosives et de conservation des eaux et des sols, ainsi que les techniques de réhabilitation des écosystèmes dégradés, telles que la régénération naturelle assistée (C.N.U.E.D, C.C.D, 1992).
2. Mise en place de programmes de gestion intégrée des ressources naturelles : Ces programmes visent à promouvoir une approche globale de la gestion des terres, de l'eau et de la biodiversité, en impliquant les communautés locales, les institutions et les acteurs concernés. Ils mettent l'accent sur des pratiques de gestion durable des parcours et des terres agricoles, ainsi que sur la conservation de la biodiversité.
3. Cadre institutionnel et politique : Cette catégorie concerne la mise en place de mécanismes institutionnels et politiques favorables au développement économique et à la préservation des ressources naturelles. Cela comprend l'élaboration de législations et de réglementations appropriées, l'utilisation d'incitations économiques et fiscales, le

développement des infrastructures nécessaires, ainsi que le renforcement des capacités humaines à travers la formation et l'éducation (C.N.U.E.D, C.C.D 1992).

4. Création de réserves naturelles : Des aires protégées ont été établies pour préserver les zones de grande valeur écologique et abriter la biodiversité spécifique aux écosystèmes steppiques. Ces réserves permettent la conservation des espèces menacées et la régénération des écosystèmes.
5. Promotion de l'agroécologie : Des approches agroécologiques ont été encouragées, favorisant des pratiques agricoles durables et respectueuses de l'environnement. Cela comprend l'utilisation de techniques de conservation des sols, la diversification des cultures et l'intégration de l'élevage dans les systèmes agricoles. Le développement durable de l'élevage agropastoral dans la steppe serait grandement facilité par l'élaboration et la réalisation participatives d'un ensemble coordonné de programmes et de projets, intégré aux stratégies de développement durable de la région et du pays (Bencherif, 2011).
6. Sensibilisation et formation : Des campagnes de sensibilisation ont été menées pour informer les populations locales sur l'importance de la préservation des écosystèmes steppiques et des bonnes pratiques de gestion des ressources naturelles. Des programmes de formation ont également été organisés pour renforcer les capacités des communautés locales dans la gestion durable des terres et du bétail.
7. L'implication active et la participation de la population locale : elles sont essentielles pour le succès des projets et des actions de lutte contre la désertification. La population locale a une connaissance approfondie de l'écosystème et des défis auxquels elle est confrontée, ainsi que des pratiques traditionnelles qui peuvent contribuer à la préservation des terres.

CHAPITRE II : ACTIONS DE PRESERVATION DES ECOSYSTEMES STEPPIQUES

1- Analyse des actions passées

Au cours des dernières décennies, les zones steppiques ont subi une dégradation de plus en plus prononcée dans toutes les composantes de l'écosystème : la flore, le couvert végétal, le sol et ses éléments, ainsi que la faune et son habitat. Cette dégradation des terres et la désertification qui en découle représentent une réduction du potentiel biologique et perturbent les équilibres écologiques et socio-économiques (Le Houerou, 1985 ; Aidoud, 1996 ; Bedrani, 1999 ; Bensaid, 2006 ; Haddouche et al, 2008 ; Haddouche, 2009).

La dégradation des steppes a des conséquences graves pour la biodiversité, l'agriculture, l'élevage et les populations locales. Elle conduit à une diminution des ressources en eau, à une perte de sol fertile, à une augmentation de l'érosion éolienne et hydrique, ainsi qu'à une baisse de la productivité agricole. Ces phénomènes entraînent des migrations rurales vers les zones urbaines, avec des conséquences sociales et économiques significatives.

En effet, la surveillance de l'environnement des espaces arides et semi-arides, les plus menacés par la désertification, est pourtant un enjeu stratégique pour le développement de la zone steppique. Cependant, pour être efficace, servir la décision et nourrir les visions du développement à plus long terme, toute approche doit être multisectorielle et régulièrement alimentée aux échelles locales par des soutiens répondant aux besoins réels des populations.

La conservation des écosystèmes steppiques en Algérie révèle une série d'études, politiques, réglementations et programmes visant à lutter contre la dégradation de ces milieux fragiles.

2.1 Études menées dans le cadre de lutte contre la désertification

Des recherches scientifiques sont menées dans le cadre de la lutte contre la désertification afin de mieux comprendre les causes, les conséquences et les solutions à ce phénomène. Ces études sont réalisées par des organismes de recherche, des universités et des instituts spécialisés, et visent à mieux appréhender les enjeux environnementaux, sociaux et économiques liés à la désertification et à identifier des solutions adaptées.

De nombreux auteurs ont orienté leurs travaux vers l'évaluation du taux de dégradation des steppes. Par exemple, Aidoud (1996) a poursuivi des observations sur l'évolution saisonnière et les variations interannuelles de la végétation pour mieux comprendre les relations entre l'environnement, les plantes et les animaux, et pour développer des modèles représentant de manière précise ces interactions. Kadi et Dahmani (1995) ont mené une étude sur la désertification le long d'un transect Nord-Sud en Algérie, permettant ainsi une meilleure

compréhension des différences régionales dans la dégradation des terres et l'identification des facteurs responsables de ce phénomène. Aidoud (1996) a, quant à lui, abordé l'étude de la structure dynamique des communautés végétales du complexe alfa-armoise-sparte. Cette recherche visait à mieux comprendre la composition et l'évolution de la végétation dans ces écosystèmes steppiques. Nedjraoui (2004) a évalué les ressources pastorales et défini des indicateurs de dégradation dans les régions steppiques algériennes. Son travail a permis d'identifier les tendances et les problèmes liés à l'utilisation des ressources pastorales, et a servi de base pour des mesures de gestion durable. Bensaid (2006) a étudié le phénomène d'ensablement dans la wilaya de Nâama. Haddouche (2009) a étudié la caractérisation de la désertisation dans les hautes plaines steppiques Sud-Oranaises d'Algérie par l'analyse de l'évolution diachronique, qui traduit mieux la réponse environnementale aux changements climatiques et aux pressions anthropiques. Cette étude a abordé volontairement l'ensemble des facteurs relatifs à la problématique de la dynamique-des paysages de la région d'étude, de façon à faire apparaître les relations entre ces facteurs pour mieux maîtriser les changements. Cet auteur s'est basé sur une approche méthodologique multi-source et une analyse spatiotemporelle intégrant plusieurs indicateurs, qui lui ont permis d'évaluer l'état de ce phénomène par des traitements appliqués aux données télédéteectées sur la région de Naâma. Il a axé sa recherche sur les traitements informatiques des images satellitaires optiques à bi-dates et de capteurs différents (calcul de divers indices de changement, classifications, filtrages) qui lui ont permis d'appuyer en évidence la dégradation généralisée du couvert végétal. Cette dernière accélère le processus de la désertisation dont l'impact socio-économique se traduit par la baisse de la production agricole et la réduction des espaces pastoraux. Dans la même recherche, Haddouche a calculé la biomasse et il a spatialisé le coefficient d'efficacité des pluies (CEP) qui lui a permis d'élaborer un plan de gestion de la ressource. Khaldi (2014) a représenté la gestion non-durable de la steppe algérienne. Cette étude a mis en évidence les pratiques ou politiques qui ont conduit à une exploitation insoutenable des ressources naturelles dans les steppes algériennes.

Le fonctionnement des systèmes socio-économiques détermine l'impact des usages et des pratiques sur ces ressources. Un suivi à long terme de ces régions, entamé dès les années 1970 et se poursuivant encore aujourd'hui (C.R.B.T., 1978 ; U.R.B.T., 1994 ; ROSELT/O.S.S., 2005) à travers des stations installées dans différentes zones steppiques, a permis d'évaluer et de cartographier leur potentiel, de quantifier l'intensité de leur dégradation et d'identifier les facteurs responsables. Une synthèse des travaux antérieurs est donnée dans le document final du projet ROSELT, disponible en ligne sur le site de l'O.S.S.

En collaboration avec le Centre National des Technologies Spatiales (C.N.T.S), la Direction Générale des Forêts (D.G.F) a élaboré en 1995 une carte de sensibilité à la désertification et qui

a été actualisée en 2009. Cette carte permet de cartographier les zones qui présentent un risque plus élevé de désertification, c'est-à-dire les régions les plus vulnérables à la dégradation des sols, à l'érosion éolienne et hydrique, ainsi qu'à d'autres facteurs contribuant à la désertification (Haddouche, 2021).

1.1.2. Quelques projets de recherche qui s'inscrivent dans le cadre de la lutte contre la désertification

Projet : les sentinelles de la désertification, N° Alg-SGP/OP6/CORE/LD/18-04 ».Ce projet a été sanctionné par un « Protocole pilote de suivi évaluation de la désertification : applicable dans les wilayas de Saida- Naama- Tlemcen- El Bayadh », élaboré par l'expert Haddouche (2021) au profit de l'Association pour la Protection et l'Amélioration de l'Environnement APAE (Nâama) . Le protocole arbore les dimensions, l'importance du « suivi-évaluation » comme système intégré et son fonctionnement (pilotage et gestion du projet, étapes d'un projet, élaboration du cadre logique, le chemin critique d'un projet...etc).

Etude de la variabilité spatio-temporelle de la sécheresse météorologique (Cas de la région steppique) : Elle est essentielle pour comprendre les schémas de sécheresse, leurs causes et leurs conséquences sur l'écosystème et les communautés locales. La région steppique étant caractérisée par un climat semi-aride à aride, elle est sujette à des sécheresses récurrentes qui peuvent avoir des impacts significatifs sur l'agriculture, l'élevage, la biodiversité et les ressources en eau. Cette étude vise à mise en place d'une base de données sécheresses, caractérisation de l'aléa « sècheresse » dans la région des hautes plaines (fréquence, périodicités, récurrences, longueurs...etc.) et évaluer les impacts sur la production végétale dans les hautes plaines (M.A.D.R., 2019).

Risque Canicules et stratégies d'adaptation : Les études menées par le CRSTRA dans le cadre de l'Accord EUR-OPA Risques Majeurs, ont d'une part permise de caractériser l'évolution des épisodes de canicules dans le contexte des changements climatiques, qui a mis en lumière un accroissement des épisodes caniculaires par leurs durées, leurs fréquence et intensité depuis les années 1980. Actuellement le CRSTRA est en train d'élaborer : d'une part, des outils d'aide à la décision (cartes de l'aléa canicule pour l'Algérie) et d'autre part d'inventorier les bonnes pratiques issues des savoir-faire locaux ancestraux dans l'adaptation et l'atténuation du risque canicule. Par ailleurs, le CRSTRA prépare des supports de vulgarisation destinés aux institutions nationales, collectivités locales et aux populations vulnérables (CRSTRA, 2017).

Moyens de lutte contre le phénomène d'ensablement au niveau du cordon dunaire du Zahrez Gharbi El Mesrane (Djelfa-Algérie) : Les expérimentations consistent à tester les diverses techniques de fixation des dunes et comparer leurs résistances aux conditions pédoclimatiques, ainsi que leurs efficacités pour arriver à un modèle de stabilisation fiable et économique. Les expériences se fondent sur une double stratégie : la lutte mécanique et la lutte biologique. En ce qui concerne la fixation mécanique, les essais ont porté sur la porosité de la maille (matériaux synthétiques), sa résistance aux vents forts, les techniques d'attache et la durée de vie du dispositif. Les palissades en maille plastique extrudée, dressées perpendiculairement au vent dominant ont permis d'équilibrer le bilan sédimentaire des formations éoliennes. Les différentes améliorations apportées au matériau plastique, ont permis aux palissades de résister aux conditions climatiques extrêmes. Les matériaux synthétiques procurent les mêmes avantages que les produits végétaux inertes et de plus, les problèmes de l'homogénéité, de la disponibilité et de la rapidité d'exécution ne se posent pas. Ce nouveau dispositif innovant de l'INRF a été breveté par l'Institut National Algérien de la Propriété Industrielle (INAPI) (M.A.D.R, 2019).

Etude de la sécheresse climatique dans les steppes sud Oranaises et Algéroises « Approche statistique et cartographie automatique » : L'objectif de cette étude est de répondre à la question suivante : en zones arides et semi arides Algériennes la pluviosité a-t-elle subi une tendance à la baisse ?

Lors de l'étude et de l'analyse des pluies, une approche axée sur l'étude spatiotemporelle des pluies annuelles, saisonnières et mensuelles, par des méthodes statistiques multidimensionnelles et une approche de cartographie automatique abordée par les méthodes géostatistiques a été établie (Benlabiod, 2013).

Apport de la télédétection pour la cartographie de la dégradation des sols :

Pour analyser l'état de dégradation des sols et en évaluer les risques d'extension et d'aggravation, la télédétection s'avère un outil très pratique. Une des approches utilisées pour la cartographie de la dégradation des sols est celle des indices spectraux. Ces travaux ont montré que les propriétés spectrales des sols dépendent généralement de leur niveau de dégradation. La cartographie de la dégradation des sols est estimée par l'utilisation de l'indice spectral LDI. (Land Degradation Index) pour caractériser les conditions de surface à partir des données images ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer) et ETM+ (Enhanced Thematic Mapper plus) (M.A.D.R, 2019).

Ces études ont été sanctionnées par des plans d'action à mettre en œuvre dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie forestière à l'horizon 2035.

1.2.Principales actions menées dans les hautes plaines steppiques

1.2.1. Le barrage vert

Selon Nedjraoui et Bédrani (2008), de 1962 à 1969, il y a eu la mise en place des chantiers populaires de reboisement (C.P.R). Ces chantiers avaient pour objectif principal l'amélioration et l'aménagement des parcours, ainsi que la lutte contre l'érosion éolienne dans les zones steppiques d'Algérie. Au total, environ 99 000 hectares de plantations forestières ont été réalisés au cours de cette période. Les chantiers populaires de reboisement visaient à restaurer et à renforcer la couverture végétale dans les régions steppiques, où les ressources forestières étaient souvent limitées. Les plantations d'arbres étaient effectuées pour reboiser des zones dégradées, stabiliser les sols, et contribuer ainsi à la préservation des parcours et à la réduction de l'érosion éolienne.

Le projet du "Barrage vert", lancé en 1974 en Algérie, visait à freiner le processus de désertification dans les zones arides et semi-arides, couvrant une superficie d'environ 3 millions d'hectares et s'étendant des frontières occidentales aux frontières orientales du pays. L'objectif principal était de rétablir l'équilibre écologique en arrêtant l'avancée des déserts et en renforçant la couverture végétale.

Cependant, le projet du "Barrage vert" s'est avéré être une erreur technique et a rencontré des difficultés majeures. D'une part, les sols de ces régions étaient souvent inadaptés à la plantation d'arbres, et l'absence d'irrigation prolongée dans des zones où les précipitations variaient entre 200 et 350 mm a rendu la croissance des arbres difficile. D'autre part, le choix de l'espèce d'arbre, le pin d'Alep, s'est révélé mal pensé, car cette espèce était très vulnérable à la chenille processionnaire. En conséquence, le "Barrage vert" s'est avéré coûteux et n'a pas atteint les objectifs escomptés en matière de lutte contre la désertification. Malgré les bonnes intentions du projet, ses résultats ont été mitigés, et il a suscité des critiques concernant son approche non adaptée aux conditions locales et l'absence d'une planification scientifique approfondie (Nedjraoui et Bédrani, 2008).

Les recherches menées par Mohammedi et *al.* (2006) ont mis en évidence que les opérations de reboisement et d'aménagement entreprises dans le cadre du projet "Barrage vert" ont été réalisées sans prendre en compte des études préalables approfondies. Cette absence de planification adéquate a conduit à des résultats insatisfaisants dans l'ensemble du projet. Plusieurs facteurs ont contribué à cet échec :

- Mauvais choix des espèces végétales : Le pin d'Alep, choisi comme espèce principale pour le reboisement, s'est avéré vulnérable à des problèmes tels que la chenille processionnaire, ce qui a compromis sa croissance et son développement ;

- Techniques de plantation inappropriées : Les méthodes de plantation utilisées n'étaient pas adaptées aux conditions spécifiques des sols et du climat des régions concernées, ce qui a limité la survie et la croissance des arbres ;
- Transformation des espaces de parcours : Dans certains cas, des zones de parcours essentielles pour l'élevage ovin extensif ont été transformées en zones boisées, ce qui a entraîné une réduction des ressources alimentaires disponibles pour les troupeaux ;
- Absence d'intégration de la population : Les communautés locales n'ont pas été impliquées de manière adéquate dans la planification et la mise en œuvre du projet, ce qui a entraîné un manque de soutien et de coopération ;
- Inadéquation entre la vocation des terres et l'aménagement réalisé : Les terres destinées au reboisement n'étaient pas toujours appropriées pour la croissance des arbres, ce qui a contribué à l'échec global du projet.

Actuellement, à part certaines zones au niveau des piémonts Nord de l'Atlas Saharien où l'espèce a pu se développer correctement, il ne reste que des traces formées par quelques pins d'Alep rabougris (Nedjraoui et Bédrani, 2008).

Néanmoins, cette expérience a été précieuse pour la prise de conscience des défis liés à la désertification et a contribué à l'évolution des approches de préservation et de restauration des écosystèmes steppiques. Depuis lors, d'autres initiatives et politiques ont été mises en place, mettant l'accent sur des approches plus adaptées aux conditions locales et sur la participation des communautés locales dans la gestion durable des ressources naturelles. Ces efforts continuent de se développer pour lutter contre la désertification en Algérie et préserver les écosystèmes steppiques fragiles.

Selon M.A.D.R.,(2019), Aujourd'hui, l'Algérie entreprend de relancer la mise en œuvre de ce projet de grande envergure selon les nouveaux concepts de développement durable et de lutte contre la désertification. Après diagnostic du barrage vert à travers le bilan des réalisations et l'état des lieux, le plan d'action proposé par l'étude porte sur deux ensembles bien distincts :

Plan d'action pour la réhabilitation : avec la mise à niveau de la plupart des réalisations existantes, principalement, les plantations sous leurs différentes natures. Cette partie a permis de dégager une panoplie d'actions, allant de la mise en défens à la coupe d'éclaircie, on distingue :

- Les travaux sylvicoles, rassemblant les coupes d'amélioration (éclaircie, sanitaire), les élagages ;
- Les traitements phytosanitaires (lutte contre la chenille processionnaire) ;

- Les travaux de reconstitution et de densification de plantation (repeuplement forestier, regarni, entretien, plantation pastorale, traitement mixte de dunes...);
- Les mises en défens d'espaces plantés ;
- Autres (ouverture de parcelle au pâturage, proposition d'études...).

Plan d'action pour l'extension : il sera distingué les actions à entreprendre dans diverses natures d'extension : domaine forestier, domaine dunaire, les bandes routières vertes et l'immense domaine agropastoral.

1.2.2. Création de coopératives pastorales

Aujourd'hui Le lancement de la Révolution Agraire et la promulgation du code pastoral avaient pour principal objectif de limiter le cheptel des gros propriétaires, de créer des coopératives pastorales pour les petits éleveurs, et de permettre une meilleure gestion de la steppe. Ces objectifs étaient soutenus par des mesures telles que la mise en défens de certaines zones, l'interdiction des labours sur les zones pastorales et l'arrachage des espèces ligneuses. Des conflits d'intérêts sont apparus lors de l'application du Code Pastoral, et toutes ces dispositions n'ont pas pu être pleinement mises en œuvre. Aujourd'hui, bien que le code n'ait jamais été abrogé, il est rarement évoqué, et les mêmes rapports de force qu'avant son existence persistent (Nedjraoui et Bédrani, 2008).

La première et la deuxième phase de la Révolution Agraire ont donné lieu à la création des Coopératives Agricoles Polyvalentes Communales de Service (C.A.P.C.S) pour approvisionner les éleveurs en biens alimentaires et domestiques. La troisième phase a été réduite à la création de 200 coopératives d'élevage pastoral (C.E.P.R.A) et de 49 A.D.E.P., ainsi qu'au versement des terres au Front National de la Révolution Agraire (Benguerai, 2011).

L'Association du Développement de l'Élevage Pastoral (A.D.E.P), créée en 1930, avait pour objectif d'instaurer une modernisation des systèmes d'élevage ovin traditionnel à travers une sédentarisation des nomades en accroissant la charge à l'hectare grâce à une mise en défens et l'introduction de techniques de pâturage et de conduite des troupeaux rationnelles. Cette association a été à la base de la création des Z.D.I.P (Zone de Développement Intégré du Pastoralisme). Cependant, cette stratégie a abouti à une surexploitation des ressources naturelles et a favorisé la désertification. L'objectif de l'A.D.E.P au niveau de ces Z.D.I.P était de créer 40 coopératives pastorales, chacune composée de 26 éleveurs ayant chacun 100 brebis et 5 béliers, et disposant de 10 000 ha de parcours clôturés (Chellig, 1992).

En effet, le nombre de coopératives créées était très faible par rapport à la population autochtone, ce qui a limité leur efficacité et leur impact sur la préservation des ressources

pastorales. De plus, les zones délimitées pour ces coopératives n'étaient souvent pas en adéquation avec les habitudes et le mode de vie traditionnel des éleveurs. Cette politique a provoqué un bouleversement du système de vie de ces populations, entraînant un désintérêt et un abandon progressif de ces coopératives. Au fil du temps, ces structures ont fini par disparaître complètement (Mohammedi et al., 2006).

Selon Yerou (1998), le phénomène de la détribalisation a eu un impact négatif sur ce projet de développement. L'organisation sociale basée sur les tribus était profondément enracinée et soudée, et il aurait été contre-productif de la briser. Au lieu de cela, il aurait été plus opportun d'amender cette structure sociale, en la considérant comme un pilier sociologique et en négociant de nouveaux modes de conduite et de gestion qui respectent les valeurs et les traditions locales. Une approche plus participative et adaptée à la réalité socioculturelle aurait pu contribuer à une meilleure mise en œuvre des politiques de développement et à un plus grand soutien des communautés locales.

1.2.3. Le dossier steppe

Le plan quinquennal (1985-1989) est caractérisé par la mise en place de deux plans de développement steppique (dossier viandes rouges et dossiers steppe). Le dossier viandes rouges avait pour objectif l'organisation de la filière viandes rouges, notamment ovines. Cette organisation touchait les fonctions de (production, commercialisation du cheptel vif, abattage et transformation).

Le dossier "steppe" avait pour objectifs la mise en place d'une organisation adaptée à la steppe, notamment en mettant en place des structures technico-administratives pour soutenir et promouvoir la production. Un des principaux objectifs était également la lutte contre la désertification et la régénération du couvert végétal. Cela passait notamment par la mise en valeur des terres en sec et en irrigué, ainsi que l'organisation et le développement de l'élevage ovin. L'objectif global était d'améliorer la gestion des ressources naturelles et de favoriser un développement durable dans les régions steppiques, en prenant en compte les spécificités environnementales et socio-économiques de ces zones (Benguerai, 2006).

L'adoption du dossier steppe a conduit à la création du Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (H.C.D.S) en décembre 1981, dont la mission était de mettre en place une politique de développement intégré pour la steppe, prenant en compte tous les aspects économiques et sociaux. Bien que le texte de création du H.C.D.S lui attribuait la tâche d'impulser le développement global de la steppe, les réalisations concrètes du H.C.D.S se sont principalement concentrées sur la réhabilitation des parcours dégradés en mettant en défens certaines zones et en effectuant des plantations d'Atriplex. De plus, le H.C.D.S a

également créé quelques zones d'épandage et multiplié les points d'eau, dont les derniers ont été réalisés en utilisant l'énergie solaire. Malgré ces actions, le développement global de la steppe n'a pas été totalement atteint, et des défis subsistent quant à la gestion durable des ressources naturelles dans ces régions steppiennes (M.A.D.R., 2007 ; Benguerai, 2011 ; Moulay, 2013).

1.2.4. Le programme national de mise en valeur

Le Plan National de Développement Agricole (P.N.D.A) est l'un des outils clés mis en place pour mettre en œuvre la stratégie globale visant à moderniser et améliorer l'efficacité du secteur agricole en Algérie, ainsi que la protection et la gestion des ressources naturelles notamment eau, sols et forêts. Ce plan repose sur une série de programmes spécifiques conçus en fonction des contraintes agro-climatiques propres à l'Algérie. L'application des programmes du P.N.D.A se fait selon une approche participative, impliquant les parties prenantes concernées, dans un esprit de partenariat. Cette démarche vise à favoriser l'engagement et la collaboration entre les acteurs du secteur agricole afin d'assurer une mise en œuvre réussie et adaptée aux réalités locales (Mekhloufi, 2020).

Le P.N.D.A vise à moderniser les pratiques agricoles, à améliorer la productivité et à promouvoir des méthodes plus respectueuses de l'environnement. Il prend en compte les spécificités des différentes régions du pays et cherche à relever les défis liés aux contraintes climatiques et environnementales propres aux écosystèmes steppiennes et semi-arides.

En mettant en œuvre le P.N.D.A., l'Algérie cherche à développer durablement son secteur agricole, à accroître la production alimentaire et à améliorer les conditions de vie des populations rurales, tout en préservant les ressources naturelles et en luttant contre la désertification et la dégradation des terres.

1.2.5. Le Plan National de Reboisement (P.N.R)

Le Plan National de Reboisement (P.N.R) vise à promouvoir la plantation d'arbres, notamment d'essences fruitières, dans le but de bénéficier aux populations locales. Ce plan s'inscrit dans une démarche de développement durable et de préservation des équilibres naturels des écosystèmes.

En mettant en œuvre des plantations fruitières, le P.N.R cherche à améliorer la sécurité alimentaire des communautés locales en leur fournissant des sources de nourriture supplémentaires. Les arbres fruitiers peuvent également contribuer à générer des revenus pour les populations rurales en vendant les fruits sur le marché (M.A.D.R, 2019).

Outre la dimension économique, le P.N.R a également des implications environnementales positives. Les arbres contribuent à la lutte contre l'érosion des sols, à la conservation de l'eau et à la protection de la biodiversité. Ils jouent un rôle crucial dans la préservation des écosystèmes et la lutte contre la désertification dans les zones arides et semi-arides de l'Algérie.

Le P.N.R s'appuie sur la concertation et la participation des communautés locales. L'implication active des populations dans la mise en œuvre des projets de reboisement favorise l'appropriation des initiatives, renforce leur durabilité et assure une gestion plus responsable des ressources naturelles.

Le Plan National de Reboisement en Algérie s'inscrit dans une vision globale de développement durable et vise à améliorer les conditions de vie des populations rurales tout en préservant les équilibres naturels des écosystèmes.

1.2.6 Le Programme National de Développement Agricole et Rural (P.N.D.A.R)

Le Programme National de Développement Agricole et Rural (P.N.D.A.R), lancé en 2002 en Algérie, a joué un rôle important dans l'introduction de technologies d'irrigation appropriées aux zones arides et semi-arides. En encourageant le développement de ces techniques d'irrigation adaptées aux régions sèches, le P.N.D.A.R visait à améliorer la productivité agricole et la gestion durable des ressources en eau. L'une des technologies d'irrigation largement promues par le P.N.D.A.R était le système "goutte à goutte" et la micro aspersion. Ces systèmes permettent d'apporter l'eau directement à la racine des plantes de manière ciblée, réduisant ainsi les pertes d'eau dues à l'évaporation et à l'érosion du sol. Ils offrent également la possibilité de réguler précisément l'apport en eau, en fonction des besoins spécifiques des cultures et des conditions climatiques locales (M.A.D.R., 2019).

Le secteur privé s'est également impliqué dans la mise en œuvre de ces technologies d'irrigation, en produisant et installant les équipements nécessaires. Cette implication du secteur privé a contribué à accélérer l'adoption de ces nouvelles technologies et à renforcer les capacités locales en matière d'irrigation.

En résumé, le P.N.D.A.R a joué un rôle clé dans l'introduction de technologies d'irrigation adaptées aux zones arides et semi-arides de l'Algérie, en favorisant l'utilisation de systèmes d'irrigation plus efficaces. Ces efforts ont contribué à améliorer la résilience des communautés rurales face aux défis liés à la sécheresse et à renforcer la durabilité de l'agriculture dans ces régions.

1.2.7. La nouvelle Stratégie de Développement Rural Durable (S.D.R.D)

La Stratégie de Développement Rural Durable (S.D.R.D) lancée en 2009 en Algérie vise à promouvoir un développement rural intégré, durable et participatif. Cette stratégie met l'accent sur l'organisation des synergies économiques et sociales et s'appuie sur une implication active et responsable des autorités locales et des populations concernées dans la mise en œuvre des projets de développement.

L'approche de la S.D.R.D se concrétise à travers la mise en place de Projets de Proximité de Développement Rural (P.P.D.R) intégrés. Ces projets visent à accompagner les communautés rurales en leur apportant un soutien technique, organisationnel, financier et promotionnel. L'objectif est d'impliquer activement les acteurs locaux dans la conception et la mise en œuvre de ces projets, afin de répondre de manière spécifique aux besoins et aux réalités du milieu rural.

La S.D.R.D encourage également une démarche participative, dans laquelle les populations rurales sont associées aux processus décisionnels et à la définition des priorités de développement. Cette approche permet de mieux prendre en compte les aspirations et les préoccupations des communautés locales et de renforcer leur capacité à devenir acteurs de leur propre développement.

En adoptant cette stratégie, l'Algérie cherche à créer des conditions propices à un développement rural durable, en mettant en place des mécanismes de soutien et d'accompagnement adaptés aux besoins spécifiques des zones rurales. L'objectif est de promouvoir des initiatives économiques et sociales qui améliorent les conditions de vie des populations rurales tout en préservant les équilibres environnementaux et en favorisant la résilience face aux changements climatiques et aux défis liés à la désertification.

1.2.8. Le Programme de Renouveau Rural (P.R.R)

Le programme de renouveau rural 2009-2014 a été une initiative majeure visant à promouvoir le développement rural intégré en Algérie. Ce programme a mobilisé près de 140 milliards de dinars de ressources publiques pour sa mise en œuvre à travers 11,982 Projets de Proximité de Développement Rural Intégré (P.P.D.R.I). Les P.P.D.R.I ont été déployés dans 48 wilayas et 1,439 communes, couvrant ainsi de nombreuses régions rurales du pays. Ce programme a été conçu pour répondre aux défis spécifiques des zones rurales, y compris la lutte contre la dégradation des terres, la désertification et la sécheresse (M.A.D.R., 2019).

Le programme de renouveau rural a permis la réalisation de diverses actions visant à améliorer les conditions de vie de la population rurale. Cela inclut des projets de conservation

des sols, de restauration des terres dégradées, de reboisement et de gestion durable des ressources naturelles. Ces initiatives visaient à renforcer la résilience des communautés rurales face aux défis environnementaux et économiques (M.A.D.R., 2010).

En plus des actions environnementales, le programme a également pris en compte les besoins socio-économiques des populations rurales. Il a soutenu des projets visant à améliorer l'accès à l'eau, à l'éducation, à la santé, aux infrastructures de base, ainsi qu'au développement d'activités économiques génératrices de revenus pour les communautés locales.

L'objectif global du programme de renouveau rural était de promouvoir un développement rural durable et équilibré, tout en impliquant activement les populations rurales dans la prise de décision et la mise en œuvre des projets. En favorisant la participation des communautés locales, le programme cherchait à assurer la durabilité des actions entreprises et à renforcer le potentiel de développement des zones rurales en Algérie.

1.3. Sur plan international

1.3.1. Convention des nations unies sur la lutte contre la désertification

L'Algérie a joué un rôle précurseur dans la lutte contre la désertification et a été l'un des pays à l'origine de la Convention des Nations Unies de Lutte contre la Désertification (U.N.C.C.D). En tant que membre du groupe 77 (G77), un groupe de pays en développement au sein des Nations Unies, l'Algérie a activement participé à l'élaboration du premier brouillon de la convention (Benguerai, 2011).

La Convention des Nations Unies de Lutte contre la Désertification a été adoptée à Paris le 17 juin 1994 et est devenue le premier instrument international juridiquement contraignant visant à lutter contre la désertification et à atténuer les effets de la sécheresse dans les pays touchés, en particulier en Afrique.

Sur le plan national, l'Algérie a mis en œuvre la Convention par le biais de son Programme d'Action National (P.A.N) qui définit les actions et les stratégies spécifiques pour lutter contre la désertification sur le territoire algérien. En 2003, l'Algérie a réalisé et validé son P.A.N, montrant ainsi son engagement continu dans la lutte contre la désertification et la préservation de ses écosystèmes steppiques et autres zones sensibles. Ce P.A.N est périodiquement révisé et mis à jour pour suivre l'état d'avancement des actions prévues et s'adapter aux évolutions de la situation (M.A.D.R., 2019).

1.3.2. Avec l'Union Africaine

L'Algérie joue un rôle de leader dans le Plan d'Action du N.E.P.A.D (Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique). Le N.E.P.A.D est une initiative africaine visant à promouvoir le développement durable et inclusif sur le continent. Dans le cadre du N.E.P.A.D, l'Algérie s'engage activement dans la mise en œuvre des objectifs de la Convention des Nations Unies de Lutte contre la Désertification (U.N.C.C.D) en Afrique.

Le Plan d'Action du N.E.P.A.D vise à renforcer le soutien en faveur de la mise en œuvre des objectifs de la Convention des Nations Unies pour combattre la désertification en Afrique. Il a pour ambition d'améliorer les conditions de vie des populations locales et de contribuer à assurer la sécurité alimentaire sur le continent.

Le Plan d'Action du N.E.P.A.D s'appuie sur des programmes d'actions régionaux et sous-régionaux, permettant ainsi une approche coordonnée et intégrée pour lutter contre la désertification et ses conséquences en Afrique. Il favorise également la coopération entre les pays africains pour faire face aux défis communs liés à la dégradation des terres et à la désertification.

1.3.3. Avec les pays du bassin méditerranéen

La mise en place d'une cartographie de sensibilité à la désertification pour les pays des deux rives de la Méditerranée est une initiative cruciale pour combattre la désertification dans cette région. Le projet a été mené par l'Observatoire du Sahara et du Sahel (O.S.S) en collaboration avec les cinq pays de l'Union du Maghreb Arabe (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, Mauritanie).

L'implication de l'O.S.S et le financement européen ont été essentiels pour mener à bien ce projet, car ils ont permis de mobiliser les ressources et l'expertise nécessaires pour développer une méthodologie rigoureuse et réaliser une cartographie complète et précise. Cette collaboration régionale entre les pays de l'Union du Maghreb Arabe a également été bénéfique, car elle a permis de partager les connaissances et les expériences, renforçant ainsi les capacités des pays participants dans leur lutte contre la désertification.

1.3.4. Avec la ligue arabe

Selon M.A.D.R (2019), la coopération de l'Algérie avec le Centre Arabe des Études des Zones Arides et des Terres Sèches (A.C.S.A.D) pour lutter contre la désertification et la sécheresse est une initiative importante dans la région arabe. L'A.C.S.A.D est une institution spécialisée créée en 1970 sous l'égide de la Ligue arabe, dont l'objectif est de promouvoir la recherche scientifique et la coopération technique dans les domaines liés aux zones arides et aux terres sèches.

En collaborant avec l'A.C.S.A.D, l'Algérie s'engage à mettre en œuvre une stratégie concertée pour contrer les effets de la désertification et de la sécheresse, qui menacent les terres agricoles dans la région arabe. Cette coopération peut prendre différentes formes, telles que l'échange d'expertise, la mise en commun des connaissances scientifiques, la formation des professionnels, et la mise en place de projets de recherche et d'action concrets.

L'A.C.S.A.D est bien placé pour fournir des conseils et des solutions adaptées aux spécificités des zones arides, car il bénéficie d'une longue expérience et d'une expertise reconnue dans ce domaine. En collaborant avec cette institution régionale, l'Algérie peut renforcer ses capacités et bénéficier des meilleures pratiques développées par d'autres pays arabes pour faire face aux défis de la désertification et de la sécheresse.

1.4.Échecs des principales stratégies mises en œuvre dans la zone steppique

Le niveau de développement constaté dans les zones steppiques s'explique, en grande partie, par les politiques de l'État dans ces zones. En effet, face à la crise que traverse la steppe, les Pouvoirs Publics ont depuis l'indépendance tenté de soutenir l'essor de ces zones, sans réellement prendre en compte les problèmes environnementaux. Au départ, l'objectif de ces politiques visait principalement à diminuer l'écart du niveau de développement socio-économique de ces zones par rapport au reste du pays. La lutte contre la désertification n'est devenue une priorité qu'à partir du milieu des années 80. De multiples actions ont alors été menées à ce niveau, mais elles n'ont pas donné tous les effets positifs escomptés.

1.4.1. Sur le plan recherche scientifique

La steppe n'a pas suscité beaucoup d'intérêt de la part des décideurs en matière de recherche. À la fin des années soixante-dix, un travail important a été réalisé par le ministère de l'Agriculture, qui a décrit minutieusement l'ensemble des zones steppiques sur les plans physique, agricole, phytoécologique et humain. Cette étude n'a jamais été mise à jour (Benguerai, 2011).

Depuis le début des années soixante-dix, rares sont les chercheurs qui se sont penchés sur les problèmes de dégradation des terres et l'analyse des causes et des conséquences du processus de désertification. Cependant, les résultats de ces recherches n'ont pas été généralisés ni intégrés dans les actions gouvernementales de manière significative, car les travaux se sont le plus souvent limités à des institutions de recherche (A.A.R.D.E.S, C.R.E.A.D, C.R.B.T, universités) et ont été confinés dans le temps et dans l'espace (Benguerai, 2011).

Le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (H.C.D.S) avec ses nombreux ingénieurs aurait pu jouer un rôle crucial dans la combinaison des lacunes en matière de

recherche sur la steppe. Malheureusement, il semble qu'il n'ait pas été en mesure de le faire, peut-être en raison de l'absence d'une stratégie à long terme bien définie.

De même, le développement accéléré des cultures dans ces zones se heurte à l'absence de références en matière d'itinéraires techniques les plus adaptés sur le plan agro-économique. Cela signifie que les pratiques agricoles mises en œuvre dans la steppe n'ont pas été suffisamment étudiées et évaluées pour déterminer les méthodes les plus appropriées (Bensouiah, 2003).

En conséquence, le suivi des actions menées par le H.C.D.S, telles que la réalisation de mises en défens et la création de points d'eau, ne semble pas avoir permis de produire des connaissances utiles pour le développement de la steppe. Cela met en évidence l'importance d'une approche plus réfléchie et intégrée, qui combine la recherche scientifique, l'expertise technique et la participation des communautés locales pour trouver des solutions durables à la lutte contre la désertification et la dégradation des terres dans la zone steppique.

Cette situation met en évidence le besoin d'une approche plus systématique et intégrée de la recherche sur la steppe, en impliquant davantage les acteurs gouvernementaux et en mettant à jour les connaissances existantes. Une meilleure coordination entre les institutions de recherche, les universités et les décideurs permettrait de mieux comprendre les enjeux liés à la désertification et d'élaborer des politiques et des stratégies plus efficaces pour lutter contre ce phénomène.

1.4.2. Sur le plan technique

Les échecs des principales stratégies mises en œuvre dans la zone steppique sur le plan technique peuvent être dus à plusieurs raisons :

Approches non adaptées : Certaines stratégies peuvent ne pas être adaptées aux spécificités de la zone steppique. Des méthodes développées pour d'autres régions peuvent ne pas fonctionner de la même manière dans un environnement aride et fragile comme la steppe. Bien que le programme de Renouveau rural lancé en 2009 ait mobilisé d'importantes ressources financières, certaines actions ont été mal planifiées ou mal exécutées. Par exemple, les projets d'introduction de nouvelles technologies d'irrigation dans les zones arides et semi-arides n'ont pas toujours été adaptés aux conditions locales et n'ont pas atteint les résultats escomptés.

Le projet du « barrage vert » visait à planter des millions d'arbres le long de la zone steppique pour freiner la désertification. Cependant, le choix inadapté des espèces végétales et des

techniques de plantation, ainsi que l'absence de prise en compte des conditions locales, ont conduit à un échec majeur. Les plantations n'ont pas pu se développer correctement, et aujourd'hui, il ne reste que des traces de quelques pins d'Alep rabougris.

Manque de suivi et d'évaluation : Le manque de suivi et d'évaluation dans la lutte contre la désertification est un problème majeur dans la gestion des zones steppiques et d'autres zones touchées par ce phénomène. La mise en œuvre de politiques et de programmes de lutte contre la désertification exige un suivi rigoureux des actions entreprises et une évaluation régulière de leur impact (Haddouche, 2021).

Le suivi permet de vérifier si les mesures mises en place produisent les résultats escomptés et si elles sont efficaces dans la lutte contre la désertification. Cela permet également de détecter rapidement d'éventuels problèmes ou lacunes dans la mise en œuvre des actions et de les corriger en conséquence.

L'évaluation, quant à elle, permet de mesurer l'efficacité globale des politiques et des programmes de lutte contre la désertification. Elle permet de savoir si les objectifs fixés sont atteints et si les ressources sont utilisées de manière optimale.

Le manque de suivi et d'évaluation peut entraîner des inefficacités et des gaspillages de ressources. Sans un suivi régulier, il est difficile de savoir si les actions entreprises contribuent réellement à la lutte contre la désertification ou si elles sont insuffisantes pour faire face au problème. De même, sans évaluation, il est difficile de savoir si les politiques et les programmes doivent être ajustés pour obtenir de meilleurs résultats.

Manque de ressources financières et techniques : Les projets de développement dans des zones arides peuvent nécessiter des ressources financières et techniques importantes. Il faut signaler que les zones steppiques restent relativement sous-développées par rapport au reste du pays (Bensouiah et Bédrani, 2000). Le manque de financement et de moyens techniques adaptés à cet écosystème spécifique peut entraver la mise en œuvre efficace des stratégies.

Politiques inadéquates : Les politiques de développement peuvent ne pas être en adéquation avec les objectifs de préservation de l'environnement et de développement durable dans la zone steppique. Par exemple, les tentatives de créer des coopératives pastorales pour moderniser l'élevage ovin traditionnel et sédentariser les nomades se sont heurtées à des problèmes sociaux et organisationnels. Les coopératives étaient souvent mal adaptées aux habitudes des éleveurs, et leur gestion était complexe, entraînant leur disparition.

Les textes de création du H.C.D.S dotent de larges pouvoirs d'étude, de conception, de coordination et d'exécution de toutes les actions nécessaires au développement dans ces zones. L'intention était d'aboutir à un développement intégré des zones steppiques en faisant converger toutes les politiques sectorielles vers cet objectif. En toute logique, cette institution aurait dû être de nature intersectorielle et interministérielle pour avoir les pouvoirs nécessaires à la réalisation de ses missions. Or, elle a été mise sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et, de ce fait, n'a jamais eu l'autorité pour ne serait-ce que coordonner les actions de tous les Ministères intervenant sur les zones steppiques. Par ailleurs, à l'intérieur même de l'administration agricole, les chevauchements de compétences entre le H.C.D.S et les Directions des Services de l'Agriculture de Wilaya (D.S.A) et de la direction des forêts n'ont pas été réglés de façon claire, même s'il est vrai que les D.S.A s'occupent principalement des questions agricoles et très peu des problèmes pastoraux et de lutte contre la désertification (Bensouiah, 2003).

1.4.3 Sur le plan socioéconomique

Manque d'implication des populations locales : Les stratégies peuvent échouer si les populations locales ne sont pas impliquées dans leur conception et leur mise en œuvre. Les projets doivent prendre en compte les connaissances et les pratiques traditionnelles des communautés locales et leur permettre de participer activement au processus de décision.

Pressions économiques et démographiques : Les raisons économiques sont étroitement liées à la faiblesse de la création d'emplois dans les zones steppiques. En effet, ces zones ont moins profité, par rapport aux autres régions du pays, des créations d'emploi durant les années soixante-dix et, partiellement, quatre-vingts.

Les emplois créés dans les zones steppiques ont été principalement dans l'administration. L'agriculture et l'élevage ont sans doute été les principales sources d'emploi grâce aux ressources investies par l'État durant les différentes phases de la "Révolution Agraire". À son terme, en 1983, l'État a tenté de favoriser l'emploi dans l'agriculture en mettant en place la procédure d'accession à la propriété foncière agricole (A.P.F.A). Cette mesure consistait à donner en pleine propriété et au dinar symbolique des terres aux investisseurs qui s'engageaient à les mettre en valeur à leurs frais par l'irrigation ou par toute autre technique dans un délai de cinq ans (Bensouiah, 2003).

CHAPITRE III : TELEDETECTION ET SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

1- Télédétection

La télédétection est un outil utilisé pour étudier les objets et leur environnement en analysant les caractéristiques des ondes électromagnétiques réfléchies ou émises par ces objets. Cette technique repose sur le principe que chaque objet a sa propre signature spectrale en termes d'absorption, d'émission, de diffusion et de réflexion des rayonnements électromagnétiques. (Deshayes et *al.*, 1990).

Les capteurs à bord des satellites ou des avions enregistrent les données provenant des différentes bandes du spectre électromagnétique, y compris la lumière visible, l'infrarouge et le radar. Ces données peuvent ensuite être utilisées pour obtenir des informations sur la composition, la structure et la dynamique des objets et de leur environnement.

1.1 Objectifs de la télédétection

La télédétection joue un rôle important dans l'étude des écosystèmes, des terres agricoles, des ressources naturelles, des désertifications, et bien d'autres domaines. Elle permet d'obtenir des informations à grande échelle et de manière répétée, ce qui facilite la surveillance des changements sur le long terme et aide à la prise de décisions en matière de gestion de l'environnement.

Dans le contexte de la zone steppique, la télédétection peut être utilisée pour surveiller la dégradation des terres, évaluer la couverture végétale, détecter les changements dans l'utilisation des terres, et contribuer à la gestion durable de l'écosystème. En combinant les données de télédétection avec des informations de terrain et des connaissances locales, on peut mieux comprendre les problématiques liées à la désertification et élaborer des stratégies de développement plus adaptées et durables.

1.2 Processus de la télédétection

La télédétection est issue de l'interaction entre trois éléments fondamentaux : une source d'énergie, une cible et un vecteur (Fig.8).

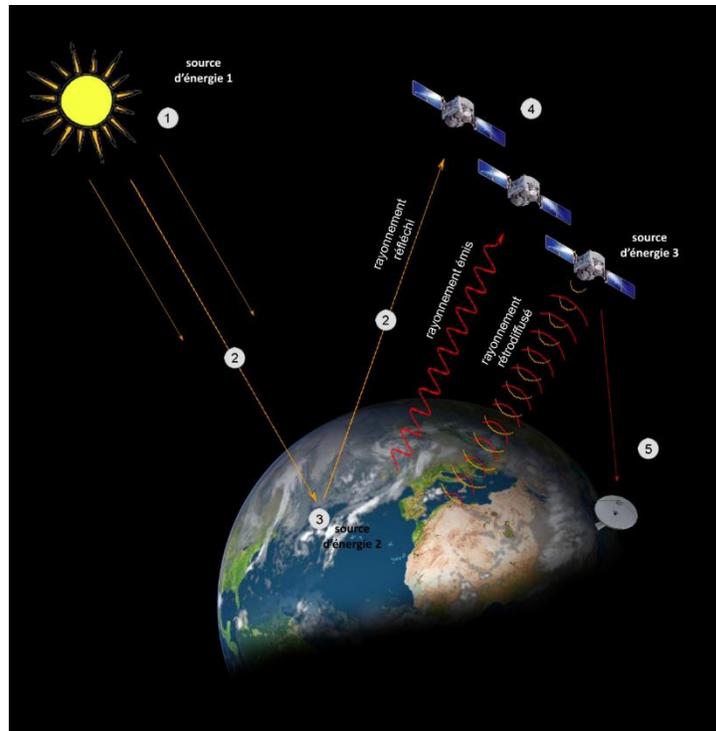


Figure n°8: Télédétection à l'aide des satellites
Source : U.V.E.D (2008)

Les sources d'énergie : ce sont les éléments qui éclairent la cible en émettant des ondes électromagnétiques (flux de photons). En télédétection, les sources d'énergie utilisées sont : le soleil, la surface terrestre (domaine thermique ou celui des micro-ondes passives) et le capteur satellite (domaine des hyperfréquences).

La cible : c'est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.

Le vecteur : le vecteur peut être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36.000 kilomètres. Les capteurs embarqués sur le satellite mesurent le rayonnement électromagnétique réfléchi, puis un émetteur renvoie l'image sur terre vers des stations de réception.

Lorsque le rayonnement émis par le système Terre est tout d'abord dans le domaine du visible et de l'infrarouge, puis, la technologie évoluant, dans le domaine des micro-ondes, on parle de télédétection passive. En revanche, lorsque le satellite émet sa propre source de rayonnement, essentiellement dans le domaine des micro-ondes et des lidars (télédétection par laser), et mesure le rayonnement renvoyé par la cible à analyser, on parle de télédétection active.

1.3 Techniques de la télédétection

1.3.1 Le rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique est l'énergie qui se propage dans l'espace et qui interagit avec la matière ; cette énergie est constituée d'ondes transversales indissociables (Caloz, 1992). Il correspond à l'ensemble des radiations émises par une source, sous forme d'ondes électromagnétiques. En effet, la répartition de ces dernières en fonction de leur longueur d'onde, de leur fréquence ou bien encore de leur énergie, représente « le spectre électromagnétique » (fig.9).

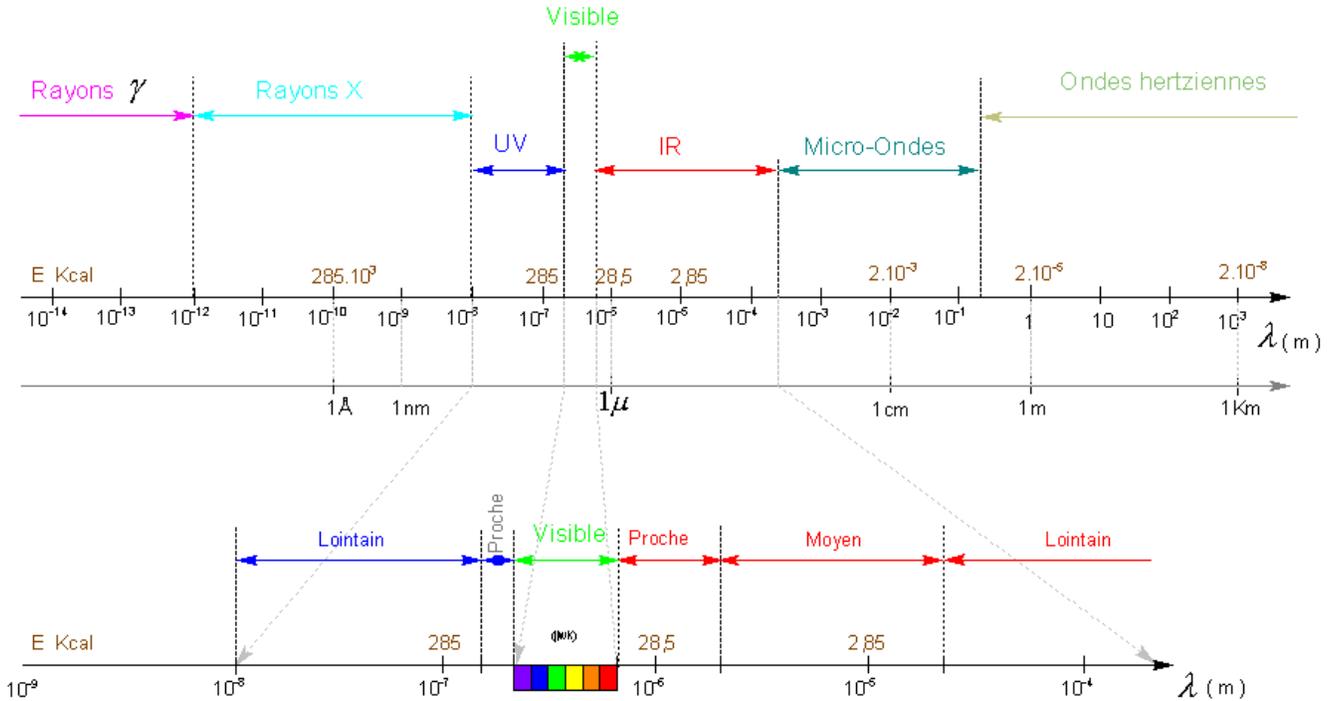


Figure n°9: Spectre électromagnétique
Source : Moquet (2003)

Selon Haddouche (1998), Les principales zones employées dans les mesures de télédétection sont :

Les ondes non-visibles :

- ✓ 0.35 - 0.40 mm (ultraviolet) ;
- ✓ 0.70 - 0.90 mm (proche infrarouge).

Les ondes visibles :

- ✓ 0.40 - 0.70 mm (visible) ;
- ✓ L'œil humain ne peut voir que la synthèse des trois bandes suivantes :
- ✓ 0.40 - 0.50 mm (bleu);
- ✓ 0.50 - 0.60 mm (vert-jaune);
- ✓ 0.60 - 0.70 mm (rouge).

1.3.2 Notion de réflectance

La réflectance est le rapport entre l'énergie réfléchi par un corps et l'énergie incidente. Les données recueillies sur les images, et pouvant être quantifiées, représentent l'intensité relative des différentes longueurs d'ondes. Ces valeurs enregistrées simultanément représentent "la signature spectrale des objets" (Girad MC, et Girad CM, 2010).

Selon les mêmes auteurs, la réflectance des sols varie suivant les diverses combinaisons entre les principaux paramètres de surface tels que : la matière organique, le fer et le calcaire ; elle varie aussi en fonction de l'humidité. Les sensations de couleur résultent des valeurs de la réflectance dans le visible.

Tout rayonnement (fig.10), affectant une matière donnée, est absorbé, réfléchi ou transmis de façon à répondre à la relation :

$$\alpha + \tau + \rho = I.$$

Où :

α = Absorption ;

τ = Transmission ;

ρ = Réflexion.

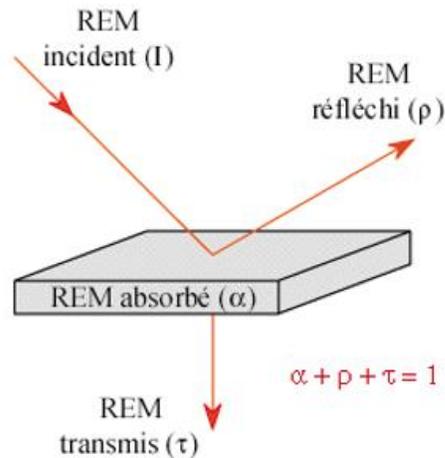


Figure n°10: Interactions du rayonnement électromagnétique avec la matière
Source : Bonn et Rochon (1992).

Seules les ondes réfléchies par les objets peuvent être enregistrées par un capteur. Ce sont elles qui sont intéressantes en télédétection. Les capteurs enregistrent l'énergie issue principalement d'un rayonnement incident, ou de l'émission d'ondes électromagnétiques par l'objet.

1.3.3 Signatures spectrales des principales surfaces naturelles

Chaque surface, en fonction de la nature et les caractéristiques intrinsèques des objets, possède une signature spectrale spéciale (quantité d'énergie émise ou réfléchi en fonction de la longueur d'onde) qui permettra son identification sur les images satellitaires. La figure suivante représente la signature spectrale des principales surfaces naturelles.

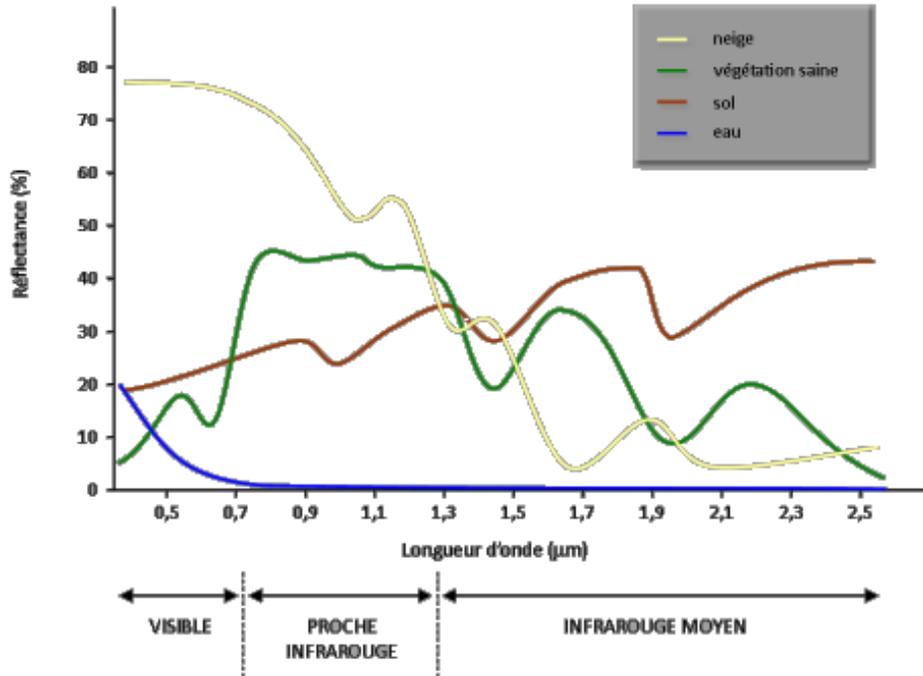


Figure n°11 : Signatures spectrales des surfaces naturelles
 Source : Bonn et Rochon, (1992)

Signature spectrale des sols

Les sols sont un élément crucial dans l'analyse par télédétection car ils constituent une composante essentielle des surfaces terrestres. L'étude des propriétés spectrales des sols est complexe en raison de leur nature hétérogène et de la présence de divers éléments tels que les matières minérales, les matières organiques et l'eau.

Chaque composant du sol a une influence distincte sur la réflectance du rayonnement électromagnétique, ce qui signifie que différents types de sols peuvent avoir des signatures spectrales uniques. Par exemple, les sols riches en matières organiques peuvent avoir une réflectance plus élevée dans le domaine du visible, tandis que les sols riches en minéraux peuvent avoir une réflectance plus élevée dans le domaine du proche infrarouge. La composition du sol peut également varier selon les conditions climatiques et géographiques, ainsi que les pratiques agricoles et la gestion des terres. Cela rend l'étude des propriétés spectrales des sols d'autant plus complexe et nécessite des analyses approfondies pour interpréter correctement les données de télédétection.

La courbe de réflectance d'un sol nu présente, contrairement à celle d'un végétal chlorophyllien, la particularité d'être régulièrement croissante et convexe dans la portion du spectre allant de 0,4 à 1,3 µm (du visible jusqu'au proche infrarouge). Elle présente à 1,45 µm, comme celle d'un végétal chlorophyllien, une diminution importante, suivie d'une

augmentation vers 1.5 μm . Les sols nus ont une réflectance plus ou moins forte en fonction de l'état de leur surface, mais l'allure générale de la courbe reste toujours la même. La réflectance des sols diminue lorsque leur humidité augmente. Les composants minéraux les plus facilement identifiables sont les ions ferreux et ferriques. La présence de carbonate de calcium ou de gypse se traduit par une augmentation de la réflectance dans le visible et le proche infrarouge. En plus de la teneur en eau et de la composition minérale, la rugosité et la teneur en matière organique réduisent également la réflectance (C.N.T., 1998).

Khebour (2000) a montré que les spectres de réflectance des sols diffèrent en fonction de la nature des états de surface. Les voiles éoliens se caractérisent par une forte réflectance par rapport aux pellicules et/ou aux croûtes de battance, alors que la roche calcaire se caractérise par une faible réflectance (40%). Ceci est attribué à l'effet assombrissant créé par la patine qui recouvre la roche et aux blocs calcaires avoisinants (ombres).

Signature spectrale de l'eau

L'eau a des propriétés optiques très différentes selon qu'elle soit à l'état liquide ou à l'état solide. La signature de l'eau est caractérisée par celle des molécules d'eau (eau pure) et par celle des constituants dissous ou en suspension, tels que les particules, les algues ou la matière organique. Une partie du rayonnement solaire qui atteint la surface de l'eau est réfléchi de manière spéculaire (réflexion comme un miroir) et une autre partie est réfractée et pénètre donc dans la masse d'eau. Cette partie réfractée est ensuite partiellement absorbée et diffusée dans l'eau (Bonn et Rochon, 1992).

La courbe de réflectance de l'eau décroît du bleu du visible jusqu'au proche infrarouge, où elle atteint son minimum. La réflectance de l'eau peut augmenter en présence de particules solides en suspension, tout en conservant la même allure générale de la courbe. La présence d'organismes chlorophylliens tels que les algues ou les végétations flottantes peut considérablement modifier les caractéristiques spectrales de l'eau (C.N.T., 1998).

Signature spectrale de la végétation

Le comportement spectral de la végétation est distinct de celui des sols et des roches. La végétation constitue un milieu complexe et dynamique, dont les propriétés spectrales évoluent avec les saisons et les phases de croissance (Bonn et Rochon, 1992). Cette variation est due à différents facteurs tels que la composition des espèces végétales, la densité foliaire, l'état hydrique des plantes et la présence de pigments comme la chlorophylle. Ces facteurs influencent la réflectance des plantes à différentes longueurs d'onde, ce qui permet de les distinguer et de les caractériser à partir des images satellites ou des données de télédétection.

Le flux de rayonnement émis ou réfléchi par un couvert végétal provient à la fois des organes végétaux et du sol sous-jacent. Au fur et à mesure que la culture se développe, la contribution de réflectance du sol diminue et est remplacée par celle des feuilles. Cela entraîne une diminution de la réflectance dans le visible et l'infrarouge moyen, et une augmentation dans le proche infrarouge. Ce phénomène s'inverse durant la phase de sénescence, lorsque la végétation vieillit. Pendant la phase active de la croissance de la végétation, la réflectance du couvert diminue dans le visible et l'infrarouge moyen, tandis qu'elle augmente dans le proche infrarouge (Slim, 2012).

Par contre, les phénomènes s'inversent durant la phase de sénescence (maturation). La sénescence se manifeste tout d'abord par un accroissement de la réflectance dans le visible, notamment dans le jaune et le rouge suite à la disparition de la chlorophylle. La réflectance croît alors de manière continue dans le domaine du visible. Dans l'infrarouge et dans l'infrarouge moyen les propriétés optiques ne changent que plus tard lorsque la structure anatomique interne est altérée au cours du dessèchement. On peut noter l'effet très net du dessèchement dans l'infrarouge moyen où l'on voit s'estomper progressivement les bandes d'absorption de l'eau (I.N.R.A., 1983).

1.4 Analyse d'une image

Les satellites de télédétection collectent le rayonnement électromagnétique provenant de la surface de la Terre pour des surfaces élémentaires appelées « pixels », dont l'assemblage ordonné selon une grille régulière forme des images (fig.12). Ces mesures sont liées à la nature physique de la surface observée et renseignent sur les processus qui s'y déroulent. Les mesures d'un capteur étant faites pour plusieurs longueurs d'onde, les images fournies par les satellites comportent en général plusieurs canaux ou bandes spectrales.

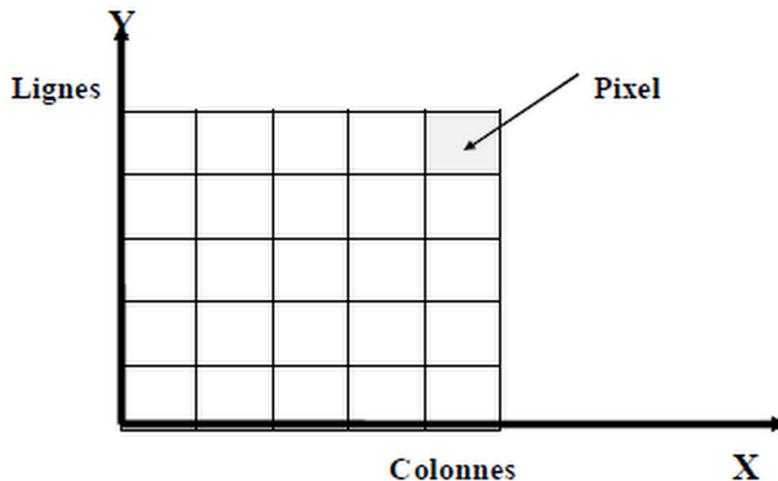


Figure n°12 : : Représentation de l'image
Source : Haddouche (1998)

Les images brutes issues des capteurs ne sont pas dans une projection cartographique standard, compte tenu de la géométrie de prise de vue du satellite. Des outils existent dans les logiciels de traitement d'images pour ramener celles-ci dans des projections classiques. Cependant, cette tâche est de moins en moins nécessaire pour l'utilisateur, car les images sont fournies dans des projections standards « géoréférencées », voire corrigées des déformations dues au relief « orthorectifiées ».

À ces corrections géométriques s'ajoute le besoin de corrections radiométriques permettant de s'affranchir au mieux des inévitables imperfections de l'instrument d'observation, dues notamment à l'atmosphère, mais également aux angles d'observation, aux effets optiques à l'intérieur de l'instrument, à la physique de la détection, etc. Le traitement a pour but de passer du rayonnement mesuré au niveau du satellite à sa valeur émise au niveau de la surface, en faisant abstraction des effets atmosphériques. Ces corrections ont longtemps été un problème pour l'utilisateur du fait de la faible disponibilité des données atmosphériques nécessaires pour les réaliser, mais la situation est en train de changer puisque ces corrections sont de plus en plus réalisées par les fournisseurs d'images (Escadafal et Bégnié, 2016).

L'étude de la dynamique du couvert végétal est axée sur la bonne représentation des unités principales sur une image, c'est-à-dire d'attribuer un pixel ou un groupe de pixels à une classe donnée pour mieux interpréter les objets de l'image. Cette représentation est dite « classification ». Elle est utilisée pour la production de cartes thématiques où 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 leurs caractéristiques de rétrodiffusion ou de signature spectrale. En traitement numérique des images, on distingue :

1.4.1 Classification non supervisée

C'est une méthode statistique de classification d'images qui ne nécessite pas l'utilisation d'échantillons d'entraînement préalablement étiquetés. Elle repose sur l'analyse des statistiques d'image et consiste à regrouper les pixels ayant des réponses spectrales similaires en classes ou groupes homogènes appelés "regroupements spectraux" ou "classes". L'analyste doit ensuite interpréter et attribuer une signification ou une identité à chaque classe pour identifier les différents objets ou caractéristiques présents dans l'image. C'est une approche automatisée qui permet d'explorer la structure spectrale de l'image sans connaissances a priori sur les objets à détecter.

1.4.2 Classification supervisée

Elle consiste à utiliser des échantillons d'entraînement préalablement identifiés par l'analyste pour guider le processus de classification. Ces échantillons d'entraînement sont des pixels

dont l'identité ou la classe est connue, généralement marqués manuellement sur l'image. L'algorithme de classification utilise ces échantillons pour apprendre à discriminer les différentes classes et assigne ensuite automatiquement les pixels restants de l'image à ces classes. Cela permet d'obtenir une classification plus précise et contrôlée, car l'analyste a une connaissance préalable des classes qu'il souhaite identifier.

Ce type de classification fournit directement une cartographie définitive en couleurs conventionnelles. Le choix des zones témoins reste largement empirique en nombre et en étendue par catégorie. La réalisation d'un compromis entre le nombre de classes et le niveau de fiabilité a priori de la catégorisation est difficile (Ximenes et *al* ; 2005).

1.5 La télédétection des couverts végétaux

Il est possible de construire des indices à partir d'une combinaison simple ou complexe de bandes spectrales. Ces combinaisons de bandes ont de bonnes capacités discriminantes et permettent de révéler des propriétés particulières des végétaux, comme leur contenu en chlorophylle (Tucker, 1979). Cet écart entre la réflectance dans le rouge (R) et la réflectance dans le proche infrarouge (P.I.R) a conduit à la création de nombreux indices de végétation visant à mesurer l'activité photosynthétique des plantes (tab.5).

Tableau n°5: Indices de végétation les plus couramment utilisés

DENOMINATION	FORMULE	AUTEURS
RVI Ratio Vegetation Index	$\frac{\text{PIR}}{\text{R}}$	JORDAN, 1969
NDVI Normalized Diference Vegetation Index	$\frac{\text{PIR} - \text{R}}{\text{PIR} + \text{R}}$	ROUSE et al., 1973
PVI PerpendicularVegetation Index	$\frac{(\text{PIR} - a \text{R} - b)}{\sqrt{(a^2 + 1)}}$	JACKSON et al., 1980
SAVI Soil Adjusted Vegetation Index	$\frac{(\text{PIR} - \text{R})}{(1 + \frac{\text{L}}{\text{PIR} + \text{R} + \text{L}})}$	HUETE, 1988
TSAVI Transformed Soil Adjusted Vegetation Index	$\frac{a (\text{PIR} - a\text{R} - b)}{\text{R} + a \text{PIR} - a b + 0.08(1+a^2)}$	ARET et al., 1989

R : Canal rouge ; PIR : Canal proche infrarouge ; L : facteur d'ajustement du sol ; a : pente de la droite des sols nus, dans l'espace R/PIR ; b : ordonnée à l'origine de la droite des sols nus.

Malgré le développement de plusieurs indices de végétation plus récents, le N.D.V.I (Normalized Difference Vegetation Index) reste l'indice le plus utilisé. Car, il a démontré une forte corrélation avec des paramètres de la végétation telles que la vitalité de la végétation et la biomasse végétale.

2- Les systèmes d'information géographique

Un Système d'Information Géographique est un ensemble de données numériques, localisées géographiquement et structurées à l'intérieur d'un système de traitement informatique comprenant des modules fonctionnels permettant de construire, de modifier, d'interroger et de représenter la cartographie, la base de données, selon des critères sémantiques et spatiaux (Gilliot, 2000).

Selon Didier et Bouveyron (1993), un S.I.G est un ensemble de données représentées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire des synthèses utiles à la décision.

Les systèmes d'information géographiques présentent une grande utilité en répondant de manière fiable et efficace aux questions et aux problèmes de manière rapide. La gestion des ressources en eau, la conception et la réalisation d'aménagements du territoire font largement appel aux connaissances et aux méthodes de l'hydrogéologie. Dans ces domaines, les systèmes d'information géographiques (S.I.G) contribuent à une utilisation plus souple et plus efficace des modèles de simulation, voire à la conception éventuelle de nouveaux modèles plus performants (Ennabati, 2016).

2.1 Structure de l'information géographique

L'élaboration d'un Système d'Information Géographique (S.I.G) permet la représentation de la région d'étude par une série de cartes thématiques, ce qui facilite une meilleure analyse des données. Le SIG est un outil technique permettant une bonne visualisation des données spatiales, ce qui offre une meilleure perception de l'évolution du milieu. Les S.I.G permettent également aux gestionnaires d'avoir un document de référence utile pour tout programme de développement durable. En regroupant les données géographiques, les informations socio-économiques, les caractéristiques environnementales, et bien d'autres données, le S.I.G offre une vision holistique du territoire, ce qui facilite la prise de décision éclairée dans de nombreux domaines, notamment la planification urbaine, la gestion des ressources naturelles, la prévention des catastrophes naturelles, etc.

- **Données « vecteurs »**

Le mode vecteur est une méthode de représentation des données géographiques qui utilise des primitives graphiques pour décrire les objets spatiaux. Ces primitives graphiques incluent des points, des lignes et des polygones (ou surfaces) pour représenter des objets spécifiques sur une carte ou dans un Système d'Information Géographique (S.I.G).

Le mode vecteur est privilégié lorsqu'une représentation précise et géométriquement exacte des objets est nécessaire. Il permet également de stocker des informations attributaires

détaillées associées à chaque objet, ce qui en fait un outil puissant pour l'analyse spatiale et la prise de décision dans les S.I.G. Cependant, il convient de noter que les données « vecteur » peuvent être plus lourdes en termes de stockage par rapport au mode raster (basé sur des cellules), qui est utilisé pour représenter des données continues et de surface, comme les images satellites et les modèles numériques de terrain.

- **Données « rasters »**

Le format « raster » est une méthode de représentation des données géographiques sous forme de matrices de pixels. Chaque pixel dans une image raster contient une valeur qui représente une thématique spécifique, telle que la couleur d'un point sur une photo aérienne ou la réflectance d'une surface dans une image satellite (Gilliot, 2000).

Le format raster est utilisé pour représenter des données continues, telles que des images satellites, des modèles numériques de terrain (M.N.T), des cartes de température, des images radar, etc. Il est particulièrement adapté pour l'analyse spatiale basée sur des données continues et la visualisation de surfaces géographiques. Cependant, les images raster peuvent être volumineuses en taille de fichier, en fonction de leur résolution, ce qui peut nécessiter des capacités de stockage et de traitement plus importantes par rapport au format vecteur.

2.2 Fonctionnement d'un SIG

Les systèmes d'information géographique (S.I.G) peuvent être conçus pour répondre à différents besoins et objectifs spécifiques. Cependant, la plupart des S.I.G ont en commun certaines fonctionnalités de base qui sont essentielles pour leur bon fonctionnement. Les principales fonctionnalités d'un SIG sont :

2.2.1 Acquisition des données

Le noyau du système est constitué par la Base de Données Géographiques (B.D.G), qui est un ensemble numérique de « cartes » et d'informations associées. Cette base de données décrit des objets à la surface de la terre et est composée de deux éléments : une base de données décrivant les objets spatiaux (localisation, forme) et une autre définissant les caractéristiques thématiques (attributs) de ces objets. Par exemple, on peut avoir une base de données décrivant des objets spatiaux tels qu'un puits, associées à des informations thématiques comme la profondeur, le débit, le niveau statique, etc. Cela constitue la base de données thématique du S.I.G. La combinaison de ces deux types d'informations permet de représenter et d'analyser les objets géographiques de manière complète et intégrée (Eastman, 1993).

Plusieurs sources de données peuvent être représentées dans un S.I.G telles que : les images satellitaires, les cartes photographiques, les photos aériennes, M.N.T, les données de terrain, import de fichiers, etc. L'acquisition des données peut être manipulée grâce aux différents outils tels que : le scanner, table de digitalisation, et même les logiciels.

2.2.2 Système de gestion de la Base de Données Géographiques

A l'aide d'un système de gestion de la base de données géographiques (S.G.B.D), il est possible de saisir l'information spatiale sous forme numérique, d'attribuer un contenu thématique aux objets spatiaux, d'analyser cette information sur la base de son contenu thématique et d'effectuer des représentations cartographiques.

2.2.3 Système d'analyse spatiale

Le système d'analyse spatiale a une liaison bidimensionnelle avec la B.D.G pour permettre un traitement de type analytique. Ainsi, il prélève à la fois de l'information de la B.D.G et la complète à l'aide de l'analyse. Par exemple, on peut chercher les zones d'une région qui ont une faible pente, un sol squelettique et fragile ; le résultat pourra être appelé "zone moyennement désertifiée et très sensible à la désertification". Cette information n'existait pas originellement dans la B.D.G mais a été dérivée sur la base de données existante et d'un ensemble de relations spécifiques. Ainsi, les capacités analytiques d'un système d'analyse spatiale et de S.G.B.D jouent un rôle essentiel dans l'extension de données, à travers les connaissances sur les relations qui existent entre les objets (Haddouche, 1998).

2.2.4 Système de restitution cartographique

Les SIG ont pour objectif l'édition graphique des données, tels que les résultats d'une requête, les cartes ou les statistiques cartographiques. Autour de la B.D.G, gravite un ensemble de systèmes. Le plus élémentaire est celui de représentation cartographique. Ce dernier permet de sélectionner des éléments de la B.D.G et de les représenter cartographiquement à l'écran ou à l'imprimante.

3- Le rapport SIG-téledétection

Le rapport entre les S.I.G et la télédétection est un partenariat essentiel dans le domaine de la géo-information. Les S.I.G (Systèmes d'Information Géographique) et la télédétection sont deux disciplines complémentaires qui permettent de collecter, gérer, analyser et représenter des données géographiques.

La télédétection fournit des données géospatiales à partir de capteurs montés sur des satellites, des avions ou des drones. Ces données se présentent généralement sous forme d'images ou de nuages de points. Ces images peuvent représenter la surface terrestre avec une résolution spatiale élevée et être capturées à différentes longueurs d'onde du spectre électromagnétique (visible, infrarouge, thermique, etc.).

Les données de télédétection sont utilisées pour diverses applications, telles que le suivi de l'utilisation des terres, la détection des changements environnementaux, la cartographie des ressources naturelles, la gestion des catastrophes naturelles, l'agriculture de précision, etc.

Les SIG, d'autre part, sont des systèmes informatiques qui permettent d'organiser, de stocker, de gérer, d'analyser et de représenter les données géographiques sous forme de couches cartographiques. Les données S.I.G peuvent inclure des informations géospatiales sur les routes, les rivières, les bâtiments, les frontières administratives, la topographie, les sols, la végétation, etc.

Les SIG offrent des fonctionnalités puissantes pour manipuler et analyser les données géographiques, telles que le calcul de distance, l'intersection spatiale, la superposition de couches, la création de modèles, etc. Ils permettent de produire des cartes thématiques, des analyses spatiales et de prendre des décisions éclairées basées sur les données géographiques.

Le rapport entre les SIG et la télédétection est donc étroit et synergique. Les données de télédétection servent de source initiale de données géographiques pour alimenter les S.I.G. Les images de télédétection peuvent être traitées dans un S.I.G pour extraire des informations, identifier des objets, effectuer des classifications, etc. Les résultats obtenus à partir des analyses de télédétection peuvent ensuite être intégrés dans les bases de données des S.I.G et utilisés pour créer des cartes et des analyses plus complètes.

En combinant les capacités des S.I.G et de la télédétection, on peut obtenir une compréhension approfondie de l'environnement, des ressources naturelles et des changements qui s'y produisent. Cette approche intégrée est essentielle pour la gestion durable des terres et des ressources, la planification urbaine, la prise de décision éclairée dans divers secteurs et la résolution des problèmes environnementaux et sociaux.

PARTIE 2

CARACTERISTIQUES DE LA REGION D'ETUDE

CHAPITRE IV : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

1-Situation géographique

La zone steppique occupe toute la partie Sud de la wilaya de Tlemcen. Cette zone présente les coordonnées angulaires de longitude 1° 03' 10" Est à 1° 52' 16" Ouest et de latitude 34° 41' 12" Nord à 40° 12' 24" Sud. Elle couvre une superficie de 3268,4 km² et présente un périmètre de 606,76 km. Cette région est caractérisée par de vastes étendues arides et semi-arides, utilisées principalement à des fins agro-pastorales. Elle fait partie de l'ensemble des hautes plaines Sud oranaises. Cette vaste étendue regroupe cinq communes : Sebdou, Sidi Djillali, El Gor, El Bouihi et El Aricha (Fig.13).

La zone d'étude est limitée par :

- Les Monts de Tlemcen au Nord;
- La wilaya de Naâma au Sud ;
- La Wilaya de Sidi Bel- Abbes à l'Est;
- les frontières Marocaines à l'Ouest.

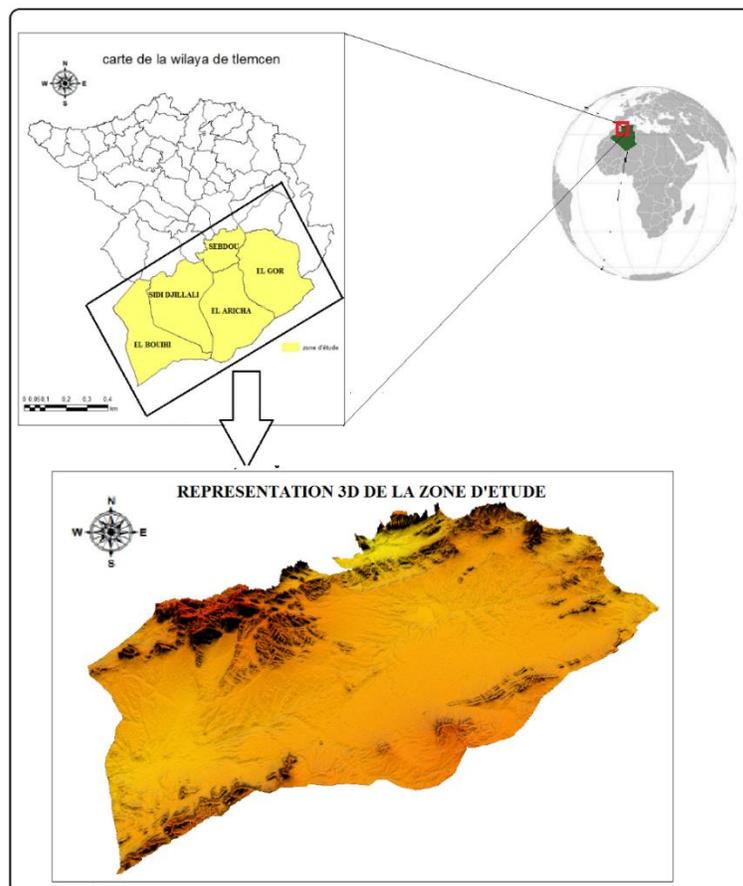


Figure n°13: Carte de situation de la zone d'étude

2- Relief

Les hautes plaines steppiques de la wilaya de Tlemcen forment une unité géomorphologique caractéristique du domaine atlasique. Elles sont encadrées par deux chaînes montagneuses : l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien.

Les massifs montagneux ont une altitude comprise entre 1500m et 1800m, avec le point culminant situé sur le mont du Tenouchfi à 1843m d'altitude. Les montagnes s'étendent vers le Nord jusqu'à Terni par Djebel Ouargla, atteignant une altitude de 1717m, et vers l'Ouest jusqu'à Bouihi avec Djebel El Abed culminant à 1600m d'altitude. Les hautes plaines steppiques forment un ensemble élevé, situé à une altitude de 1100 à 1200m (Ghennou, 2014).

Cette zone tabulaire se termine au Nord par la cuvette de Dayat El Ferd dont les pentes s'échelonnent entre 15 et 25%. Le terrain quaternaire qui constitue cette vaste étendue tabulaire est représenté par deux formations distinctes : les alluvions quaternaires anciennes et le Quaternaire récent.

Une carte des pentes a été réalisée à partir d'un M.N.T (Modèle Numérique de Terrain), elle permet de dégager cinq classes des pentes renseignant sur la déclivité de la zone d'étude (Fig.14). Ces classes sont les suivantes :

- La classe de 0-3% : les pentes nulles à faible (plaines et zones d'épandage) représentent 61.6 % de la surface ;
- La classe de 3-6 % : pente faible à assez modérées représente 17.09 % de la surface ;
- La classe de 6-12% : les pentes des glaciers, de petites collines et d'agglomération rocheuse représentent 10.21 % de la surface ;
- La classe de 12-25% : pente assez forte, située sur les collines et piémonts des montagnes représente 08.64% de la surface ;
- La classe de plus de 25% : les pentes très fortes et correspond aux zones montagneuses où les terrains sont accidentés représentent 2.46% de la surface.

Les zones à pentes fortes se localisent généralement dans les parties Nord et Sud-Ouest de la zone d'étude. Elles sont caractérisées par un relief accidenté surtout au niveau des massifs montagneux. Des zones à pentes modérées entourent généralement les montagnes formant ainsi des glaciers.

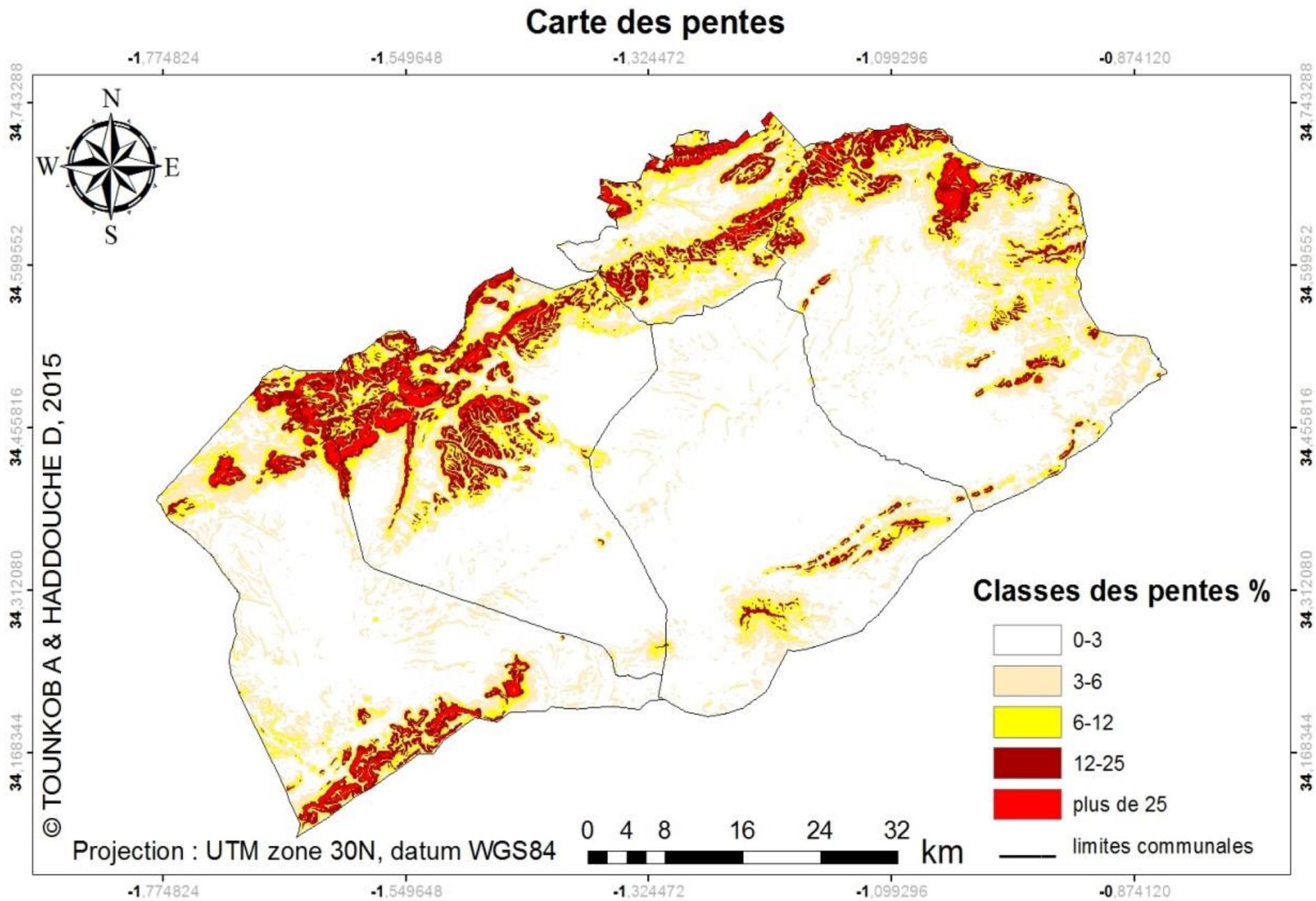


Figure n°14: Carte des pentes de la zone steppique de la wilaya de Tlemcen

La carte hypsométrique est une représentation graphique des variations d'altitude d'une zone donnée, généralement sous forme de courbes de niveau ou d'ombrage. Dans le cas de la zone d'étude mentionnée, la carte hypsométrique a été établie à partir du M.N.T (Modèle Numérique de Terrain), qui est une représentation numérique des altitudes du terrain.

Sur la carte hypsométrique, les zones à altitude élevée sont représentées en général avec des couleurs plus foncées, tandis que les zones à basse altitude sont représentées avec des couleurs plus claires. Les courbes de niveau peuvent également être utilisées pour indiquer les différentes altitudes, avec des lignes isohypses qui relient les points de même altitude.

Dans le cas spécifique de la zone d'étude (Fig.15), la carte hypsométrique montre que l'altitude varie entre 842 mètres (le point le plus bas) et 1829 mètres (le point culminant). Cela signifie qu'il y a une variation significative d'altitude dans cette zone, avec des reliefs allant du niveau le plus bas à un sommet atteignant 1829 mètres. Cette information est essentielle pour comprendre la topographie de la région et peut être utilisée dans diverses applications, telles que la planification des infrastructures, la gestion des ressources naturelles et la prévention des risques naturels liés au relief.

Carte hypsométrique

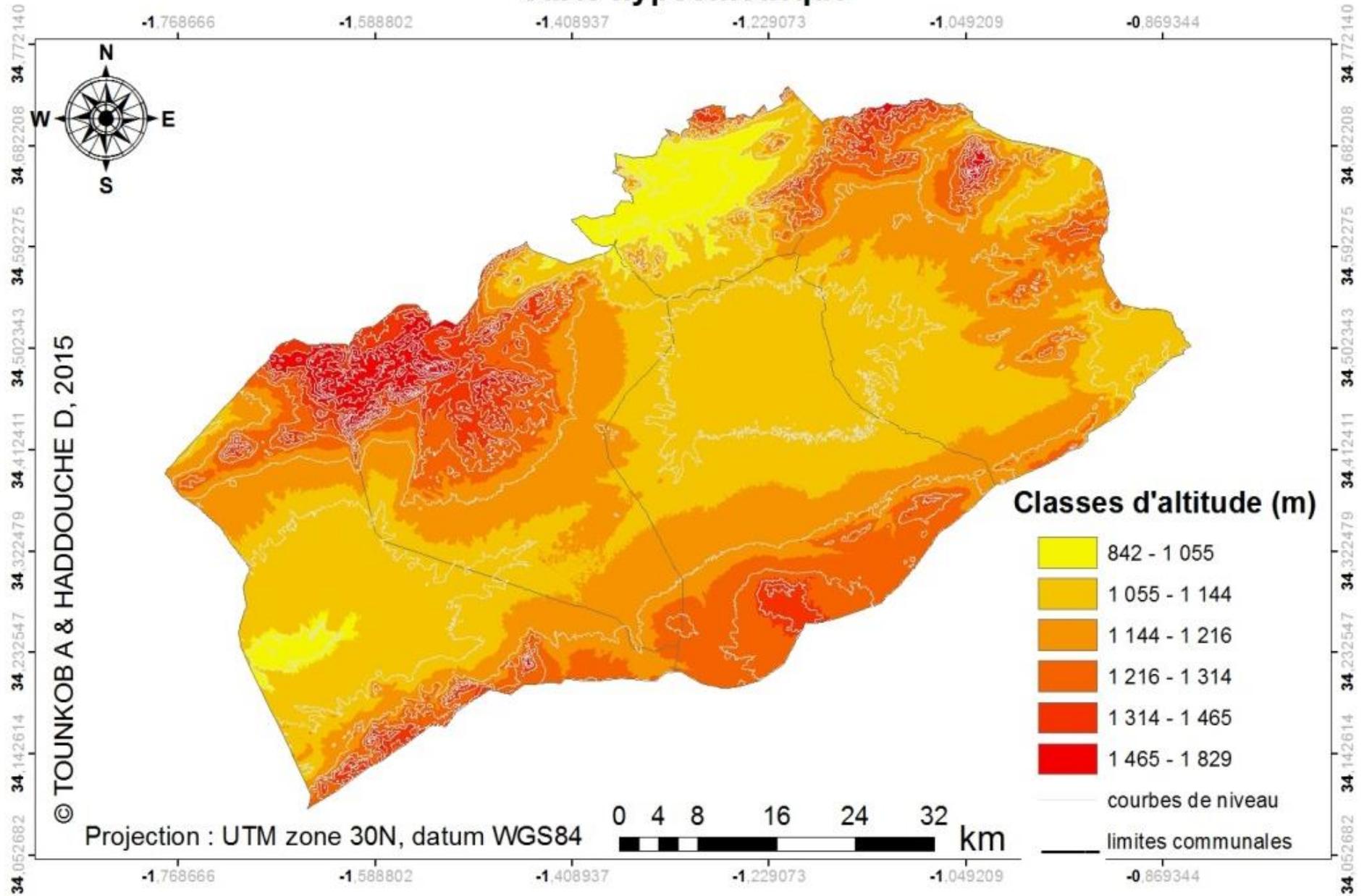


Figure n°15 : Carte hypsométrique de la zone steppe de la wilaya de Tlemcen

3- Exposition

L'orientation des versants à un impact significatif sur la végétation en raison des variations d'ensoleillement et d'humidité. Les versants exposés au nord et au sud reçoivent des niveaux différents d'ensoleillement et d'humidité, ce qui influence la présence et la distribution des groupements végétaux.

Les versants exposés au nord reçoivent moins d'ensoleillement direct, ce qui entraîne généralement des températures plus fraîches et une humidité plus élevée. Ces conditions sont souvent plus favorables pour la végétation, car elles permettent une meilleure rétention de l'humidité dans le sol et une évaporation moins rapide. En conséquence, les versants nord peuvent soutenir une végétation plus dense et diversifiée, y compris des espèces végétales plus exigeantes en eau.

En revanche, les versants exposés au sud reçoivent un ensoleillement direct plus intense, ce qui entraîne des températures plus élevées et une évaporation plus rapide de l'humidité du sol. Ces conditions peuvent être plus contraignantes pour la végétation, en particulier dans les régions arides où l'eau est un facteur limitant. Les versants sud peuvent donc être caractérisés par une végétation plus clairsemée et adaptée aux conditions plus sèches.

La cartographie de l'effet de l'exposition sur la végétation peut être réalisée à partir de données de télédétection, telles que les données du M.N.T. Cette cartographie permet de mieux comprendre les variations spatiales de la végétation en fonction de l'orientation des versants, ce qui peut être utile pour la gestion des ressources naturelles et la planification environnementale dans la région d'étude.

La figure n°16 représente les différentes expositions existantes dans la zone d'étude.

Le tableau n°6 représente la répartition de la surface de la zone d'étude en fonction de l'exposition des versants. Chaque classe d'exposition représente une proportion différente de la superficie totale de la zone :

- Les terrains plats couvrent une surface de 1 500 hectares, ce qui représente seulement 0,46% de la surface totale de la zone d'étude. Ces terrains plats sont principalement localisés autour de Dayet El Ferd et de certaines parties de la commune d'El Aricha ;
- Les versants exposés au nord couvrent une surface de 81 681 hectares, ce qui représente environ 25% de la surface totale de la zone. Les versants nord sont ceux qui reçoivent moins d'ensoleillement direct et qui ont généralement une humidité plus élevée, ce qui peut être plus favorable à la végétation ;
- Les versants exposés à l'est couvrent une surface de 76 490 hectares, représentant environ 23,41% de la surface totale de la zone. Les versants est peuvent recevoir un ensoleillement plus intense le matin, ce qui peut avoir un impact sur la végétation et l'évaporation de l'humidité ;
- Les versants exposés au sud couvrent la plus grande surface, soit 84 589 hectares, ce qui représente environ 25,89% de la surface totale de la zone. Les versants sud reçoivent un ensoleillement direct plus intense, ce qui peut rendre les conditions plus sèches et contraignantes pour la végétation ;
- Les versants exposés à l'ouest couvrent une surface de 82 450 hectares, soit environ 25,24% de la surface totale de la zone. Les versants ouest reçoivent un ensoleillement intense l'après-midi, ce qui peut également avoir un impact sur la végétation.

Cette répartition des différentes expositions des versants peut avoir des implications importantes pour la végétation et les ressources naturelles de la région, car elle influence les conditions climatiques et d'humidité sur chaque versant. Cette information est précieuse pour la gestion des ressources naturelles et l'aménagement du territoire dans la zone d'étude.

Tableau n°6: Surface des classes d'exposition de la zone d'étude

Exposition	Surface Ha	Taux de recouvrement
terrain plat	1 500	0,46%
Nord	81 681	25,00%
Est	76 490	23,41%
Sud	84 589	25,89%
Ouest	82 450	25,24%

4- Caractère hydrologique

L'hydrologie de la zone d'étude est constituée d'oueds qui ne coulent qu'en période de crue, tel que : l'oued Ben Teicha à El Ouedj, l'oued Zelizlat à Ras El Ma et L'oued El Gentra à Sebdou.

Le réseau hydrographique est caractérisé par trois écoulements :

- Un écoulement vers le Nord par la vallée de Mekkera (Nord-Est d'El -Gor) ;
- Un écoulement vers l'Ouest : les eaux arrivent de Djebel Mekkaidou, passent par Magoura pour rejoindre la vallée de la Moulouya ;
- Un écoulement endoréique au centre où les eaux convergent vers Dayat El-Ferd près de Belhadj Boucif.

La région d'étude contient deux bassins versants : hauts plateaux oranais et le bassin de Macta, avec sept sous bassins versants : oued Mouilah amont, oued Mekerra moyen, oued Mekerra amont, oued Meskhska, oued Tafna amont, oued Issercedra et Dayet el Ferd.

Les sources dans la région d'étude sont rares et les nappes phréatiques sont depuis longtemps exploitées à partir des puits de surfaces par les populations pastorales. Cependant il existe de nombreuses zones à Sidi El Djillali, à El Aricha et à chott El Garbi où les nappes ne sont pas utilisées ou elles sont sous utilisées et les possibilités d'aménagement sont importants.

Le réseau hydrographique de la zone steppique de Tlemcen et les principaux sous bassins versants sont représenté dans la figure suivante :

Carte réseau hydrographique et sous bassins versants

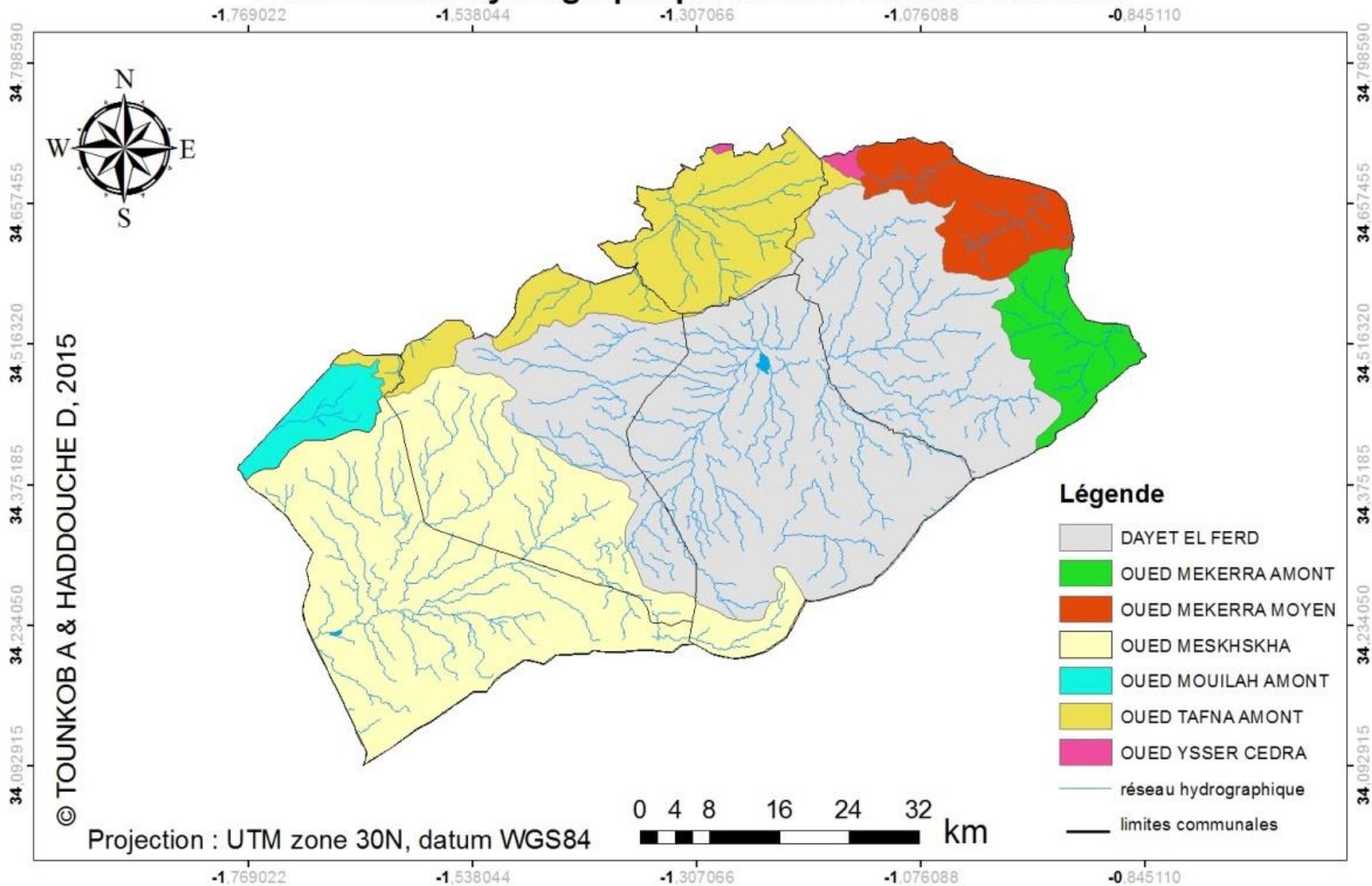


Figure n°17 : Carte de réseau hydrographique et sous bassin versants de la zone steppique de la wilaya de Tlemcen

5- Géologie

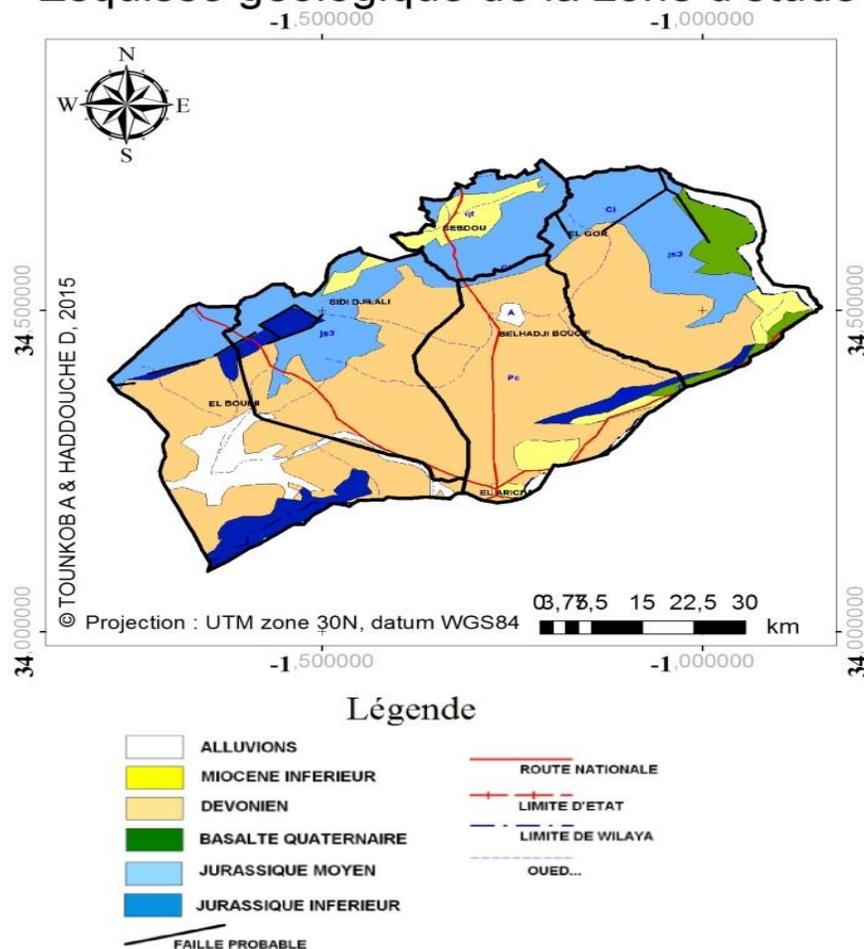
La région steppique de l'Ouest algérien fait partie des hautes plaines bordées au Nord par les chaînes montagneuses et au Sud par des vastes plaines à massifs calcaires parfois très escarpés.

Les hautes plaines steppiennes de la wilaya de Tlemcen sont caractérisées par :

- Le post Miocène (calcaire lacustre) ;
- Le Crétacé supérieur (marno-calcaire) ;
- Le Paléocène (calcaire, marnes, grès) ;
- Le Miocène (marno calcaire).

Les domaines géologiques de la zone d'étude sont représentés dans la figure suivante :

Esquisse géologique de la zone d'étude



Extrait de la carte géologique de Tlemcen. Source : P.D.A.U, (2012)

Figure n°18: Carte géologique de la zone d'étude
Source : P.D.A.U (2012)

6- Pédologie

Selon Ghennou (2014), la région de Tlemcen dont le paysage steppique est un ensemble de plaines et de dépressions. Les sols de cette région reposent principalement sur des formations marneuses et gréseuses, parfois associées à des écoulements calcaires et gypseux. Ces sols sont généralement peu profonds, avec une assise de couches calcaires sensibles aux érosions hydriques et éoliennes (encroûtements calcaires).

La dégradation des sols est liée au contexte socio-économique de l'utilisation des ressources naturelles au-delà de leur capacité de restauration, aggravée souvent par les fluctuations climatiques. Les principales causes de cette dégradation sont des causes anthropiques, de la péjoration climatique, des températures et vents, de la baisse de la fertilité des sols, de l'érosion, du ruissellement et de l'infiltration.

Selon Haddouche (1998 & 2017), la steppe est caractérisée par les classes des sols suivants :

- Les sols minéraux bruts d'érosion (lithosols et rigosols);
- Les sols peu évolués d'apport (alluvial ; colluvial et éolien) ;
- Les sols calcimagnésiques ;
- Les sols halomorphes ;
- Les sols isohumiques.

7- Végétation

Une steppe aride est un milieu qui n'offre que des conditions extrêmes pour l'établissement et le maintien d'une végétation pérenne. Les ressources végétales dans la zone steppique de la wilaya de Tlemcen peuvent être classées de manière suivante :

7.1 Groupements forestiers

- Forêts claires à *Pinus halepensis* sur les sommets des djebels ;
- Steppe arborée à base de *Juniperus oxycedrus*, *Stipa tenacissima* et *Stipa parviflora*.

7.2 Groupements steppiques

- Steppe à *Stipa tenacissima* ;
- Steppe à *Artemisia herba alba* ;
- Steppe à *Lygeum spartum*.

Durant les bonnes années pluvieuses, l'Alfa peut se trouver en association avec :

- Les gaminés : représentés essentiellement par *Lygeum spartum* ;
- Les chamaephytes : représentés par *Hammada scoparia* et *Hélianthemum hirtum* ;

- Les psammophytes : représentés par *Thymelaea microphylla* et *Noaea micronata* qui se trouvent dans des sols d'épaisseur variable et de texture beaucoup plus sableuse.

8- Etude bioclimatique

Le climat est l'ensemble des facteurs du milieu qui interviennent en écologie, tels que la température, le vent, l'humidité et les précipitations. Sans aucun doute, par ses différents paramètres, le climat joue un rôle important dans le développement et la répartition des végétaux.

Nous avons choisi les stations climatiques d'El Aricha, Ras El-Ma et de Sidi Djilali (Tab.7). Ces stations demeurent les seules dont les données climatiques sont représentatives et disponibles dans la zone d'étude. La station climatique de Ras El-Ma est prise en considération, malgré son appartenance à la Wilaya de Sidi Belabbes, en raison de son emplacement qui est à proximité de la commune d'El Gor.

Tableau n°7: Coordonnées géographiques des stations météorologiques

Stations	Coordonnées GPS	Altitudes (m)	Commune	Wilayas
El Aricha	34°12'00''Nord 01°60'00'' Ouest	1255	Aricha	Tlemcen
Sidi Djilali	34° 27'56 " Nord 1°34'17"Ouest	1275	Sid djilali	Tlemcen
Ras El-Ma	34°30' Nord 0°49' Ouest	1085	Ras el Ma	Sidi Belabbes

8.1 Précipitations

La position méridionale de l'Oranie par rapport à la zone climatique méditerranéenne, la sécheresse estivale prolongée et l'irrégularité inter mensuelle et interannuelle des pluies sont autant de facteurs écologiques limitants, menaçants perpétuellement les régions naturelles.

Djebaili (1978) définit la pluviosité comme étant primordiale, car elle permet de déterminer le type de climat. En effet, elle conditionne le maintien de la répartition du tapis végétal d'une part, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part.

L'origine des pluies dans les zones steppiques est double : d'une part, les pluies dues aux vents humides du secteur Nord durant la saison froide, dont l'influence diminue au

fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer (Seltzer, 1946) ; d'autre part, les pluies orageuses liées aux perturbations atmosphériques engendrées par les dépressions en provenance des régions sahariennes (Dubief, 1959 et 1963).

8.1.1 Régimes mensuel des précipitations

Pour la même période [1990-2015], les données pluviométriques mensuelles des stations d'ElAricha, Ras El-Ma et Sidi Djilali sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau n°8: Moyenne des précipitation mensuelle (mm)

Commune	période	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
El Aricha	1990-2015	62.78	51.70	48.88	37.41	40.30	14.12	4.58	8.03	34.05	41.03	70.42	54.27	467.57
Ras El-Ma		34.30	30.29	30.18	26.14	34.49	17.85	6.89	11.16	34.18	34.50	47.32	27.33	334.63
Sidi Djilali		54.29	42.09	45.16	33.48	37.46	13.55	4.72	8.41	35.01	37.74	61.72	46.36	419.99

Source : O.N.M (2018)

Pour mieux visualiser les données mentionnées dans le tableau n°8, nous allons les représenter sous forme d'histogramme dans la figure suivante :

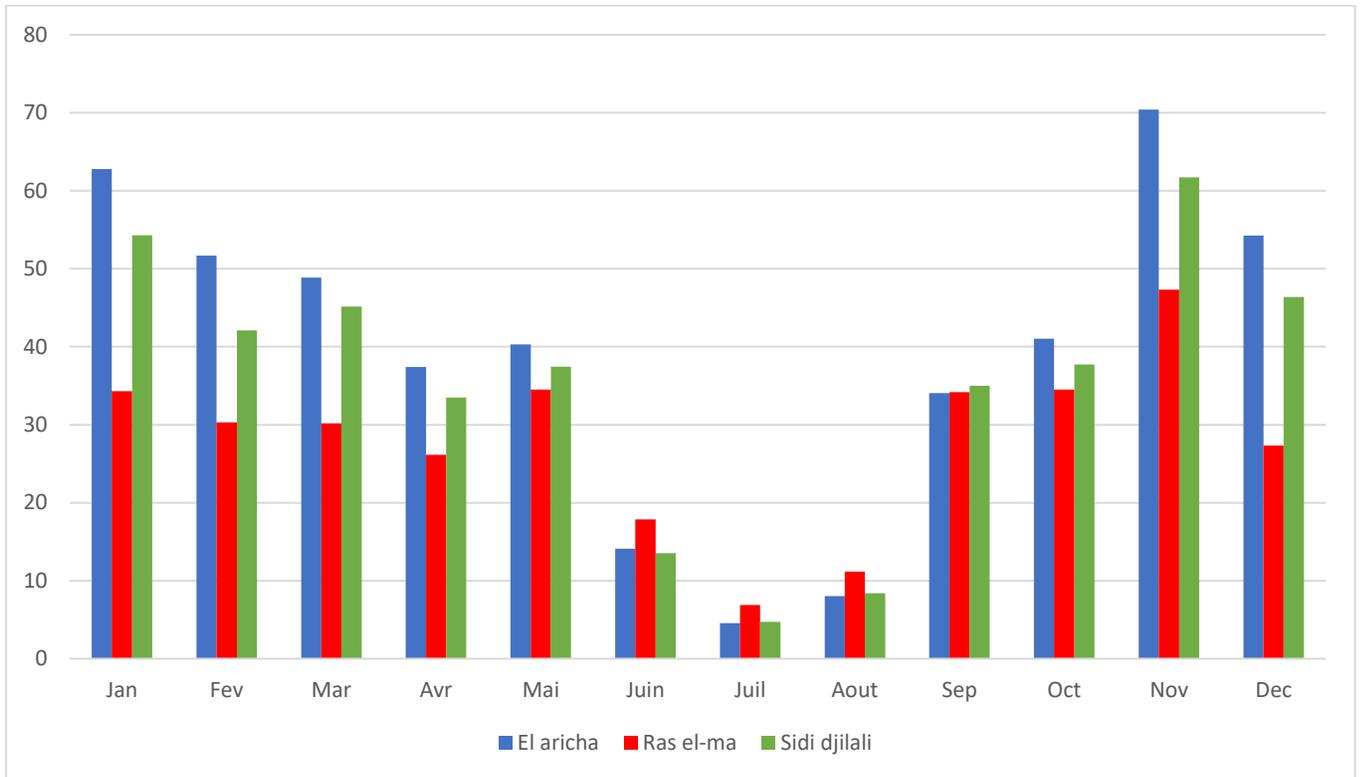


Figure n°19 : Régimes pluviométriques mensuels des stations d'El Aricha, Ras El-Ma et Sidi Djilali [Période : 1990-2015]

Les données pluviométriques indiquent un faible taux de précipitations dans la région, avec une irrégularité permanente. Le mois de novembre est le mois le plus pluvieux dans les trois stations météorologiques analysées, mais les quantités de précipitations varient d'une station à l'autre :

- Dans la station d'El Aricha, la moyenne de précipitations en novembre est de 70,42 mm. Cela indique que ce mois est relativement plus pluvieux que les autres mois de l'année dans cette zone.
- Dans la station de Sidi Djilali, la moyenne de précipitations en novembre est de 61,72 mm. Bien que légèrement inférieure à la station d'El Aricha, elle reste relativement élevée par rapport aux autres mois de l'année.
- Dans la station de Ras El-Ma, la moyenne de précipitations en novembre est de 47,6 mm. Cette station enregistre les précipitations les moins élevées parmi les trois stations mentionnées.

Par contre, les données pluviométriques montrent aussi que le mois de juillet est le mois le plus sec dans les trois stations météorologiques étudiées :

- À El Aricha, la moyenne de précipitations en juillet est de seulement 4,58 mm.
- À Ras El Ma, la moyenne de précipitations en juillet est de 6,89 mm.

- À Sidi Djilali, la moyenne de précipitations en juillet est de 4,72 mm.

Ces chiffres confirment que le mois de juillet est caractérisé par une faible quantité de précipitations dans la région, ce qui en fait le mois le plus sec de l'année.

Ces valeurs montrent que les mois de novembre sont importants en termes de précipitations dans la région, mais même pendant cette période, les quantités de pluie restent relativement faibles. Cette faible pluviométrie peut avoir des conséquences importantes sur l'écosystème, l'agriculture et la disponibilité des ressources en eau dans la région. Les irrégularités des précipitations et la sécheresse peuvent également rendre la gestion des ressources naturelles plus complexe, nécessitant une planification et une adaptation appropriées pour faire face à ces conditions climatiques changeantes.

8.1.2 Régimes annuel des précipitations

La courbe suivante représente les variations annuelles des précipitations dans les trois stations météorologiques : El Aricha, Ras El Ma, et Sidi Djilali, sur une période de 1990 à 2015.

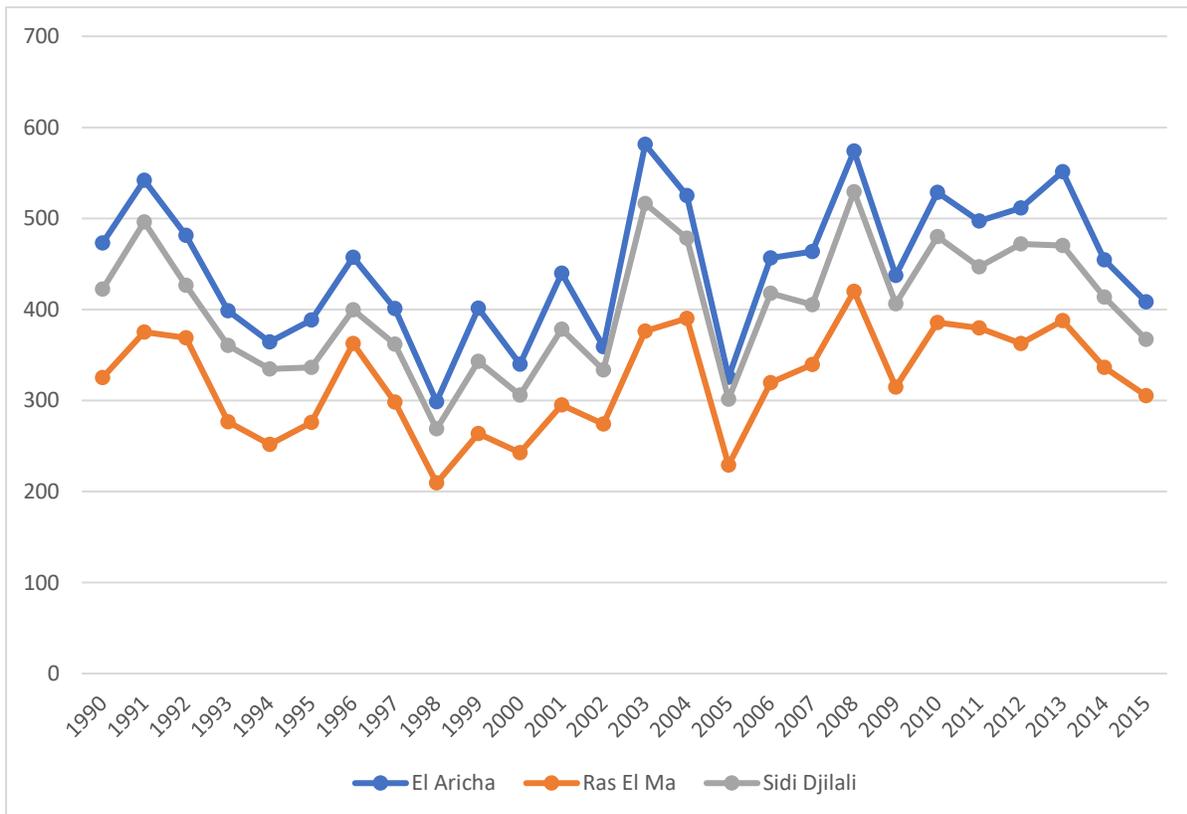


Figure n°20: Régimes pluviométriques annuels des stations d'El Aricha, Ras El-Ma et Sidi Djilali [Période : 1990-2015].

Les précipitations annuelles varient significativement entre les trois stations météorologiques étudiées. El Aricha est la station qui enregistre les précipitations les plus importantes, tandis que Ras El Ma est celle qui reçoit le moins de pluie, Sidi Djilali se situant entre les deux. Ces différences reflètent probablement des variations locales liées aux conditions géographiques et climatiques spécifiques à chaque région.

On remarque aussi que les précipitations fluctuent fortement d'une année à l'autre dans les trois stations. Une année particulièrement sèche, comme 1998, a impacté simultanément toutes les stations, tandis que des années comme 2003 ou 2008 ont connu des précipitations exceptionnellement élevées dans certaines zones. Ces variations témoignent de l'influence de facteurs climatiques régionaux communs qui affectent les précipitations dans les zones steppiques.

Enfin, bien que chaque station ait ses particularités, les trois montrent des comportements similaires, suggérant que les tendances climatiques de la région sont partagées. Toutefois, El Aricha se distingue par des précipitations généralement plus abondantes et plus irrégulières, ce qui pourrait refléter des spécificités locales influençant le régime pluviométrique.

8.1.3 Régime saisonnier des précipitations

Les précipitations moyennes saisonnières sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau n°9 : Moyennes des précipitations saisonnières

		Répartition saisonnière des pluies				Total annuel (mm)
		Automne (A)	Hiver(H)	Printemps(p)	Eté(E)	
El Aricha	1990-2015	145.5	168.75	126.59	26.73	467.57
Ras El-Ma	1990-2015	116	91.92	90.81	35.9	334.63
Sidi Djilali	1990-2015	134.47	142.74	116.1	26.68	419.99

Pour mieux visualiser les données mentionnées dans le tableau ci-dessus, nous allons les représenter sous forme d'histogramme dans la figure suivante :

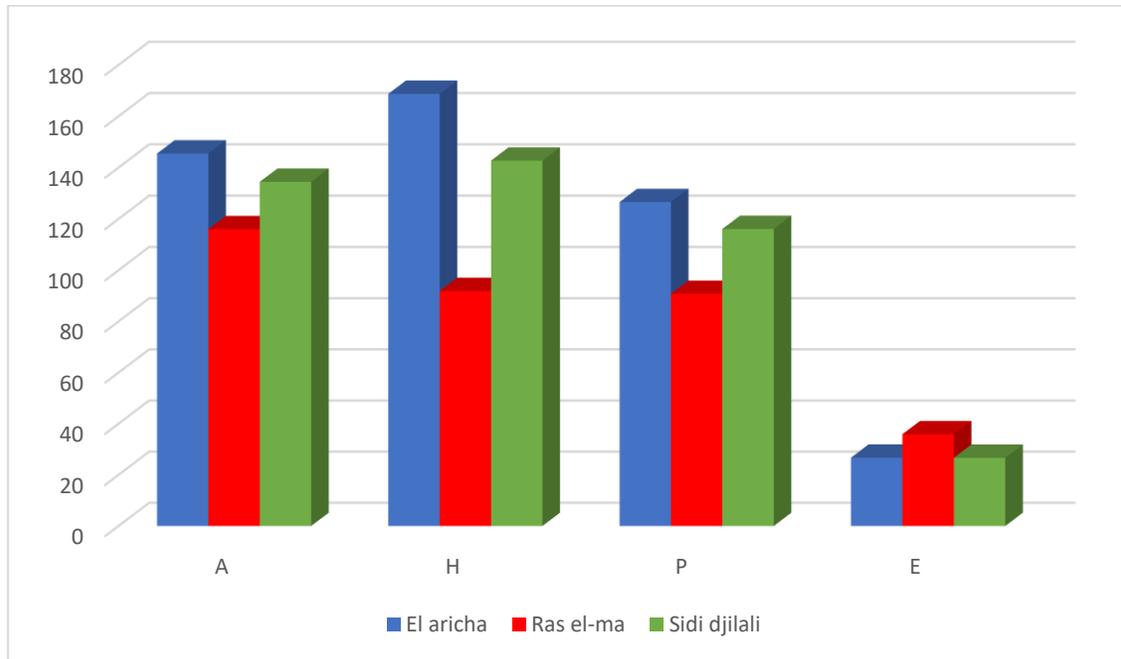


Figure n°21: Variations saisonnières des précipitations des stations de Sidi Djilali, El Aricha et Ras El-Ma [1990-2015]

Les précipitations sont variables d'une saison à l'autre et le régime saisonnier des pluies pour la période [1990-2015] est de type :

- **HAPE** dans la station d'El Aricha;
- **AHPE** dans la station de Ras El-Ma;
- **HAPE** dans la station de Sidi Djilali.

8.2 Température

La température est le second facteur constitutif du climat, et elle influe sur le développement de la végétation. Ce sont les températures extrêmes plus que les moyennes qui ont une influence sur la végétation, sauf si elles sont exceptionnelles et de courte durée (Greco, 1966).

Selon Estinne (1970), la température règle les modalités de la météorisation des roches, elle conditionne l'évapotranspiration et intervient largement dans le régime des cours d'eau tout en fixant aux êtres vivants des limites plus ou moins strictes de répartition.

Le tableau n°10 suivant résume les moyennes mensuelles des températures de la station d'El Aricha, Ras El-Ma et la station de Sid Djilali [1990-2015].

Tableau n°10: Moyennes mensuelles et annuelles des températures (°C)

	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T_moy
El Aricha	T moy	5.95	7.30	10.61	13.63	17.82	22.62	26.43	26.56	21.62	16.79	10.61	7.08	15.58
Ras El-Ma	T moy	5.98	7.40	10.81	13.56	17.77	22.75	27.00	27.23	22.04	17.10	10.74	7.06	15.79
Sidi Djilali	T moy	5.62	7.10	10.63	12.97	18.21	23.31	26.94	26.79	21.69	16.64	10.46	6.94	15.61

Source : O.N.M (2018)

Les données mentionnées dans le tableau ci-dessus sont représentées sous forme d'histogramme dans la figure suivante :

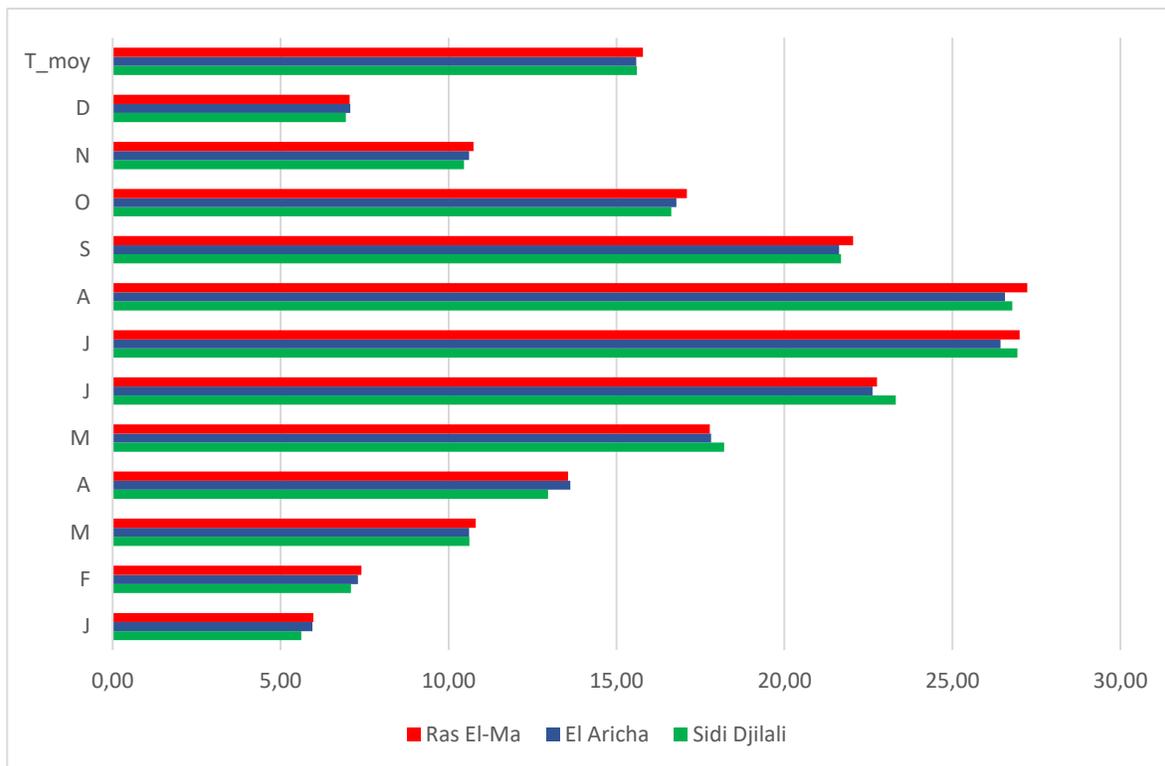


Figure n°22 : Températures moyennes mensuelles

Les données climatiques indiquent que le mois de janvier est le mois le plus froid dans les trois stations météorologiques, tandis que les mois de juillet et août sont considérés comme les mois les plus chauds de l'année.

8.3 Autres facteurs climatiques

8.3.1 Les gelées

Selon Couderc (1974), les gelées blanches sont plus fréquentes dans les hautes plaines (30 jours par an), et le risque de gelée commence lorsque le minimum de la température tombe au-dessous de 10°C, et il dure tant que ce minimum reste inférieur à cette valeur. Par exemple, El Aricha se trouve dans les limites des zones à l'intérieur desquelles il gèle plus de 50 jours par an durant la période (1968-1988).

8.3.2 La neige

La neige par fusion constitue un apport d'eau appréciable pour la végétation. Cependant, dans notre zone, la neige constitue une faible part des précipitations totales. Les chutes de neige ne sont pas rares sur les hauteurs, surtout sur la partie Nord montagneuse (Djebel Tchenoufi au Nord-Ouest de Sidi Djilali), où elles peuvent persister deux semaines par an.

8.3.3 Le vent

Le vent accentue les effets des éléments du climat tels que la température, l'humidité et les précipitations. Il est fortement influencé par les conditions topographiques locales. Le Houèrou (1979) a mis en évidence l'existence d'un écart de 20 % pour les valeurs des précipitations entre les versants exposés et abrités par rapport aux vents pluviaux. Ainsi, un vent dominant peut constituer un élément dévastateur pour la végétation.

Le vent peut également être responsable du façonnement du relief, de l'évapotranspiration et de la formation de la végétation. Il est également connu pour son effet de dessiccation des graines. Les vents dominants sont souvent secs et proviennent du sud-ouest et du sud-est. Les vents sont dus à des différences de température engendrant des dépressions différentes, et ils s'écoulent des hautes pressions vers les basses pressions. Le vent exerce une action mécanique directe sur la végétation en termes de dissémination, destruction et dessèchement (Bouabdellah, 1991).

En effet, le vent est l'aspect climatique le plus important dans l'étude d'une région aride. Malheureusement, il est souvent délaissé ou mal relevé dans les stations météorologiques. Pourtant, le vent joue un rôle crucial dans le bilan hydrique, l'évapotranspiration et la dispersion des graines, ce qui en fait un facteur essentiel pour comprendre et étudier l'écosystème d'une région aride. Une meilleure prise en compte et relevé des données liées au vent dans les stations météorologiques permettraient une

meilleure compréhension et évaluation des conditions climatiques dans les zones arides et de leur impact sur la végétation et l'environnement en général.

Selon Ennabati (2016), les vents qui soufflent sur la zone d'étude ont, selon leur direction, diverses origines :

- Vents du Nord : En hiver, ces vents secs et froids pénètrent la zone d'étude par les monts de Tlemcen ; ils favorisent les chutes de neige à plus de 1 400 mètres d'altitude (Sidi Djilali). De mars-avril à octobre, ces vents sont chauds et parfois humides suite à leur passage sur la mer ; ce phénomène réduit relativement la chaleur de l'été dans la zone de Sebdou.
- Vents d'Ouest : Ce sont les vents dominants. Ils soufflent du sud-ouest au nord-ouest. Une grande partie des précipitations provient de l'ascendance forcée de ces masses d'air sur les monts de Tlemcen, ce qui permet à la zone de Sidi Djilali d'être relativement arrosée. Ils sont fréquents pendant les mois de novembre à février.
- Vents du Sud : Secs et chauds, les vents du Sud soufflent surtout au printemps et en automne, quelquefois en été, et ramènent avec eux une quantité appréciable de sable et de limon.

8.4 Synthèse climatique

Si l'étude des températures et des précipitations donne un bon aperçu du climat régional, l'analyse de chacun de ces éléments reste insuffisante. La combinaison de ces paramètres climatiques a permis à de nombreux auteurs de mettre au point plusieurs indices qui rendent compte du climat et de la végétation existante.

8.4.1 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

De nombreux auteurs ont proposé diverses formules pour caractériser la saison sèche, qui joue un rôle capital dans la distribution de la végétation, notamment par sa durée et son intensité.

Bagnouls et Gaussen (1953) proposent une méthode qui consiste à porter sur un même graphe la température et la pluviométrie de sorte que l'échelle des températures soit le double des précipitations ($1^{\circ}\text{C} = 2 \text{ mm}$). On considère la période de sécheresse lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de la courbe des températures.

Les figures n°22, 23 et 24 représentent le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) des stations d'El Aricha, Ras El-Ma et Sidi Djilali [1990-2015].

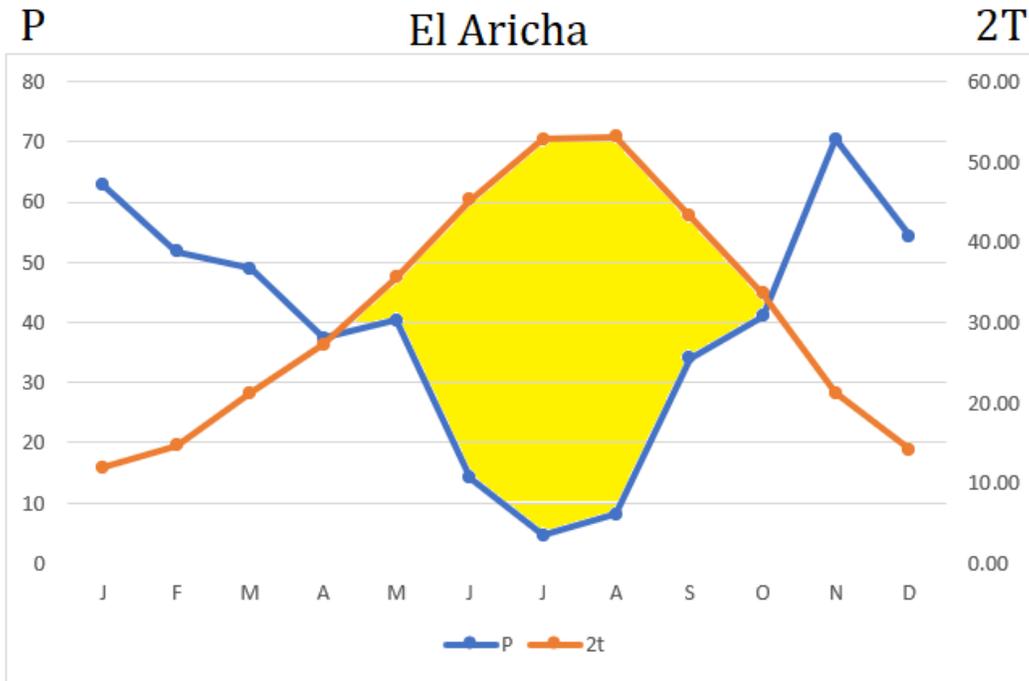


Figure n°23: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la station d'El Aricha [1990-2015]

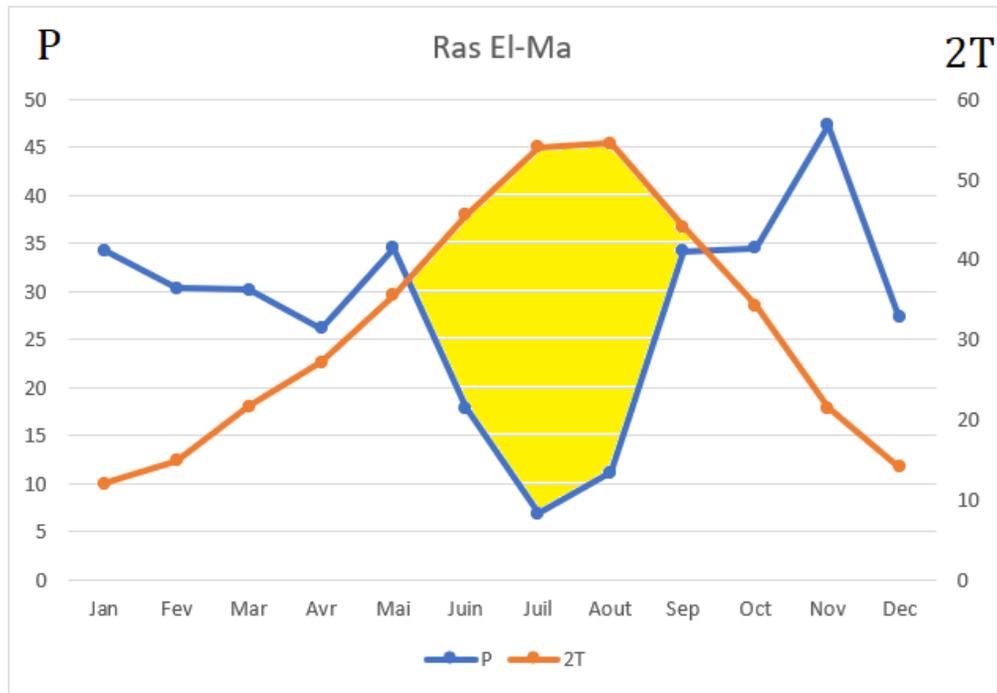


Figure n°24: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la station de Ras EL-Ma [1990-2015]

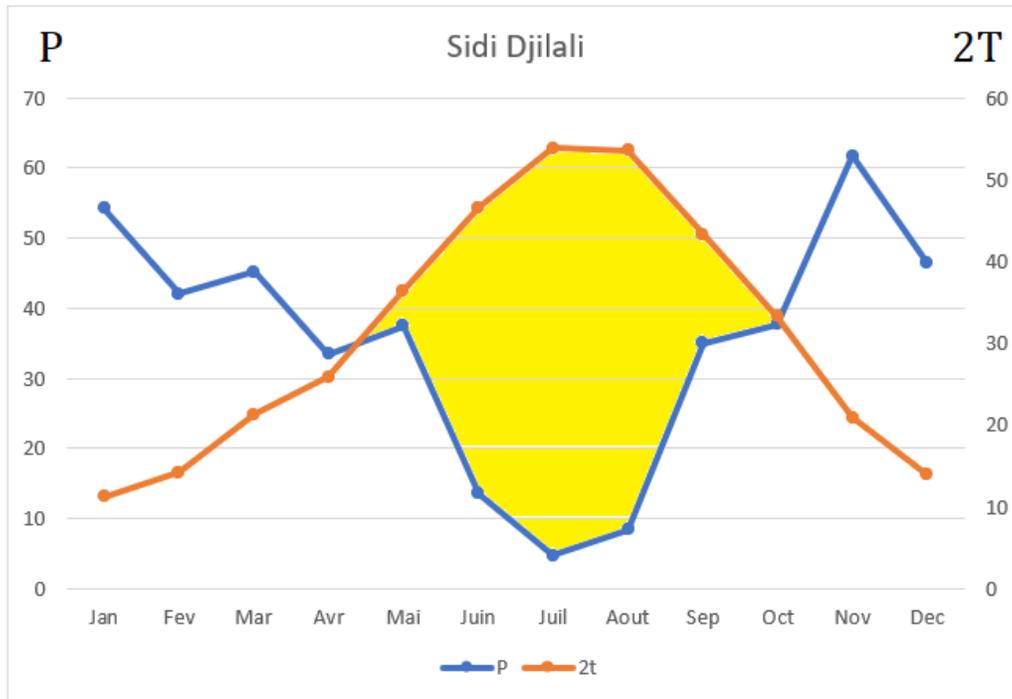


Figure n°25 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la station de Sidi Djilali [1990-2015]

L'analyse comparative des figures n°23, 24 et 25 révèle que la période sèche est assez longue et s'étend sur plusieurs mois. Cette phase de sécheresse dure environ 5 à 6 mois, commençant à la mi-mai et se prolongeant jusqu'au début d'octobre.

Cela signifie que pendant ces mois, les précipitations sont très limitées, voire inexistantes, ce qui entraîne une réduction significative de l'humidité du sol et des ressources en eau disponibles. Cette période de sécheresse prolongée peut avoir des conséquences importantes sur l'agriculture, l'élevage et la disponibilité de l'eau pour les populations locales et la faune.

8.4.2 Quotient pluviothermique d'EMBERGER (1955)

Emberger (1955) a proposé d'utiliser pour la région méditerranéenne le quotient pluviothermique définis par l'expression suivante :

$$Q_2 = 2000 P / (M^2 - m^2)$$

- P : précipitation moyenne annuelle en mm ;
- M : moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud (°K) ;
- m : moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid (°K) ;

- M-m : Amplitude thermique extrême moyenne.

$$T (^{\circ}\text{K}) = T (^{\circ}\text{C}) + 273,2$$

La valeur du quotient pluviothermique calculée pour les trois stations pendant la période choisie est représentée dans le tableau suivant :

Tableau n°11 : Quotient pluviothermique d'Embergie et l'ambiance bioclimatique

Station	Période	P (mm)	M (°K)	m (°K)	Q ₂	Ambiance bioclimatique
Sidi Djilali	1990-2015	419.99	303.76	273.22	47.66	Semi-Aride supérieur à hiver frais
El Aricha		467.59	307.1	273.66	48.15	Semi-Aride supérieur à hiver frais
Ras El-Ma		334.616	307.36	274.04	34.55	Semi-aride inférieur à hiver frais

La figure n°26 représente l'emplacement des stations climatiques sur le climagramme pluviothermique d'Emberger.

CHAPITRE V : MUTATIONS SOCIO-ECONOMIQUES

1- Aspects socio-économiques

Il est reconnu, depuis plusieurs années, que la dynamique régressive des écosystèmes arides n'est que la manifestation d'une dynamique socio-économique, caractérisée par une forte démographie et des méthodes d'exploitation du milieu de plus en plus agressives (Mederbal, 1992). En effet, l'étude des aspects socioéconomiques s'avère actuellement indispensable pour mieux comprendre la problématique des milieux en dégradation.

L'homme avec ses activités inappropriées est le facteur principal et l'accélérateur de la dégradation des écosystèmes naturels. La multiplication de la population induit immédiatement une demande plus importante en produits alimentaires, ce qui se traduit souvent par des défrichements et une surexploitation des milieux naturels, sans oublier l'effet de l'urbanisation et de l'industrialisation.

1.1 Population

L'étude de la population d'une commune ou d'une zone d'étude est cruciale pour comprendre la dynamique urbaine. Une commune ne peut pas être considérée uniquement comme un lieu géographique, mais aussi comme un espace habité par une population. Les facteurs démographiques tels que la croissance, la répartition par âge, la densité et les migrations jouent un rôle essentiel dans la planification urbaine et le développement durable.

1.1.1 Répartition de la population

L'étude de la répartition de la population dans une zone d'étude fournit des informations essentielles pour la planification urbaine, l'allocation des ressources, l'analyse des tendances démographiques, la promotion de l'équité sociale et la gestion environnementale. Elle constitue donc une étape fondamentale dans la compréhension de la dynamique démographique et sociale d'une région.

Les dernières statistiques qui ont été faites en 2021 ont révélé que le nombre d'habitant de la zone d'étude est de 85 159 habitants (tab.12).

Tableau 12 : Répartition de la population dans la zone d'étude

COMMUNES		EL GOR	EL ARICHA	SEBDOU	SIDI DJILLALI	BOUIHI
Nombre de population	Masculin	4 929	4 940	22 993	4 596	5 265
	Féminin	4 813	4 698	22 948	4 798	5 182
	Total	9 742	9 638	45 940	9 393	10 446

Source : D.P.S.B (2024)

Les données mentionnées dans le tableau précédant sont représentées sous forme d'histogramme dans la figure N°27 suivante :

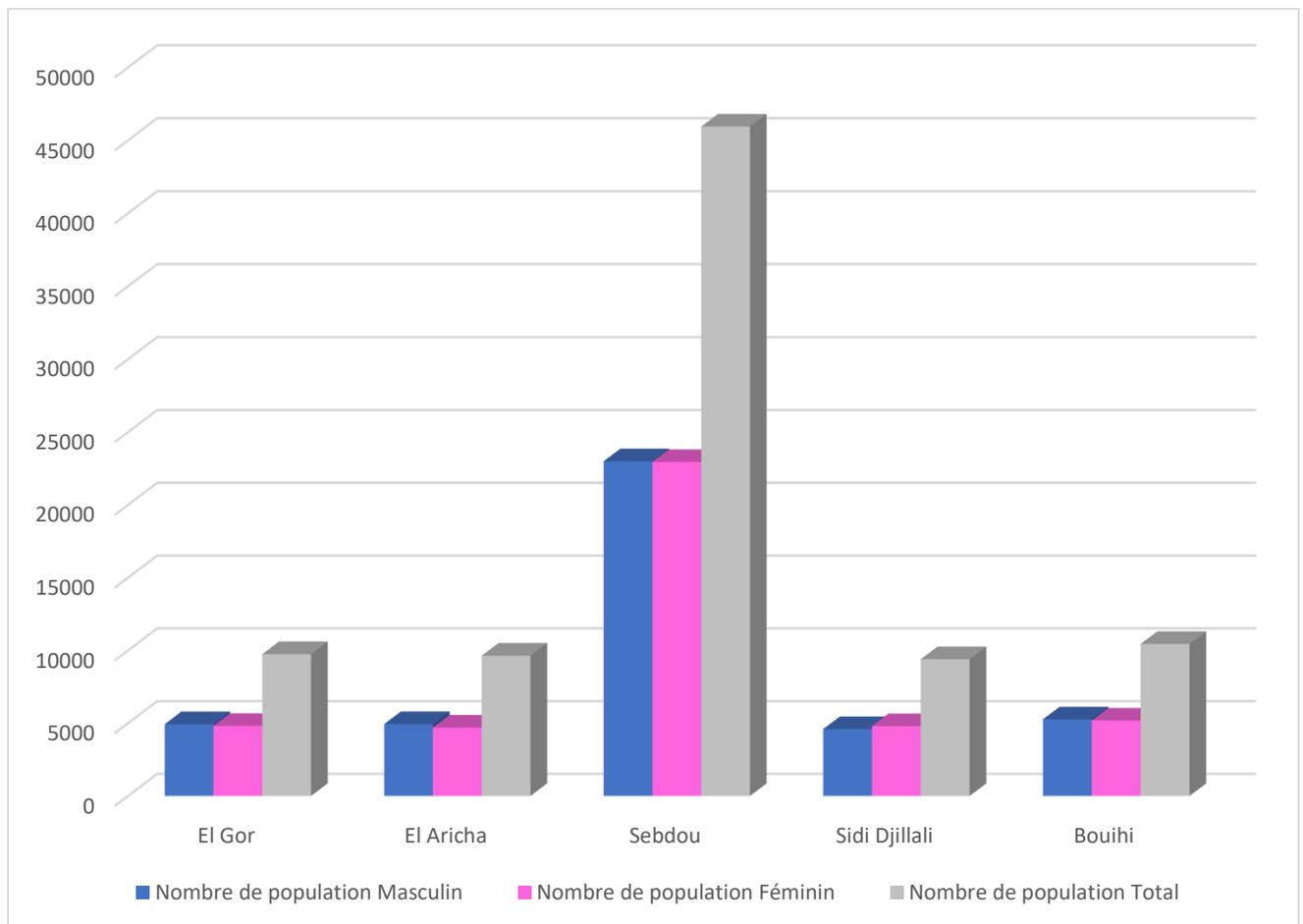


Figure n°27 : Répartition de la population dans la zone d'étude en 2021

On remarque que la commune de Sebdo se distingue par sa population élevée par rapport aux autres communes de la zone d'étude. En effet, Sebdo est située dans une position centrale et stratégique, attirant ainsi plus de résidents. Elle pourrait offrir davantage d'opportunités d'emploi, d'entrepreneuriat ou d'activités économiques. Les

gens migrent souvent vers des endroits où ils peuvent trouver du travail ou créer leur propre entreprise.

La disponibilité de services tels que les écoles, les hôpitaux, les transports en commun et les espaces de loisirs peut influencer la décision des gens de s'installer dans une commune. Sebdoou offre une meilleure qualité de vie en termes d'infrastructures, cela pourrait expliquer sa population plus élevée.

1.1.2 Densité de la population

La densité de population est une mesure qui exprime le nombre d'habitants vivant dans une unité de surface donnée. Cette mesure permet de quantifier la concentration de la population dans une région spécifique, évaluer la pression démographique sur un territoire donné. Elle est également un facteur important à prendre en compte dans la planification urbaine, le développement économique, la gestion des ressources naturelles. Le tableau N°13 suivant montre la densité de chaque commune étudiée.

Tableau n°13: Densité de la population en 2021

COMMUNES	Population (2021)	Superficie (Km ²)	Densité (hab/Km ²)
EL ARICHA	9 638	736,92	13
SIDI DJILALI	9 393	750	13
EL GOR	9 742	792,58	12
EL BOUIHI	10 446	650	16
SEBDOU	45 940	242,69	189

Source : D.P.S.B (2024).

On remarque que la densité de population varie considérablement d'une commune à l'autre. La commune de Sebdoou a la densité de population la plus élevée avec 189 habitants par kilomètre carré, tandis que la commune d'El Gor et d'El Aricha ont des densités de population plus faibles, avec seulement 12 et 13 habitants par kilomètre carré respectivement.

1.2 Agriculture et Agro-pastoralisme

Selon Haddouche (2009), dans les zones arides et semi-arides, la transition du pastoralisme basé sur la mobilité des troupeaux vers l'agropastoralisme, avec le développement progressif d'une agriculture intégrée, s'est accélérée grâce à la mise en place de politiques visant à contrer les effets de la sécheresse. Ces politiques ont permis de maintenir un important cheptel animal pendant les périodes de sécheresse en transférant les fourrages des zones plus favorables vers les zones arides.

1.2.1 Répartition générale des terres

Les données statistiques de la campagne 2020/2021 fournies par la Direction des Services Agricoles (D.S.A) de la Wilaya de Tlemcen présentent la répartition des terres par commune dans la zone d'étude. Le tableau N°14 ci-dessous détaille cette répartition:

Tableau n°14: La répartition des terres de la zone d'étude campagne 2020/2021

COMMUNES	SURFACE	S.A.T	SUPERFICIE AGRICOLE UTILE (S.A.U.)			AUTRES TERRES UTILISEES PAR L'AGRICULTURE		
			TOTAL	DONT		PARCOURS PACAGES	TERRES IMPRODUCTIVES	
				IRRIGUEE	TERRES LABOUR			CULTURES S/SERRES
SIDI DJILLALI	73 340	41 302	10 002	197	9 805	00	31 000	300
BOUIHI	73 400	44 098	19 498	252	19 246	00	24 400	200
EI-ARICHA	74 730	25 039	15 739	107	15 632	00	9 000	300
EI-GOR	80 390	45 947	16 947	60	16 887	00	28 965	35
SEBDOU	24 980	16 745	8 393	361	8 032	00	8 152	200
TOTAL	326 840	173 131	70 579	977	69 602	00	101 517	1 035

Source : D.S.A. (2022)

Ce tableau permet de visualiser la répartition des activités agricoles dans chaque commune, y compris les terres utilisées pour l'irrigation, les cultures, les pâturages et les terres non productives. Il fournit une vue d'ensemble des utilisations des terres agricoles dans la zone d'étude pour la période spécifiée.

La Surface Agricole Utile (S.A.U) des cinq communes occupe près de 22% de la surface totale, ce qui représente un pourcentage significatif. De plus, elle constitue environ 41% de la Surface Agricole Totale (S.A.T).

Répartition de la S.A.T

Les parcours pacagés de chaque commune occupent une surface importante comparativement à la S.A.U dont cette dernière ne dépasse pas les 20000 Ha. Par contre, les terres improductives occupent une surface minimale surtout pour la commune d'El-Gor (fig.28).

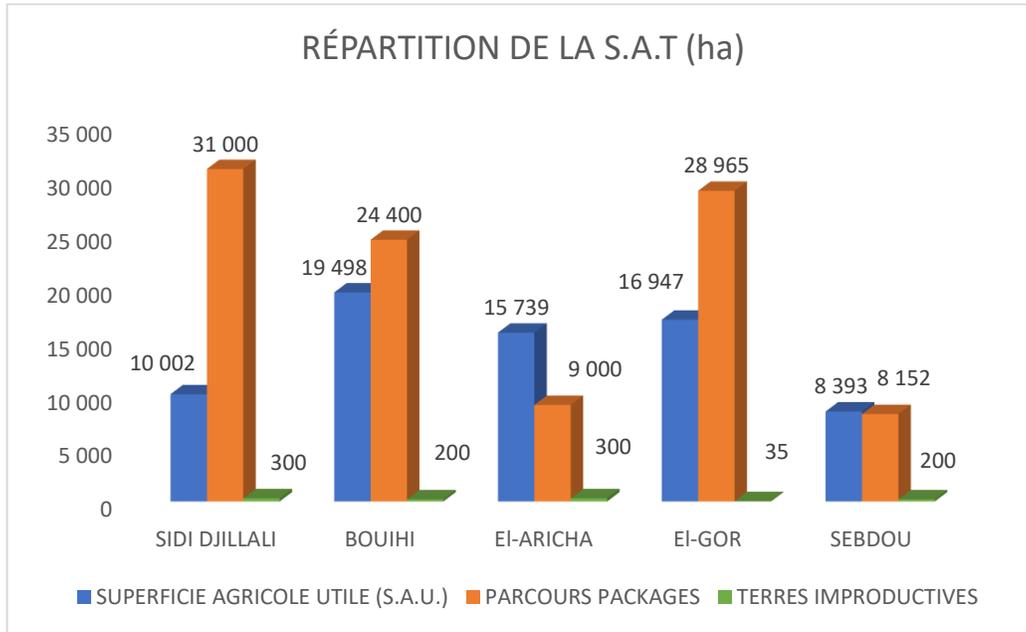


Figure n°28: Répartition de la S.A.T de la zone d'étude
Source : D.S.A. (2021).

La Surface Agricole Totale (S.A.T) varie d'une commune à l'autre, allant de 16 745 hectares à 45 947 hectares. Parmi cette surface, la Superficie Agricole Utile (S.A.U.) varie également, allant de 8 393 hectares à 19 498 hectares. Les parcours pacagés couvrent une superficie significative dans chaque commune, allant de 8 152 hectares à 31 000 hectares. En revanche, les terres improductives occupent une superficie relativement réduite, allant de 35 hectares à 300 hectares. Ces données illustrent la répartition des terres agricoles, des parcours pacagés et des terres improductives dans chaque commune de l'étude.

Répartition de la S.A.U

Les données représentées dans la figure N°29 suivante illustrent comment la S.A.U. est subdivisée dans chaque commune de la région d'étude (les terres irriguées, labourables et sous serres). On observe que la S.A.U totale de 70 579 hectares est répartie entre différentes catégories d'utilisation. Une partie de la S.A.U. est irriguée, occupant une superficie totale de 977 hectares (1.38%). Les terres labourables couvrent une superficie totale de 69 602 hectares (98.62%). En outre, aucune terre n'est dédiée aux cultures sous serres pour l'ensemble des communes.

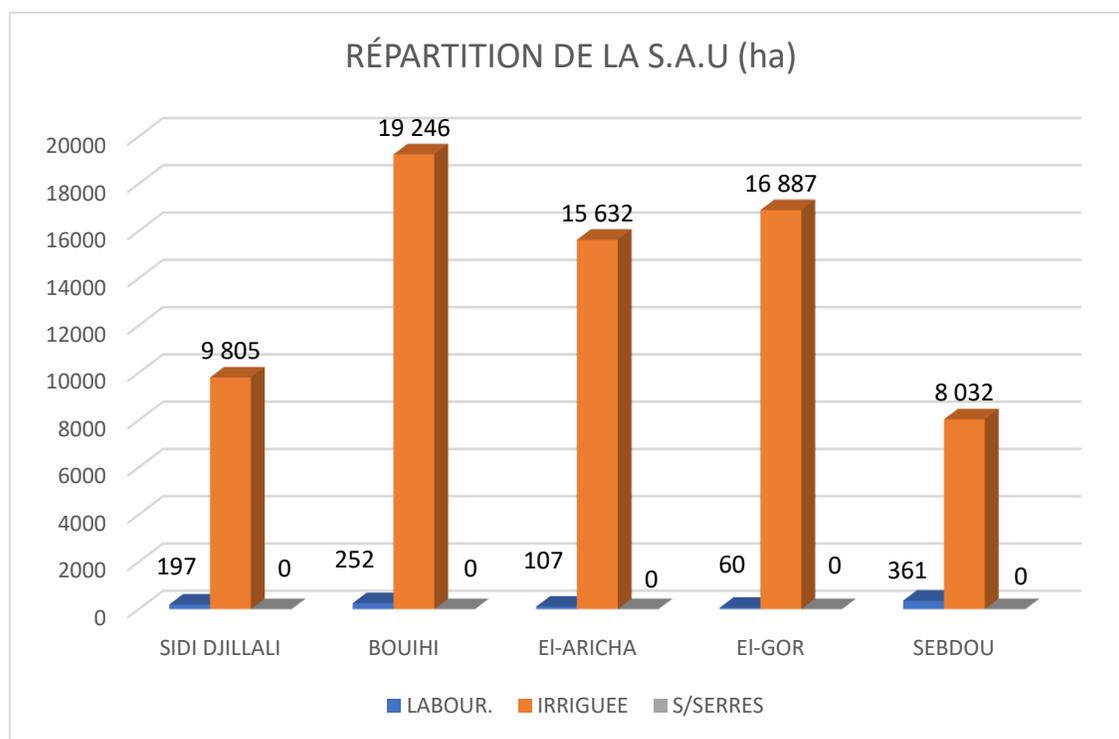


Figure 29: Répartition de la S.A.U dans la région d'étude

1.2.2 Production agricole végétale

Le tableau N°15 suivant représente les types d'agriculture Herbacées et Pérennes de chaque commune dans la région d'étude, en se focalisant sur les cultures céréalières, les fourrages artificiels, les légumes secs et les cultures maraîchères.

Tableau n°15: Productions Végétales (Cultures Herbacées) campagne 2020/2021

COMMUNES	CEREALES		FOURRAGES ARTIFICIELS		LEGUMES SECS		CULTURES MARAICHÈRES	
	Superficie ensemencée (Ha)	Production (Qx)	Superficie (Ha)	Production (Qx)	Superficie (Ha)	Production (Qx)	Superficie Réelle (Ha)	Production (Qx)
Sidi DJILLALI	8 900	26 000	00	00	01	08	40	16 320
BOUIHI	10 843	47 569	200	6 500	00	00	66	5 572
EL-ARICHA	5 700	86 850	200	6 000	00	00	33	16 650
EL-GOR	12 540	94 600	200	5 000	00	00	35	6 340
SEBDOU	6 980	22 153	00	00	31	351	365	86 079
TOTAL	44 963	277 172	600	17 500	32	359	539	130 961

Source : D.S.A. (2022)

On remarque que dans la commune de Sidi Djillali, les cultures de céréales occupent une superficie de 8 900 ha avec une production de 26 000 Qx. On note également une superficie de 1 ha pour les légumes secs avec une production de 8 Qx, ainsi qu'une superficie de 40 ha pour les cultures maraîchères avec une production de 16 320 Qx. Dans la commune de Bouihi, les cultures de céréales couvrent une superficie de 10 843 ha avec une production de 47 569 Qx. Les fourrages artificiels occupent une superficie de 200 ha avec une production de 6 500 Qx. Les cultures maraîchères couvrent une superficie de 66 ha avec une production de 5 572 Qx. La commune d'El-Aricha cultive 5 700 ha de céréales avec une production de 86 850 Qx. On y trouve également 200 ha de cultures de légumes secs avec une production de 6 000 Qx. Les cultures maraîchères occupent une superficie de 33 ha avec une production de 16 650 Qx. Pour El-Gor, 12 540 ha sont consacrés aux cultures de céréales avec une production de 94 600 Qx. Les fourrages artificiels occupent 200 ha avec une production de 5 000 Qx. Les cultures maraîchères couvrent une superficie de 35 ha avec une production de 6 340 Qx. La commune de Sebdoou cultive 6 980 ha de céréales avec une production de 22 153 Qx. Les cultures maraîchères occupent une superficie de 365 ha avec une production de 86 079 Qx. On note également une superficie de 31 ha pour les légumes secs avec une production de 351 Qx.

Le tableau N°16 suivant met en évidence les superficies et les productions associées aux différentes cultures fruitières, notamment les figuiers et les arbres fruitiers divers, dans chaque commune de la région d'étude. Ce tableau permet de mieux comprendre les

pratiques de cultures fruitières dans la région et leurs contributions à la production agricole locale.

Tableau n°16 : Productions Végétales (Cultures Pérennes) campagne 2020/2021

COMMUNES	Viticulture		Agrumes		Oliviers		Figuiers		Arbres Fruitiers divers	
	Sup (ha)	Prod (Qx)	Sup (ha)	Prod (Qx)	Sup (ha)	Prod (Qx)	Sup (ha)	Prod (Qx)	Sup (ha)	Prod (Qx)
S. DJILLALI	00	00	00	00	122	882	00	00	73	2 820
BOUIHI	00	00	00	00	216	3 083	00	00	38	2 739
EL-ARICHA	00	00	00	00	25	400	00	00	43	1 912
EL-GOR	00	00	00	00	62	2 790	00	00	51	3 295
SEBDOU	00	00	00	00	752	4260	5	60	617	17 955
TOTAL	00	00	00	00	1 177	11 415	05	60	822	28 721

Source : D.S.A. (2022)

L'analyse de tableau montre que la viticulture et les agrumes ne sont pas pratiqués dans l'ensemble des communes de la zone d'étude. Dans la commune de Sidi Djillali, on note une superficie de 122 ha consacrée à la culture des oliviers, avec une production de 882 Qx, ainsi que 73 ha pour les arbres fruitiers divers avec une production de 2 820 Qx. Dans la commune de Bouihi, les oliviers occupent une superficie de 216 ha avec une production de 3 083 Qx, et 38 ha sont consacrés aux arbres fruitiers divers avec une production de 2 739 Qx. Pour El-Aricha, 25 ha sont dédiés aux oliviers avec une production de 400 Qx, et 43 ha pour les arbres fruitiers divers avec une production de 1 912 Qx. La commune d'El-Gor consacre 62 ha aux oliviers avec une production de 2 790 Qx, et 51 ha pour les arbres fruitiers divers avec une production de 3 295 Qx. Dans la commune de Sebdoou, 752 ha sont alloués aux oliviers avec une production de 4 260 Qx, et 5 ha sont réservés aux figuiers avec une production de 60 Qx et 617 ha pour les arbres fruitiers divers avec une production de 17 955 Qx.

1.2.3 Potentiel productivité / superficie

Suite aux données fournies, le tableau suivant illustre la production agricole en quintaux par rapport à l'hectare pour chaque type de culture dans les communes de la région d'étude :

Tableau n°17: Rapport productivité de la région d'étude campagne 2020/2021

COMMUNES	CEREALES	FOURRAGES ARTIFICIELS	LEGUMES SECS	CULTURES MARAICHERES	OLIVIERS	FIGUIERS	ARBRES FRUITIÈRES DIVERSES
SIDI DJILLALI	02,92	00	08	408	07,23	00	38,63
BOUIHI	04,39	32,50	00	84,42	14,27	00	72,08
EI-ARICHA	15,24	30	00	504,55	16	00	44,47
EI-GOR	07,54	25	00	181,14	45	00	64,61
SEBDOU	03,17	00	11,32	235,83	05,66	12	29,10
Total	33,26	87,50	19,32	1413,95	88,17	12	248,88

Source : D.S.A. (2022)

Les valeurs indiquées dans le tableau au-dessus représentent la production par hectare pour chaque type de culture. En interprétant les données, on peut observer que : Pour les céréales, la commune d'El-Aricha présente la production la plus élevée avec 15,24 quintaux par hectare, suivie de près par la commune d'El-Gor avec 7,54 quintaux par hectare. Les fourrages artificiels sont principalement cultivés dans la commune de Bouihi avec une production de 32,50 quintaux par hectare suivie par la commune d'El-Aricha avec 30 quintaux par hectare. Les légumes secs ont une production notable dans la commune de Sidi Djillali avec 8 quintaux par hectare et dans la commune de Sebdoou avec 11,32 quintaux par hectare. Les cultures maraîchères ont la production la plus élevée dans la commune d'El-Aricha avec 504,55 quintaux par hectare, suivie par la commune de Sebdoou avec 235,83 quintaux par hectare. Les oliviers ont la production la plus élevée dans la commune d'El-Gor avec 45 quintaux par hectare. Les figuiers ont la production la plus élevée dans la commune de Sebdoou avec 12 quintaux par hectare. Les arbres fruitiers divers ont la production la plus élevée dans la commune de Bouihi avec 72,08 quintaux par hectare.

1.2.4 Systèmes d'élevage et répartition du cheptel

Le tableau N°18 suivant fournit des données sur la répartition des animaux d'élevage dans différentes communes :

Tableau n°18 : Effectif du Cheptel de la zone d'étude en 2021 (Tête)

COMMUNES	Ovins	Bovins	Vaches	Caprins	Poulets de chaire
EL-GOR	86 010	3 214	2 400	1 649	56 000
EL-ARICHA	101 552	953	503	1 113	27 000
SEBDOU	61 989	2 249	1 040	948	325 000
S./DJILLALI	89 740	874	470	3 452	00
BOUIHI	82 669	1 397	995	1 370	00
Total	421 960	8 687	5 408	8 532	408 000

Source : D.S.A. (2022)

Le tableau montre le nombre d'animaux d'élevage dans différentes communes, notamment les ovins, les bovins, les vaches, les caprins et les poulets de chair. La commune d'El-Gor compte 86 010 ovins, 3 214 bovins dont 2 400 vaches, 1 649 caprins et 56 000 poulets de chair. La commune d'El-Aricha a 101,552 ovins, 953 bovins dont 503 vaches, 1,113 caprins et 27 000 poulets de chair. Sebdoou compte 61 989 ovins, 2 249 bovins dont 1 040 vaches, 948 caprins et un grand nombre de 325 000 poulets de chair. La commune de Sidi Djillali a 89 740 ovins, 874 bovins, dont 470 vaches et 3 452 caprins. Enfin, la commune de Bouihi compte 82 669 ovins, 1,397 bovins dont 995 vaches et 1 370 caprins.

Le total général donne une vue d'ensemble du nombre total d'animaux d'élevage dans les différentes communes, ce qui peut aider à comprendre la dynamique de l'élevage dans la région d'étude et aussi à calculer l'indice de charge dans la zone steppique de la wilaya de Tlemcen.

1.2.5 L'indice de charge

Les normes recommandent généralement une charge animale de 1 mouton pour 4 hectares dans les écosystèmes steppiques ou semi-arides (Le Houérou, 1985). Cela signifie qu'une superficie de 4 hectares de terres de pâturage est nécessaire pour soutenir un seul mouton de manière durable. Cette norme est établie pour éviter une pression excessive sur les ressources pastorales, prévenir le surpâturage et la dégradation du sol, maintenir la couverture végétale et la biodiversité, ainsi que pour permettre la régénération naturelle des parcours. Lorsque la charge animale dépasse cette norme, cela peut entraîner des problèmes environnementaux et une détérioration de l'écosystème, ce qui peut à son tour avoir des conséquences négatives sur les communautés qui dépendent de l'élevage.

Pour calculer l'indice de charge pastorale dans la région d'étude, il est nécessaire de commencer par calculer "Sheep-équivalent" par les deux formules suivantes (Labussiere et al, 2007 in Haddouche, 2009) :

- Une vache = 3.63 moutons
- Une chèvre = 0.74 moutons

Après avoir calculé le "Sheep-équivalent" (tab.19), il ressort que la charge animale actuelle dans cette région est de 5 moutons par hectare, cela dépasse largement la norme recommandée. Cela peut indiquer un risque de surpâturage et de dégradation du sol si cette pression pastorale continue sans mesures de gestion appropriées. Il pourrait être nécessaire d'adopter des pratiques de gestion pastorale plus durables, comme la rotation des pâturages, l'application de périodes de mise en défens et d'autres approches pour réduire la pression exercée sur les terres de pâturage et garantir la durabilité de l'écosystème steppique.

Tableau n° 19: sheep-equivalent cheptel

	Nombre de cheptel (Tête)	Indice	sheep-equivalent
Mouton	421 960	1	421 960
Vaches	14 095	3,63	51 165
Chèvre	8 532	0,74	6 314
Total			479 439

1.2.6 Apiculture

L'apiculture, pratique millénaire consistant à élever des abeilles pour la production de miel et d'autres produits dérivés, joue un rôle significatif dans de nombreux écosystèmes et communautés à travers le monde. Au-delà de la simple récolte de miel, l'apiculture revêt une importance économique, écologique et sociale. Dans la région d'étude que nous examinons, l'apiculture pourrait constituer un élément clé de la diversification des activités agricoles et de l'exploitation durable des ressources naturelles. En comprenant comment l'apiculture s'intègre dans le contexte local, en explorant les pratiques actuelles et les opportunités potentielles, nous pouvons mieux appréhender son rôle dans la préservation de l'écosystème steppique et dans le soutien aux moyens de subsistance des communautés locales.

Les données relatives à l'apiculture dans la région d'étude sont représentées dans le tableau N°20 suivant :

Tableau n°20 : production de miel

Commune	Nombre de ruche	Production de miel (Qx)
EL-GOR	48	450
EL-ARICHA	0	0
SEBDOU	600	1 800
S/ DJILLALI	932	5 400
BOUIHI	470	5 100
Total	2 050	12 750

Les chiffres que nous avons fournis illustrent la répartition des activités apicoles dans différentes communes de la région d'étude. L'apiculture, avec un total de 2 050 ruches avec une production de 12 750 (Qx), représente une opportunité prometteuse pour la diversification des revenus et la promotion de pratiques de développement durable. Parmi les communes, Sidi Djillali, Sebdou et El-Bouihi semblent avoir une présence apicole plus marquée avec un nombre substantiel de ruches, ce qui pourrait avoir un impact significatif sur la production de miel, la pollinisation des cultures et la conservation de la biodiversité. Toutefois, il est important de noter qu'il y a des disparités dans la participation des différentes communes à l'apiculture, et il pourrait y avoir des raisons locales qui influencent ces variations, comme la disponibilité des ressources florales, les connaissances traditionnelles et les pratiques apicoles. Pour maximiser les avantages de l'apiculture dans la préservation de l'écosystème steppique, il serait utile de promouvoir et de soutenir davantage cette activité dans les régions où elle est moins développée, tout en veillant à une gestion durable des ressources apicoles pour garantir la santé des abeilles et des écosystèmes.

1.3 Mutations socio-économiques

Une étude comparative entre les données des campagnes agricoles 2000/2001 et 2020/2021 dans la région Sud de Tlemcen permet de mettre en évidence l'évolution de divers aspects de l'agriculture et de l'utilisation des terres au fil du temps. L'étude comparative de ces éléments entre les deux campagnes peut aider à identifier les changements majeurs, les tendances positives ou négatives, et à évaluer les impacts des politiques, des pratiques agricoles et des facteurs environnementaux sur l'écosystème et les communautés locales. Cela peut également servir de base pour la prise de décisions en matière de développement durable et de gestion des ressources dans la région de Tlemcen.

1.3.2 Evolution de la superficie agricole totale (S.A.T)

Le tableau N°21 suivant présente la superficie agricole totale (S.A.T) de différentes communes au cours des années 2001, 2014 et 2021 dans la région steppique de la wilaya de Tlemcen. On peut observer l'évolution de la superficie totale dédiée à l'agriculture au fil du temps.

Tableau n°21 : Evolution de la superficie agricole totale S.A.T (ha)

COMMUNES	2001	2014	2021
SIDI DJILLALI	41 298	41 300	41 302
BOUIHI	44 100	44 100	44 098
EI-ARICHA	25 000	25 000	25 039
EI-GOR	46 000	46 000	45 947
SEBDOU	17 812	17 758	16 745
TOTAL	174 210	174 158	173 131

Source : D.S.A. (2022)

Pour mieux visualiser les données mentionnées dans le tableau N°21 nous allons les représenter sous forme d'histogramme dans la figure N°30 suivante :

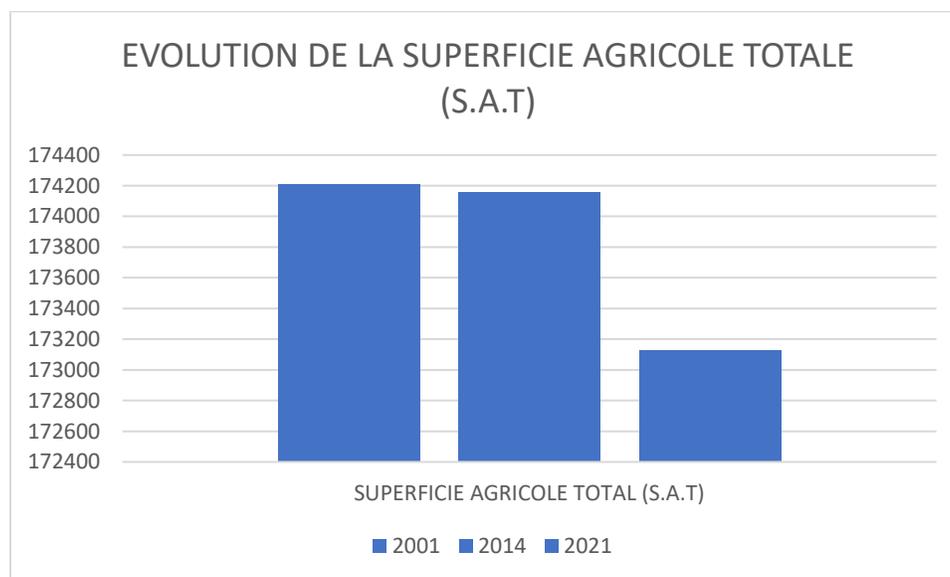


Figure n°30: Evolution de la superficie agricole totale S.A.T (ha)

Au fil des années, on remarque des variations dans la superficie de 174 210 hectares en 2001 à 173 131 hectares en 2021. Cette comparaison met en évidence les changements potentiels dans l'utilisation des terres agricoles dans la région au cours de cette période. Une légère diminution de la superficie agricole totale peut être observée, ce qui pourrait

indiquer des évolutions dans les pratiques agricoles, l'urbanisation ou d'autres facteurs affectant la disponibilité des terres agricoles.

1.3.3 Evolution de la superficie agricole utile (S.A.U)

Le tableau présente la superficie agricole utile (S.A.U) pour différentes communes au cours les années 2001, 2014 et 2021 dans la région Sud de la wilaya de Tlemcen. La S.A.U représente la partie des terres agricoles qui est effectivement utilisée pour les activités agricoles productives.

Tableau n°22 : Superficie agricole utile S.A.U (ha)

COMMUNES	2001	2014	2021
SIDI DJILLALI	9998	10 000	10 002
BOUIHI	19500	19 500	19 498
EL-ARICHA	15700	15 700	15 739
EL-GOR	17000	17 000	16 947
SEBDOU	9460	9 406	8 393
TOTAL	71 658	71 606	70 579

Source : D.S.A. (2022)

L'analyse du tableau N°22 et la figure N°31 montre que en 2001, la superficie agricole utile totale dans la région était de 71 658 hectares. Au fil des années, on observe une légère variation de cette superficie, elle varie de 71 606 hectares en 2014 à 70 579 hectares en 2021. En effet, la superficie agricole utile dans la région a connu une certaine stabilité au fil du temps, avec des fluctuations relativement mineures.

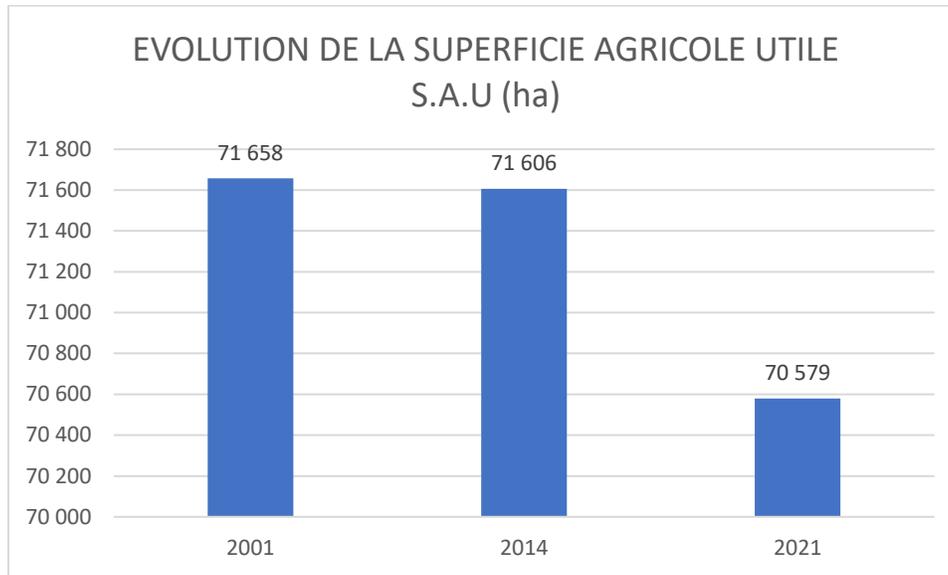


Figure n°31 : Evolution de la superficie agricole utile S.A.U

1.3.4 Evolution du cheptel

Le tableau N°23 suivant présente l'évolution du cheptel (ovins, bovins et caprins) dans la région d'étude au cours les années 2001, 2014 et 2021.

Tableau n°23: évolution du cheptel

Année	Ovins	Bovins	Caprins
2001	5 814	102 484	7 149
2014	182 670	16 107	8 250
2021	757 910	14 095	8 416

On remarque que en 2001, on comptait 5 814 ovins, 102 484 bovins et 7 149 caprins dans la région. En 2014, le cheptel avait considérablement augmenté, avec 182 670 ovins, 16 107 bovins et 8 250 caprins. En 2021, le cheptel a continué de croître de manière significative, atteignant 757 910 ovins, 14 095 bovins et 8 416 caprins.

Ces chiffres reflètent une tendance à la hausse du cheptel dans la région au cours de ces années, avec une croissance particulièrement marquée pour les ovins. Cette évolution peut être influencée par divers facteurs tels que les pratiques d'élevage, la demande de viande et de produits laitiers, les conditions climatiques, etc.

L'augmentation du cheptel ovins, en particulier, pourrait indiquer une focalisation accrue sur l'élevage de ces animaux, peut-être en réponse à la demande croissante de viande d'agneau et de produits dérivés dans la région.

L'évolution croissante du cheptel dans la région a plusieurs conséquences, à la fois positives et potentiellement négatives, qui méritent d'être considérées :

- Une augmentation du cheptel peut signifier une meilleure disponibilité de viande, de lait et d'autres produits dérivés, répondant potentiellement à la demande alimentaire croissante de la population locale ;
- L'élevage peut contribuer de manière significative à l'économie locale en fournissant des opportunités de revenus aux éleveurs et en créant des emplois dans le secteur de la production animale ;
- Une plus grande quantité de produits d'origine animale peut aider à améliorer la sécurité alimentaire en fournissant une source supplémentaire de protéines et de nutriments ;
- L'élevage diversifié peut contribuer à la diversification des moyens de subsistance, ce qui peut atténuer les risques liés aux fluctuations des marchés agricoles ;
- Une augmentation du cheptel peut entraîner un surpâturage excessif, ce qui peut conduire à la dégradation des terres, de la végétation et des ressources naturelles, en particulier dans un écosystème fragile comme la steppe ;
- Un cheptel en croissance peut exercer une pression accrue sur les ressources en eau, en pâturages et en aliments pour animaux, ce qui pourrait aggraver la concurrence avec d'autres usages et activités agricoles ;
- Une pression accrue sur les terres pour l'élevage peut entrer en conflit avec la préservation de la biodiversité et de l'écosystème naturel de la région.

Il est important de mettre en place des pratiques d'élevage durables et équilibrées qui tiennent compte de ces conséquences potentielles, tout en prenant en compte les besoins économiques, sociaux et environnementaux de la région.

PARTIE 3

MUTATIONS SPATIALES ET STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT DURABLE

CHAPITRE VI : MUTATIONS SPATIALES DANS LE SUD-ORANAIS

1- Cartographie des mutations spatiales

L'homme a un impact significatif sur la dynamique du paysage et le couvert végétal dans les écosystèmes steppiques et ailleurs. La surveillance et la gestion de la végétation sont cruciales pour évaluer l'ampleur des changements et prendre des décisions éclairées en matière de conservation et de gestion des ressources naturelles.

Les cartes d'occupation des sols et du couvert végétal, produites à partir de données de télédétection et de systèmes d'information géographique (S.I.G), sont des outils précieux pour comprendre l'évolution des usages des terres et leurs impacts sur la végétation. Ces cartes peuvent montrer comment l'agriculture, l'élevage, l'urbanisation et d'autres activités humaines ont modifié le paysage et le couvert végétal au fil du temps.

En utilisant ces informations, les décideurs et les gestionnaires peuvent prendre des mesures pour atténuer les effets négatifs de l'activité humaine sur l'écosystème steppique. Cela peut inclure des pratiques de gestion durable des terres, la mise en place de zones protégées pour la conservation de la biodiversité, la promotion de l'agriculture durable et la sensibilisation des communautés locales à l'importance de préserver leur environnement.

En outre, ces cartes permettent de suivre les tendances à long terme et d'évaluer l'efficacité des mesures de conservation mises en place. Elles fournissent également des informations essentielles pour la planification territoriale et l'aménagement du territoire, en aidant à identifier les zones à risque de dégradation et à orienter les actions de préservation.

En résumé, la combinaison de la télédétection, des SIG et de l'analyse cartographique permet de mieux comprendre l'évolution de la végétation dans l'écosystème steppique et de prendre des mesures efficaces pour assurer sa conservation et sa durabilité face aux pressions anthropiques et environnementales.

1.1 Techniques de Comparaison des changements

Les techniques de comparaison des changements ont fait l'objet de nombreuses recherches ; Coppin et Bauer (1996), Jensen (1996), Lunetta et Elvidge (1998), Mas (2000), Hall et Hay (2003), Lu et al (2004), Walter (2004), Blaschke (2005) et Desclée *et al.* (2006). Selon Haddouche (2009), les méthodes de télédétection du changement sont classées en trois grands groupes :

- **Les méthodes de pré-classifications** : consistent à créer une nouvelle image où les changements sont mis en valeur. Cette accentuation d'images est obtenue par la mise en œuvre d'opérations ponctuelles (pixel à pixel) et/ou globales (prenant en compte toute l'image) ;
- **Les méthodes de classifications multi-dates** : sont utilisées pour classer visuellement ou numériquement une image multi-date. Elles consistent à fournir des compositions colorées à partir de la même bande spectrale d'images prises à des dates différentes. Les changements sont reconnus par l'apparition de couleurs différentes. Autrement dit, les pixels où les zones ont changé apparaissent en couleur tandis que ceux qui n'ont pas changé sont présentés en nuances de gris ;
- **Les méthodes de post-classification** : consistent à comparer des classifications indépendantes d'images de dates différentes. Cela implique de classer séparément chaque image de date, puis de comparer les résultats des classifications pour identifier les changements entre les différentes périodes. Ces méthodes permettent de détecter les changements entre les images classifiées sans dépendre d'une seule classification pour toutes les dates, ce qui peut être utile dans certaines situations où les caractéristiques du paysage peuvent évoluer de manière significative au fil du temps.

Le tableau n°24 suivant résume les principales méthodes utilisées dans la détection du changement et les avantages et les inconvénients de chacune.

Tableau n°24: les principales méthodes de télédétection du changement.

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Différence d'image	<ul style="list-style-type: none"> • Simplicité de mise en œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité à la qualité des corrections géométrique et radiométrique. • Analyse délicate de l'image accentuée. • Pas d'information sur la nature du changement.
Ratio	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction les impacts de l'angle du soleil, de l'ombre et de la topographie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Distribution non-normale du résultat souvent critiquée
Vecteur de changement	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité de traiter tout nombre de bandes spectrales désirées. • Information sur la nature du changement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité à la qualité des corrections géométrique et radiométrique. • Complexité des données. • Difficulté à identifier les changements trajectoires de l'occupation du sol.
Régression	<ul style="list-style-type: none"> • Moindre sensibilité à la correction radiométrique. • Réduction des impacts du capteur et des différences environnementales entre deux images acquises à deux périodes différentes de l'année. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité à la qualité de la superposition des images. • Pas d'information sur la nature du changement.
ACP (L'analyse en Composantes Principales)	<ul style="list-style-type: none"> • Correction radiométrique non nécessaire. • Moindre sensibilité à la superposition des images. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interprétation difficile des composantes. • Pas d'information sur la nature du changement.
ACP sélective	<ul style="list-style-type: none"> • Correction radiométrique non nécessaire. • Moindre sensibilité à la superposition des images. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas d'information sur la nature du changement.
Classification multi-temporelle visuelle	<ul style="list-style-type: none"> • Correction radiométrique non nécessaire. • Moindre sensibilité à la superposition des images. • Avantages de l'interprétation visuelle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Information sur la nature du changement difficile à extraire.

Classification multi-temporelle numérique	<ul style="list-style-type: none"> • Correction radiométrique non nécessaire. • Moindre sensibilité à la superposition des images. • Possibilité d'identifier la nature du changement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Complexité de la phase d'apprentissage (classification dirigée) ou de l'identification a posteriori des classes spectrales (classification non dirigée).
Comparaison post Classificatoire	<ul style="list-style-type: none"> • Correction radiométrique non nécessaire. • Identification de la nature du changement. • Possibilité d'intégrer des données de nature différente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande sensibilité à la qualité des classifications utilisées. • Grande quantité d'heures et d'expertise à créer des classifications.
Autres méthodes		
Hybride	<ul style="list-style-type: none"> • Exclusion des pixels non-changés de la classification afin de réduire les erreurs de classification. 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix des seuils à classifier. • Complexité à identifier le changement trajectoire.
Réseaux neuronaux artificiels (artificial neural network - ANN)	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité d'estimer les propriétés des données se basant sur des échantillons d'entraînement 	<ul style="list-style-type: none"> • Longue d'entraînement. • Période Sensibilité à la quantité des données d'entraînement utilisées. • Les fonctions d'ANN ne sont pas toujours disponibles dans les logiciels de traitement d'images commerciaux.
SIG (Système d'informatique géographique)	<ul style="list-style-type: none"> • Support au processus d'interprétation et d'analyse. • Capacité de mettre à jour directement l'information de l'utilisation des terres dans le SIG. • Intégration de photos aériennes de l'utilisation des terres récentes et anciennes et d'autres données cartographiques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité à la qualité des différentes sources de données utilisées. • Sensibilité à l'exactitude de la géométrie des données SIG et du système de classification utilisé.

Source : Mas, 2000 et Lu et *al* (2004)

1.2 Choix d'un indice de végétation

Les végétaux ont des comportements particuliers vis-à-vis de la réflectance dans le spectre électromagnétique. Dans le domaine du visible (400 - 700 nm), le rayonnement est en majeure partie absorbé par les pigments foliaires (chlorophylle, carotène). Ainsi, la réflectance est d'autant plus faible que la photosynthèse est importante (Fisher, 1991).

Dans le domaine du proche infrarouge (700 - 1300 nm), les pigments des feuilles ainsi que la cellulose sont transparents. Le rayonnement reçu est donc soit réfléchi, soit transmis. En augmentant les longueurs d'onde du visible au proche infrarouge, on passe d'une réflectance très faible à une réflectance proche de 40 % (Fig.32). Dans le domaine de l'infrarouge moyen, la réflectance des plantes est surtout affectée par leur teneur en eau (Girard et Girard, 2010). Ainsi, les bandes rouges (R) et du proche infrarouge (PIR) montrent une faible dépendance face aux conditions atmosphériques. La première coïncide avec une forte absorption du rayonnement, tandis que la seconde offre une réflectance élevée (Tucker, 1979 ; Caloz et Collet, 2001).

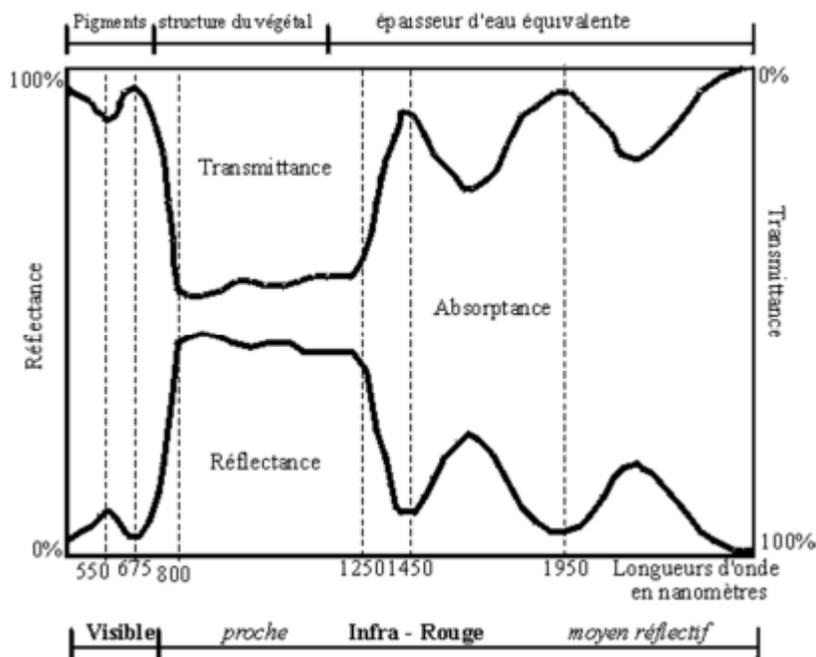


Figure n°32: Réponse spectrale typique de la végétation
Source : Girard et Girard (1999)

Ainsi, il est possible de construire des indices à partir d'une combinaison simple ou complexe de bandes spectrales. Les combinaisons de ces bandes ont de bonnes capacités discriminantes et révèlent des propriétés particulières des végétaux, par exemple leur contenu en chlorophylle (Tucker, 1979). Cet écart (entre R et PIR) a conduit à la fabrication de nombreux indices de végétation mettant en évidence la valeur de cette différence afin de mesurer l'activité photosynthétique de la plante (Girard et Girard, 1999).

Le N.D.V.I (Normalized Difference Vegetation Index) reste l'indice le plus communément appliqué parmi les indices de végétation. Cet indice a démontré une

forte corrélation avec des paramètres de la végétation tels que la vitalité de la végétation ou la biomasse végétale, et il est largement utilisé sur des zones de fort couvert végétal.

Selon Caloz et Collet (2001), le N.D.V.I est affecté par la variation du sol nu, en particulier lorsqu'il y a des végétations éparées, et il possède également le défaut de ne pas avoir un fort pouvoir discriminant pour les milieux dont le taux de recouvrement est compris entre 20 et 30 %, notamment dans les zones arides. De ce fait, cet indice a été écarté pour de telles zones.

Selon Haddouche (2009), l'indice de végétation perpendiculaire (P.V.I) est un indice qui tente de minimiser les influences de la luminosité du sol en supposant que la ligne du sol présente une pente et une interception arbitraires. Effectivement, les sols nus possèdent une signature spectrale spécifique qui permet de les distinguer des autres types d'occupation du sol. Dans le domaine du visible et du proche infrarouge, la réflectance augmente proportionnellement avec la longueur d'onde. Cette augmentation dépend de la texture et de la structure du sol. Les sols qui ont une teneur en eau et en matière organique élevées absorbent plus de rayonnement et auront donc une réflectance générale plus faible. Cela rend possible la détection et la discrimination des sols nus dans les images satellites ou les données de télédétection.

Le P.V.I se calcule comme une distance euclidienne dans le plan [R, P.I.R.] entre un point et une droite et prend la forme suivante :

$$P.V.I. = (NIR - a * Red - b) / \text{SQRT} (a^2 + 1).$$

Où : a et b sont respectivement la pente et l'ordonnée à l'origine de la droite des sols.

SQRT : racine carrée.

- P.V.I. > 0 signifie que le pixel est recouvert par la végétation,
- P.V.I. = 0 correspond aux pixels de sols nus,
- P.V.I. < 0 survient surtout pour les pixels d'eau de très faible teneur minérale ou chlorophyllienne.

1.3 Approches et applications cartographiques

1.3.1 Les images satellitaires

L'utilisation des images satellites Landsat multi-dates est une approche courante pour étudier les changements dans l'écosystème et le couvert végétal sur une période donnée. Les images Landsat offrent une résolution spatiale de 30 m x 30 m, ce qui permet d'obtenir des données détaillées sur le terrain étudié.

En combinant les canaux du bleu, du rouge et du proche infrarouge, nous avons créé une composition colorée trichromique. Cette composition permet de visualiser différentes caractéristiques du paysage en attribuant des couleurs spécifiques à chaque canal.

En utilisant les images satellites du 14 avril 2001, 02 avril 2011 et du 17 mars 2021, nous pouvons effectuer une analyse des changements dans le paysage sur une période de 20 ans. Cette approche permet de suivre l'évolution des différentes classes du paysage au fil du temps et de détecter d'éventuelles tendances ou changements significatifs dans l'écosystème. L'analyse des images satellites sur une longue période peut fournir des informations essentielles sur les modifications des couvertures végétales, des zones urbaines, des zones agricoles, et d'autres éléments du paysage.

Il faut noter que le choix des dates de prises de vue des images satellitaires ont été choisies en fonction du maximum de végétation et ceci pour mieux comprendre les changements parvenus sur le terrain. La période printanière (mois de Mars et Avril) était la plus propice pour notre zone méditerranéenne

1.3.2 Logiciels de traitement des données

ArcGIS 10.5 est une suite de logiciels d'information géographique développée par E.S.R.I, une entreprise spécialisée dans les solutions SIG. Cette suite de logiciels offre une large gamme d'outils pour la collecte, l'analyse, la gestion et la visualisation des données géographiques.

ArcGIS 10.5 est utilisé par de nombreux professionnels dans des domaines tels que la géographie, la cartographie, l'aménagement du territoire, l'environnement, l'agriculture, la gestion des ressources naturelles, etc. Il est également utilisé par des organisations gouvernementales, des entreprises et des universités pour divers projets et applications géospatiales (E.S.R.I, 2004).

La suite ArcGIS 10.5 est composée de plusieurs logiciels, dont ArcMap, ArcCatalog, ArcScene et ArcToolbox. ArcMap est l'outil principal pour la création et l'édition de cartes, ArcCatalog sert à organiser et gérer les données géographiques, ArcScene est utilisé pour créer et visualiser des scènes en 3D, et ArcToolbox offre une collection d'outils pour l'analyse spatiale et la géotraitement.

ArcGIS 10.5 est également doté de fonctionnalités avancées telles que la création de modèles de géotraitement, l'intégration avec des bases de données relationnelles, la

publication de cartes et de services web, l'analyse géospatiale, la modélisation d'informations géographiques, etc.

Grâce à ses capacités étendues et ses outils conviviaux, ArcGIS 10.5 est largement utilisé pour des projets géospatiaux complexes et des analyses de données géographiques à grande échelle.

1.3.3 Approche méthodologique

La méthodologie utilisée pour détecter les changements de végétation dans la zone d'étude est basée sur une approche cartographique élaborée à partir de la comparaison post-classificatoire en utilisant l'approche orientée objets avec des pseudo-bandes spectrales et l'indice de végétation (P.V.I). Cette méthodologie comprend six étapes principales :

Acquisition des données : Trois images satellites Landsat multi-dates (2001, 2011 et 2021) ont été acquises pour la zone d'étude. Ces images ont une résolution spatiale de 30 m x 30 m et couvrent la région d'intérêt.

Traitement des données : Les images satellites retenues ont été traitées et validées après les enquêtes et observations sur terrain pour contrôler et vérifier les unités thématiques à classifier.

Calcul de l'indice de végétation (PVI) : L'indice de végétation perpendiculaire (P.V.I) est calculé à partir des pseudo-bandes spectrales dérivées des images prétraitées. Le P.V.I permet d'évaluer l'activité photosynthétique de la végétation et de détecter les changements dans son état de santé.

Classification orientée objets et validation : En classification, les approches traditionnelles par pixel semblent être inadaptées à la cartographie des types d'occupation morcelés à partir d'une image de résolution moyenne. En effet, dans la majorité des cas, certaines classes ne peuvent pas être séparées. Par exemple, dans l'image Landsat de résolution de 30 m, le tissu urbain peut être confondu avec d'autres classes, souvent avec les terrains agricoles et les sols nus.

Une autre approche de classification offre de nouvelles possibilités : l'approche orientée objets, où les éléments de base sont des objets ou des segments d'image (un groupe de pixels). En d'autres termes, l'approche orientée objets est basée sur l'hypothèse que l'information sémantique nécessaire à l'interprétation d'une image n'est pas représentée

dans les pixels individuels, mais dans des objets d'image significatifs et leurs relations mutuelles (Definiens Imaging, 2004). L'avantage de cette approche est de tenir compte des caractéristiques spectrales et spatiales du pixel et de son voisinage dans le processus de classification.

Selon Willhauck et *al.* (2000) et Jensen (2005), cette approche s'effectue selon deux phases principales : La première phase consiste à créer des régions individuelles ou à regrouper les éléments d'image selon certains critères d'homogénéité spectrale et spatiale, ce qui donne naissance à des segments. Ces segments sont considérés comme des objets totalement indépendants. Cette phase est appelée la segmentation. La seconde phase est la classification (ou étiquetage) des segments en utilisant des attributs spectraux (moyenne des niveaux de gris de l'objet), spatiaux (forme, texture), structuraux (relation spatiale entre les objets), ainsi que d'autres variables géographiques telles que l'altitude, la pente, l'exposition ou la densité de population. En raison de cela, cette méthode de classification est également connue sous le nom de classification contextuelle.

La validation permet de perfectionner la classification des images, établir l'exactitude des résultats des classifications, et identifier les sources d'erreur à corriger pour améliorer la qualité de l'information sur la carte.

Détection des changements : En comparant les classifications des trois dates, les changements de végétation sont détectés. Cela inclut l'identification des zones où la végétation a changé de type, a subi une dégradation ou une amélioration.

Interprétation des résultats : Les résultats de la détection des changements sont interprétés pour comprendre les facteurs qui ont influencé l'évolution de la végétation dans la zone d'étude. Cela peut inclure des facteurs tels que le climat, les activités humaines, les changements d'utilisation des terres, etc.

En suivant cette méthodologie, il est possible d'obtenir des informations détaillées sur les changements de végétation dans la zone d'étude sur une période donnée. Ces informations sont essentielles pour la gestion durable des ressources naturelles et des écosystèmes, ainsi que pour la prise de décisions éclairées en matière d'aménagement du territoire et de conservation de la biodiversité.

Une présentation schématique des différentes séquences opérationnelles est représentée dans la figure n°33.

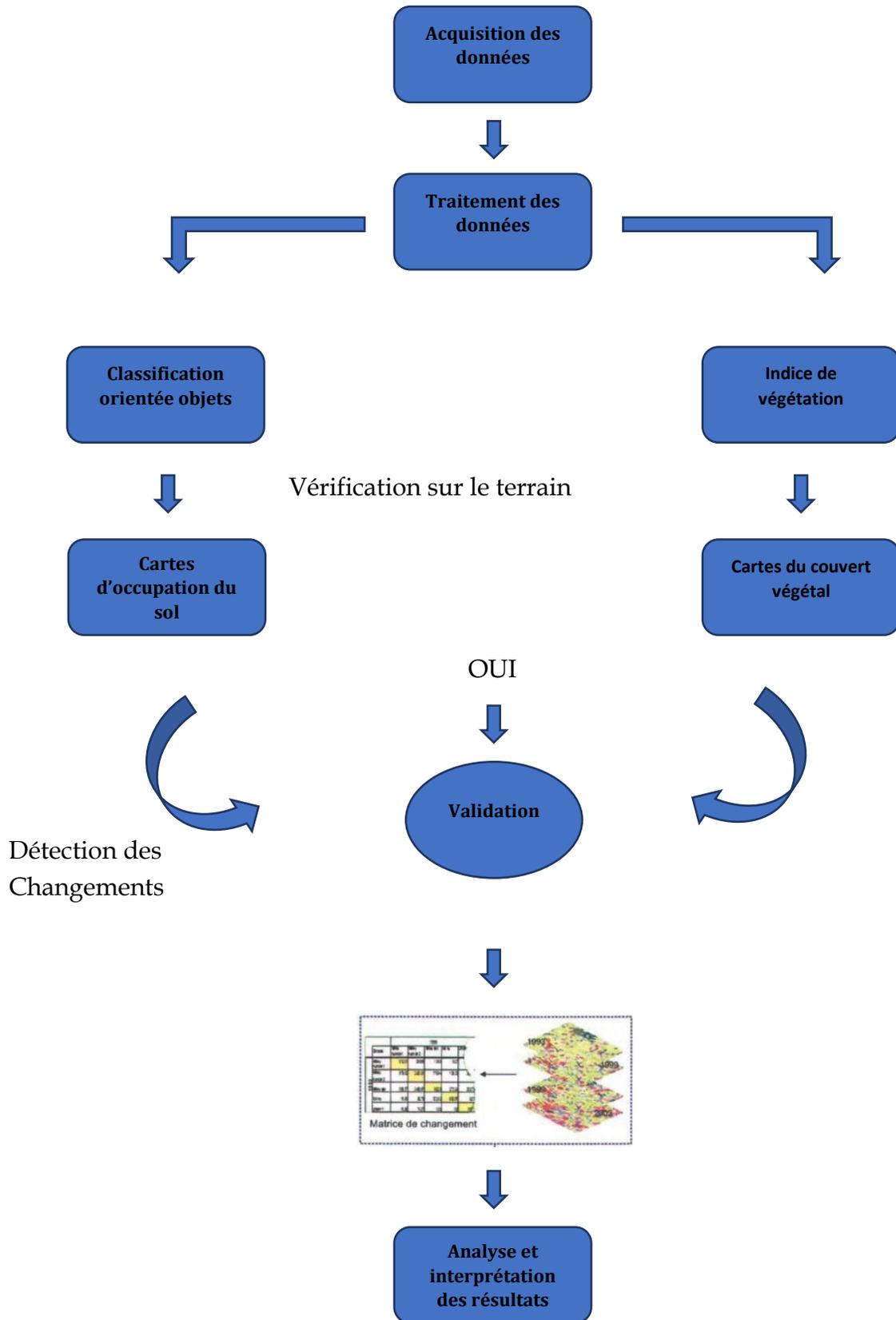


Figure n°33: schéma des séquences opérationnelles

1.4 Etude diachronique

L'étude diachronique basée sur l'exploitation des données satellitaires multi-dates (2001, 2011 et 2021) a permis d'obtenir une série de cartes photo-interprétatives et des indices de végétation. Ces informations ont été essentielles pour observer les changements survenus dans le milieu au fil du temps, qu'ils soient régressifs ou progressifs (Haddouche *et al.*, 2004).

Les cartes photo-interprétatives ont été élaborées en utilisant des images satellitaires prises à différentes dates, ce qui a permis de visualiser les changements dans le couvert végétal et la couverture du sol. Grâce à ces cartes, il a été possible d'observer les zones où la végétation a diminué ou progressé au cours des années, ainsi que les changements d'utilisation des terres.

Les indices de végétation, tels que le P.V.I, ont été calculés à partir des données spectrales des images satellites. Ces indices fournissent des informations sur l'état de santé de la végétation et permettent de détecter les changements dans son activité photosynthétique.

Grâce à cette approche diachronique, on peut avoir une vision globale et dynamique des changements qui se sont produits dans le milieu étudié sur une période significative. Cela permet de mieux comprendre les facteurs qui ont influencé ces changements, tels que le climat, les activités humaines, la dégradation des terres, etc.

L'utilisation de données satellitaires multi-dates et d'indices de végétation dans cette étude offre une méthodologie robuste et objective pour évaluer les changements dans l'écosystème steppique. Ces informations sont précieuses pour les gestionnaires et les décideurs, car elles fournissent une base de connaissances essentielle pour la prise de décisions en matière de gestion des ressources naturelles et de préservation de l'environnement.

1.4.1 Evolution temporelle de la végétation

La carte des changements a été créée en comparant les valeurs de l'indice de végétation (P.V.I) entre les trois dates (2001, 2011 et 2021). Pour ce faire, les images de départ ont été prétraitées pour les mettre dans le même référentiel géométrique, afin de garantir une comparaison cohérente.

Une fois que les indices P.V.I ont été calculés pour chaque date, ils ont été utilisés pour créer des cartes de couvert végétal pour chacune des trois dates (2001, 2011 et 2021).

Cette création de carte s'est basée sur une classification supervisée du P.V.I. Cette classification est une technique de traitement d'images qui permet de regrouper les pixels en différentes classes prédéfinies en utilisant des échantillons d'entraînement. Ces échantillons sont des pixels dont la classe est connue et ils sont utilisés pour apprendre au logiciel à reconnaître les différentes classes dans l'image. Par la suite, le logiciel (ARCGIS) applique cette connaissance aux autres pixels de l'image pour les classer dans les classes appropriées.

Dans le cas de notre étude, les indices P.V.I ont été utilisés comme paramètres pour la classification supervisée. Les pixels de l'image ont été classés en deux classes : végétation (qui correspond aux zones avec une végétation présente) et hors végétation (qui correspond aux zones sans végétation ou avec une végétation très limitée).

En combinant les classifications supervisées des trois dates, nous avons pu obtenir trois cartes de couvert végétal correspondant à chacune des périodes étudiées (Fig.34, 35 et 36). Cela permet de visualiser les changements dans le couvert végétal au fil du temps et d'identifier les zones qui ont gagné ou perdu en végétation. Ces cartes sont essentielles pour analyser l'évolution de l'écosystème dans la zone d'étude et évaluer l'impact des changements climatiques ou des activités humaines sur la végétation.

Carte de végétation. Année 2001

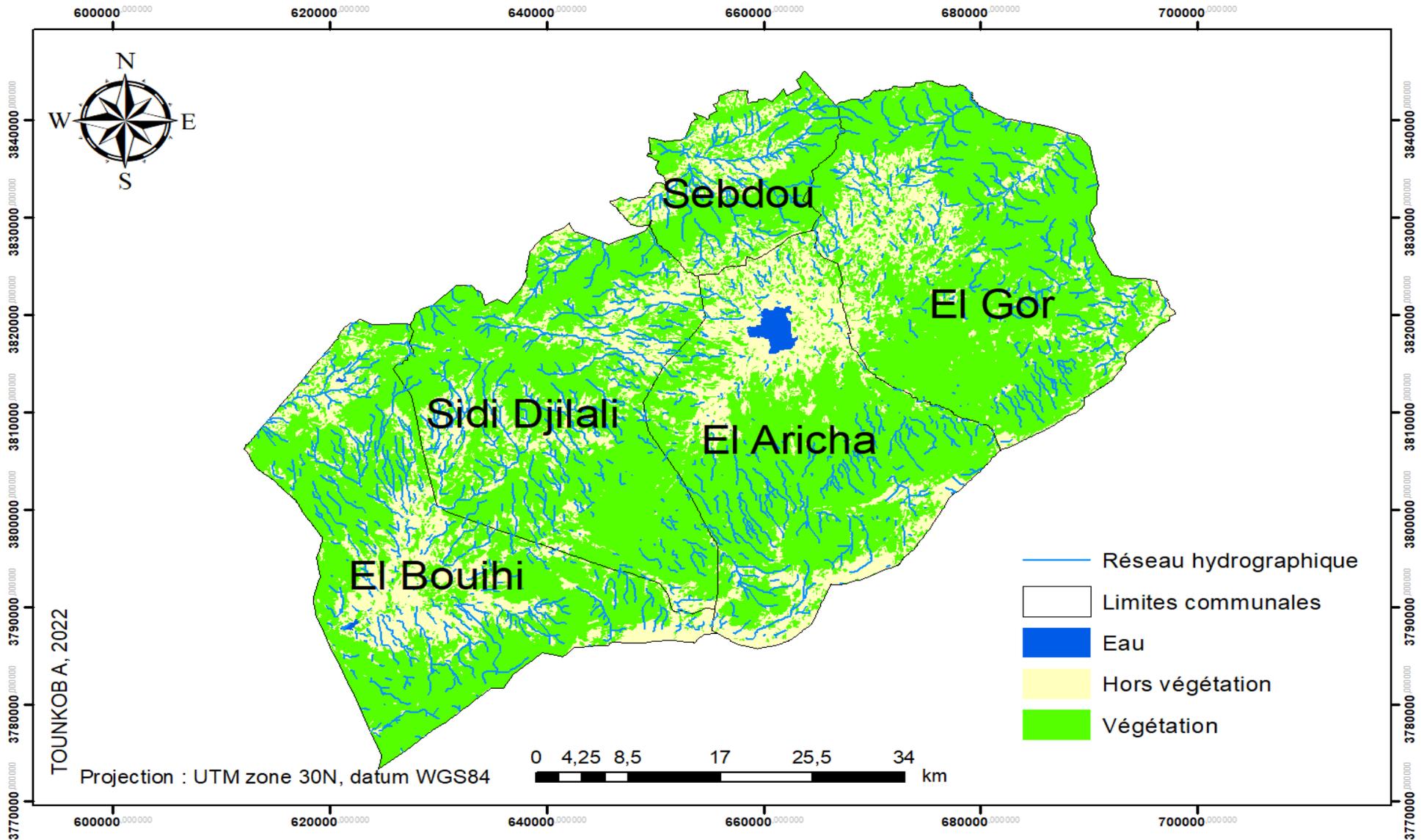


Figure n°34: carte de végétation 2001

Carte de végétation. Année 2011

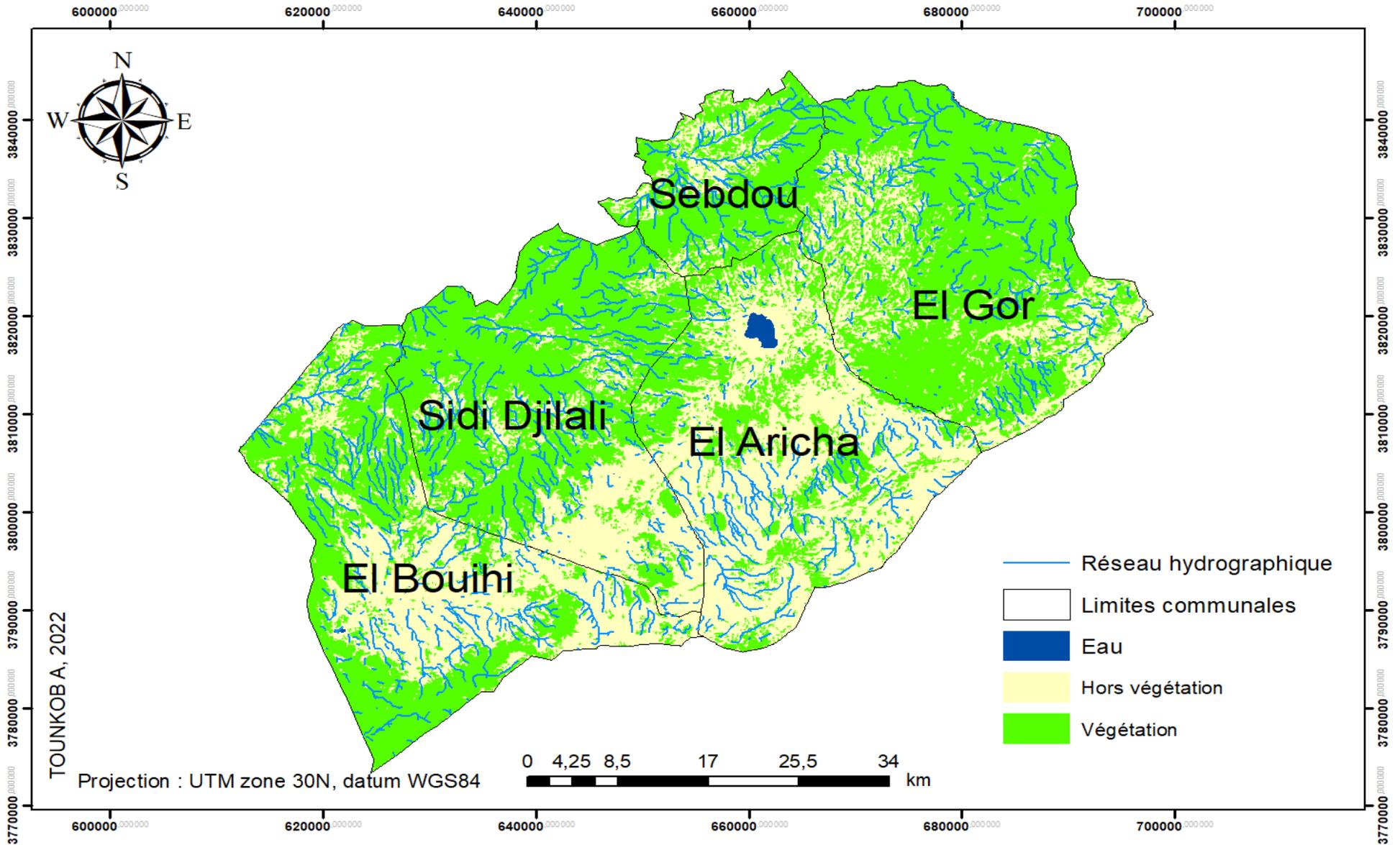


Figure n°35 : carte de végétation 2011

Carte de végétation. Année 2021

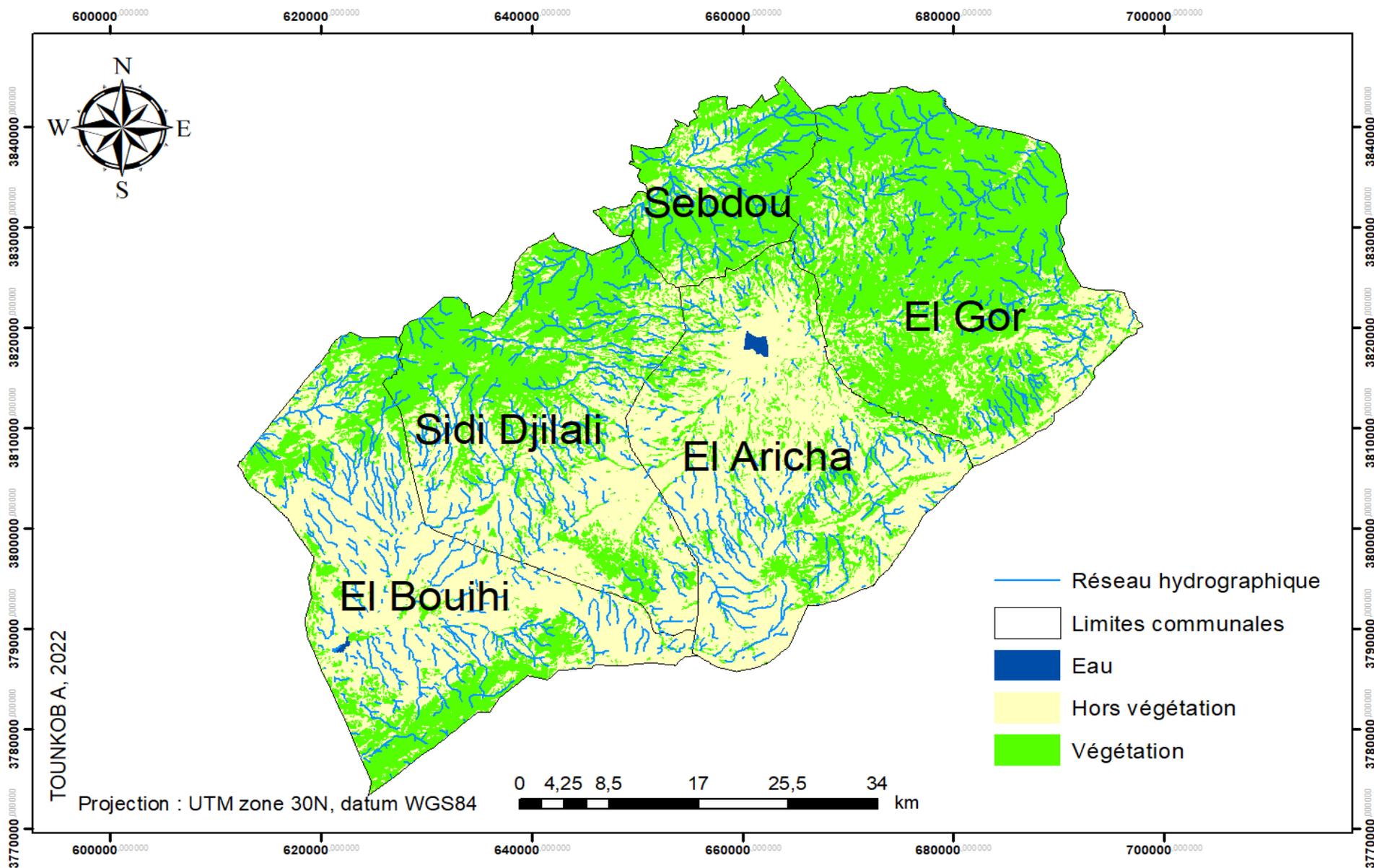


Figure n°36: carte de végétation 2021

La surface, ainsi que le pourcentage de chaque classe du couvert végétal dans la zone d'étude de chaque période (2001, 2011 et 2021) sont représentés dans le tableau N°25 suivant :

Tableau n°25 : classes du couvert végétal 2001, 2011 et 2021

Classe	2001		2011		2021	
	Superficie ha	Pourcentage %	Superficie ha	Pourcentage %	Superficie ha	Pourcentage %
Hors végétation	87895,13	26,90	132368,50	40,52	170613,50	52,22
Végétation	238802,5	73,10	194332,70	59,48	156083,20	47,78
Total	326697,63	100	326701,20	100	326696,70	100

Pour mieux visualiser les données mentionnées dans le tableau N°25 nous allons les représenter sous forme d'histogramme dans la figure N°37 suivante :

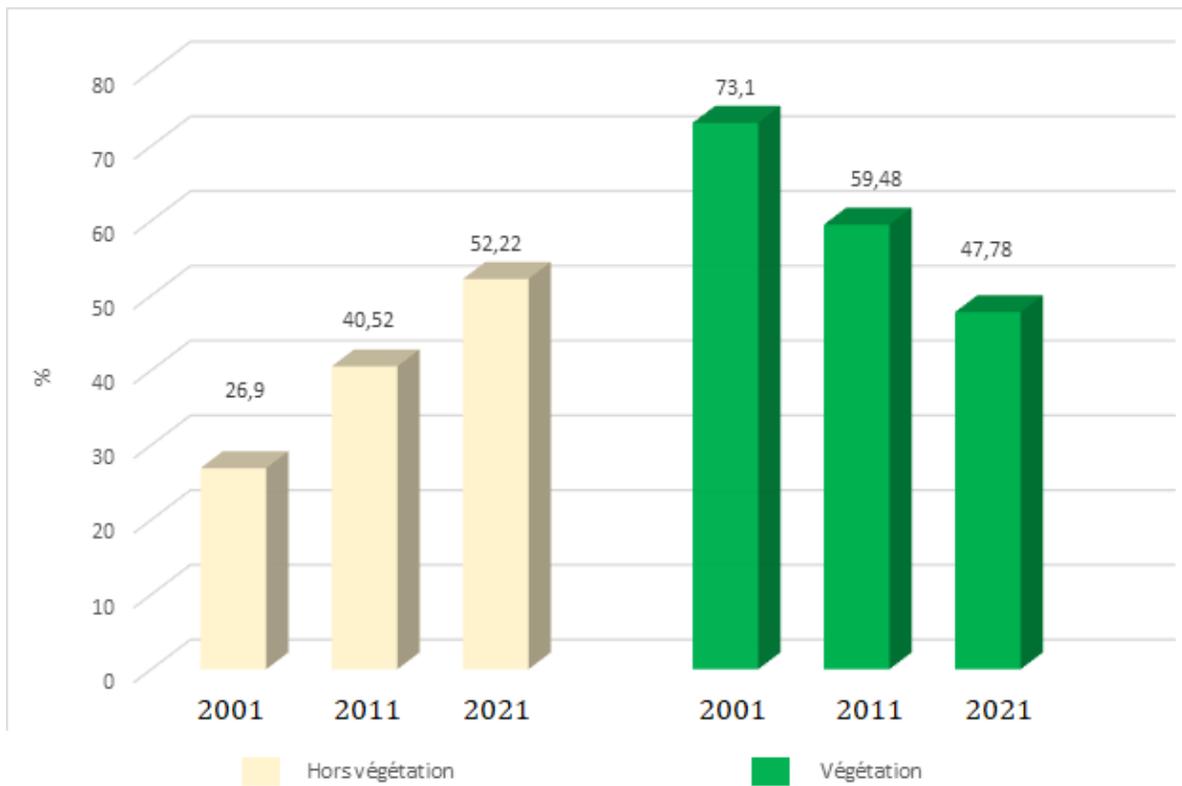


Figure 37: Evolution temporelle de la végétation durant la période 2001-2021

En 2001, la classe "Hors végétation" occupait une superficie de 87 895.13 hectares, ce qui représentait 26.90 % de la superficie totale de la zone étudiée. La classe "Végétation", quant à elle, couvrait une superficie plus vaste de 238 802.5 hectares, constituant 73.10 % de la zone.

En 2011, des changements sont observables. La classe "Hors végétation" avait considérablement augmenté, occupant désormais 132 368.50 hectares, soit 40.52 % de la zone. En parallèle, la classe "Végétation" avait diminué pour couvrir une superficie de 194 332.70 hectares, représentant 59.48 % de la zone.

En 2021, cette tendance se confirme avec une augmentation de la classe "Hors végétation" qui s'étendait sur 170 613.50 hectares, constituant ainsi 52.22 % de la zone. La classe "Végétation" avait continué à diminuer et couvrait désormais 156 083.20 hectares, ce qui équivalait à 47.78 % de la zone.

Une observation globale de ces données suggère une évolution du paysage au fil du temps dans la zone d'étude. Il semble y avoir une diminution progressive de la classe "Végétation" et une augmentation correspondante de la classe "Hors végétation". Cette évolution peut indiquer des changements dans l'occupation du sol et dans la dynamique de la couverture végétale au cours de la période examinée.

L'utilisation du logiciel QGIS en combinaison avec l'outil Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) a permis de créer une carte de changement de la végétation (fig.38), qui revêt une importance significative dans l'analyse de l'évolution du couvert végétal dans la zone d'étude durant la période 2001-2021. Cette carte, permet de distinguer clairement les zones où la végétation a régressé, progressé ou est restée relativement stable. Ces distinctions sont cruciales pour comprendre les dynamiques de l'écosystème et les facteurs qui les influencent. La carte de changement de la végétation peut servir de base pour des prises de décision éclairées en matière de gestion des ressources naturelles et de planification territoriale. Elle fournit des informations concrètes sur les zones qui nécessitent une attention particulière en termes de conservation ou de restauration.

Carte du changement de la végétation 2001_2021

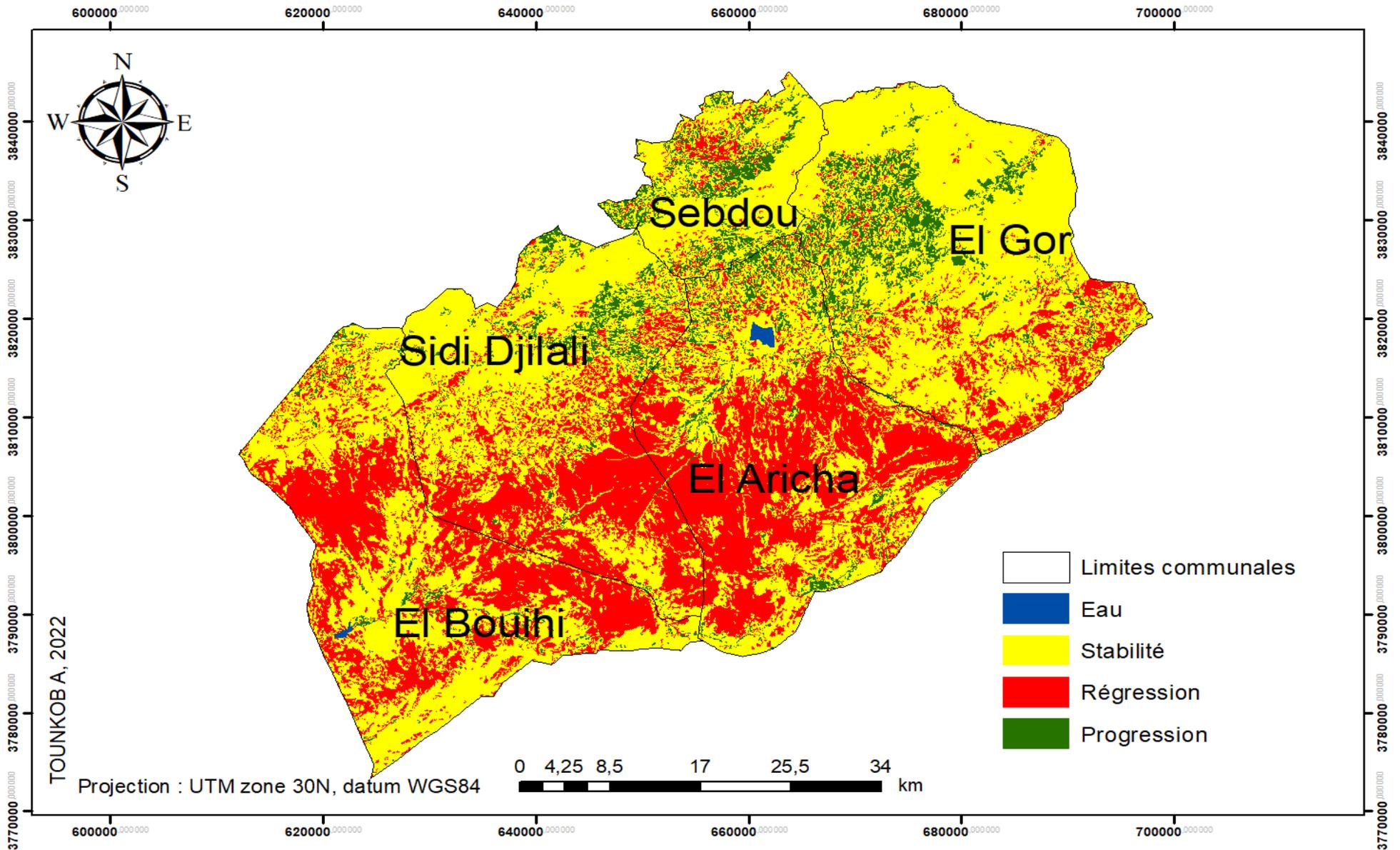


Figure n°38: carte du changement de la végétation

La surface, ainsi que le pourcentage de chaque classe de la carte du changement durant la période 2001- 2021 sont représentés dans le tableau N°26 suivant :

Tableau n°26: évolution de l'état du couvert végétal

	Surface ha	Pourcentage %
Régression	109297,08	33,45
Stabilité	191294,82	58,55
Progression	26115,66	7,99
Total	326707,56	100,00

Les données mentionnées dans le tableau ci-dessus sont représentées sous forme d'histogramme dans la figure N°39 suivante

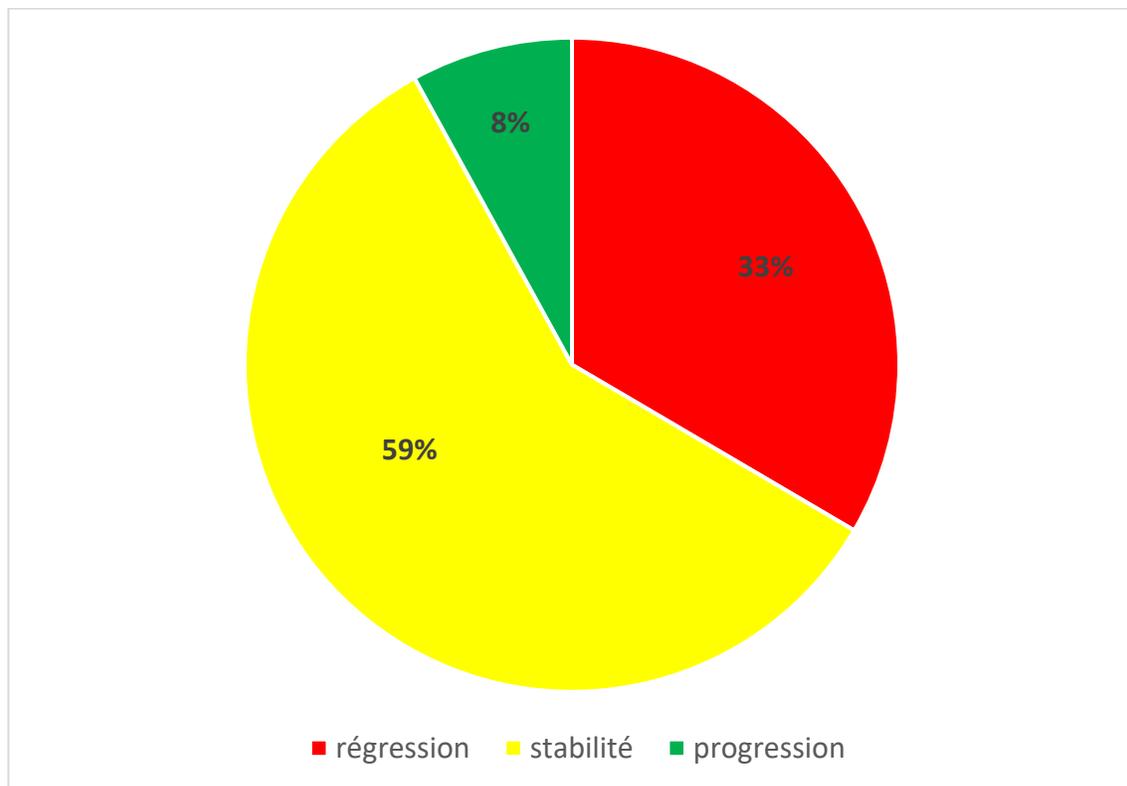


Figure n°39 : évolution de l'état du couvert végétal 2001-2021

L'analyse du tableau N°26 et la figure N°39 a permis de mieux comprendre les évolutions du couvert végétal dans la zone d'étude. On remarque :

Régression (33,45 %) : Cette classe représente les zones où le couvert végétal a diminué au cours de la période de 2001 à 2021. Une régression du couvert végétal peut être causée par des facteurs tels que la déforestation, l'expansion urbaine, la conversion des terres agricoles et d'autres activités humaines. Les zones de régression nécessitent une attention particulière en termes de gestion et de conservation, car elles peuvent avoir des impacts sur la biodiversité, l'érosion du sol et les services écosystémiques.

Stabilité (58,56 %) : Cette classe englobe les zones où le couvert végétal (40,32%) et les zones sans végétation (18,24%) sont restés relativement stables au cours de la période. Une stabilité du couvert végétal peut indiquer une utilisation durable des terres ou une gestion appropriée des ressources naturelles. Cependant, il est important de continuer à surveiller ces zones pour s'assurer qu'elles maintiennent leur état stable et ne subissent pas de changements indésirables à l'avenir.

Progression (7,99 %) : La classe de progression désigne les zones où le couvert végétal a augmenté au fil du temps. Cela peut être le résultat de programmes de reboisement, de régénération naturelle, arboriculture, ou d'autres initiatives de conservation. Les zones en progression indiquent des efforts réussis pour restaurer ou améliorer le couvert végétal, ce qui peut avoir des avantages en termes de protection de l'environnement, de biodiversité et de services écosystémiques.

1.4.2 Evolution temporelle de l'occupation du sol

L'évolution temporelle de l'occupation du sol est une analyse qui permet de suivre les changements survenus dans la répartition des différents types de couvert et d'utilisation des terres au fil du temps. Cette analyse est essentielle pour comprendre comment les activités humaines, les facteurs environnementaux et d'autres variables ont influencé les transformations du paysage.

En utilisant des données satellitaires et des techniques de télédétection, nous avons pu établir des cartes d'occupation du sol pour chacune des trois dates (Fig.40, 41 et 42). En comparant ces cartes, nous avons identifié les zones où des changements significatifs ont eu lieu. Ces changements peuvent inclure des modifications dans la répartition des forêts, maquis, terres agricoles, parcours, les zones urbaines, sols nus, les zones humides, etc.

L'analyse a révélé des tendances telles que l'expansion urbaine, la conversion des terres agricoles en zones résidentielles ou industrielles, la déforestation ou la régénération des zones naturelles. Les résultats ont également permis de quantifier les superficies de chaque classe d'occupation du sol pour chaque période, ce qui facilite la compréhension des changements à une échelle globale.

L'analyse comparative de l'occupation du sol sur plusieurs années fournit des informations précieuses pour la gestion des ressources naturelles, la préservation de l'environnement et la prise de décisions éclairées. Elle permet de suivre l'évolution des paysages et d'anticiper les conséquences potentielles des changements observés. En fin de compte, cette analyse contribue à une meilleure compréhension de la dynamique des écosystèmes et à la mise en place de mesures de gestion adaptées pour un développement durable.

Carte d'occupation du sol. Année 2001

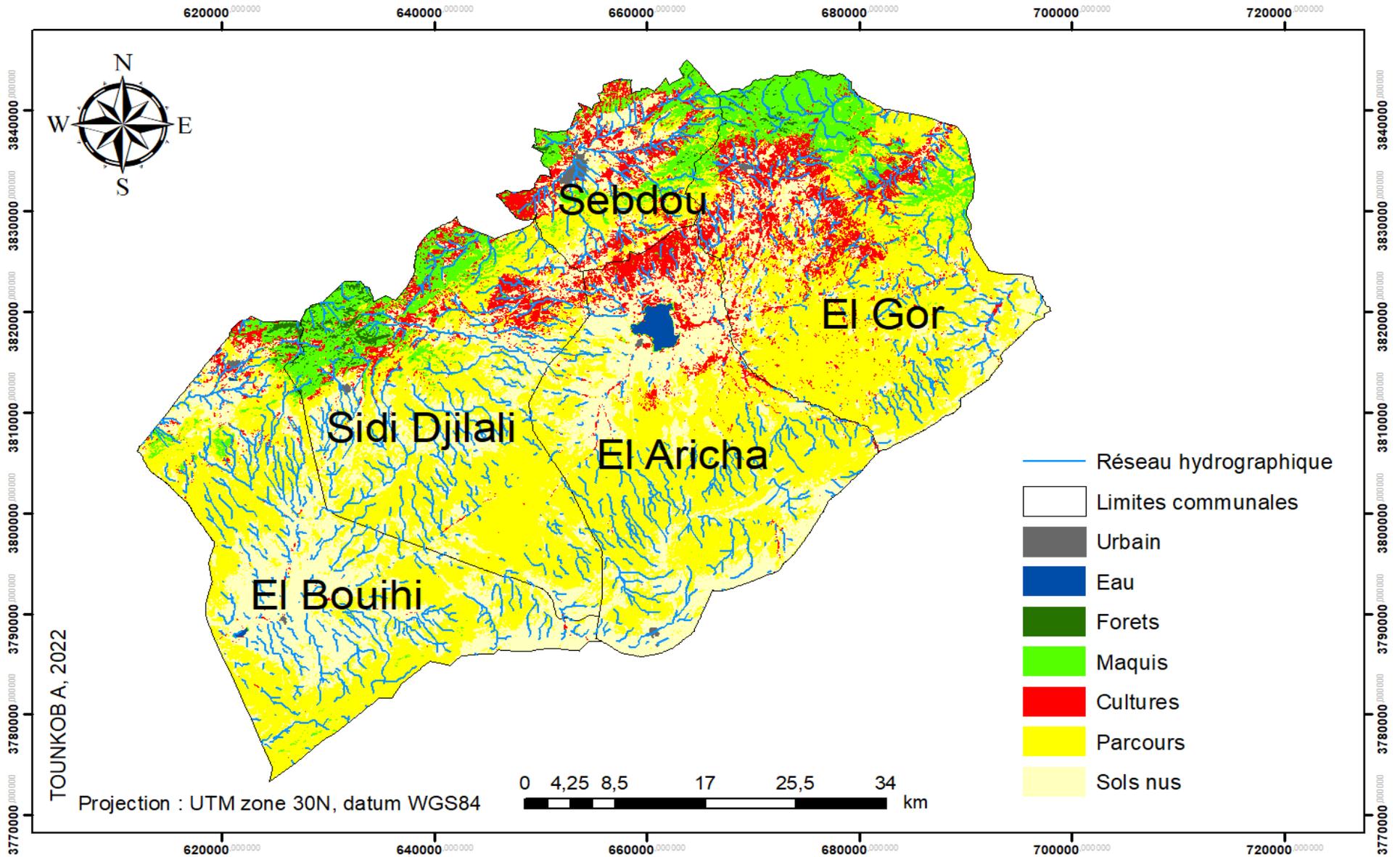


Figure n°40: carte d'occupation du sol 2001

Carte d'occupation du sol. Année 2011

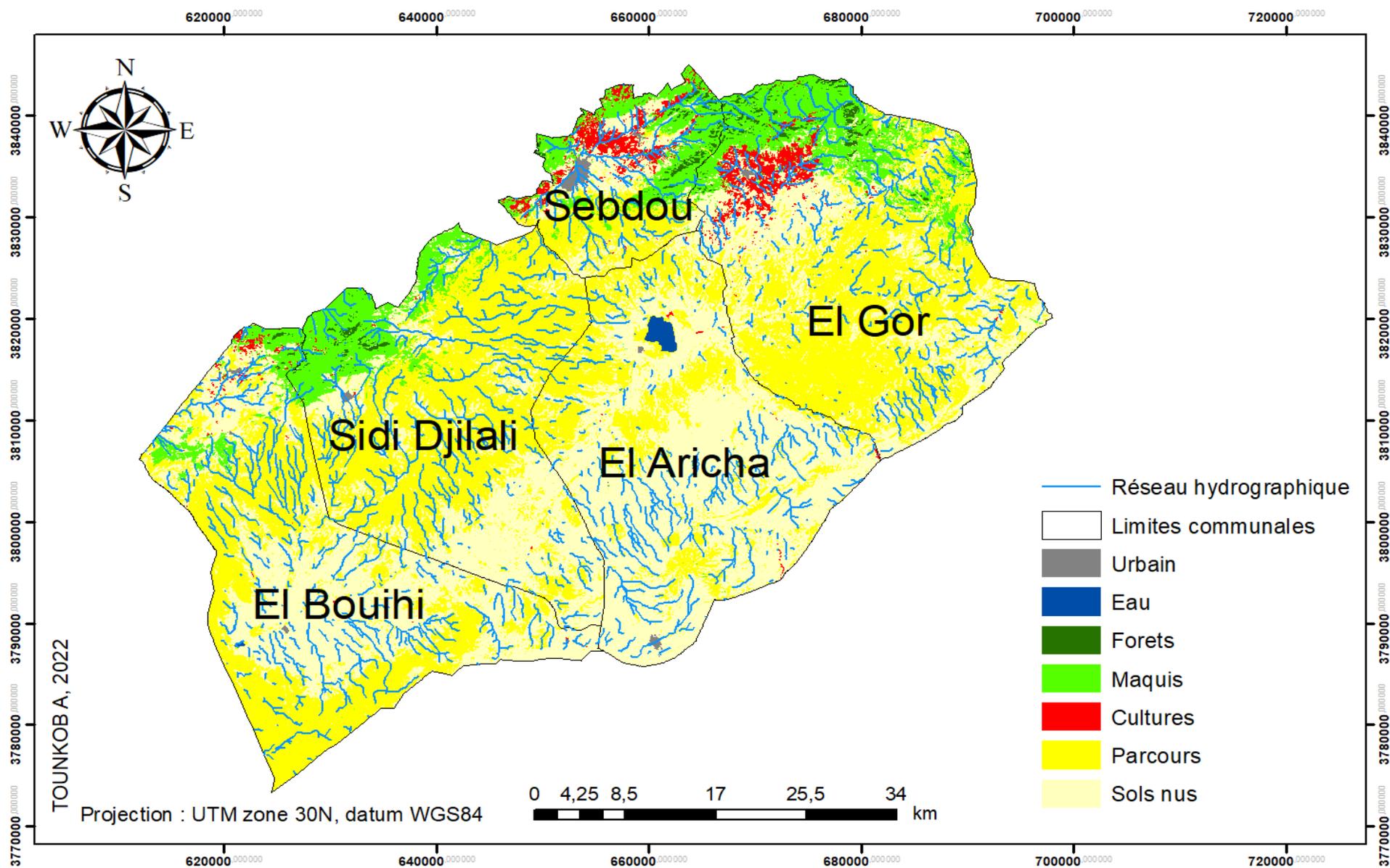


Figure n°41: carte d'occupation du sol 2011

Carte d'occupation du sol. Année 2021

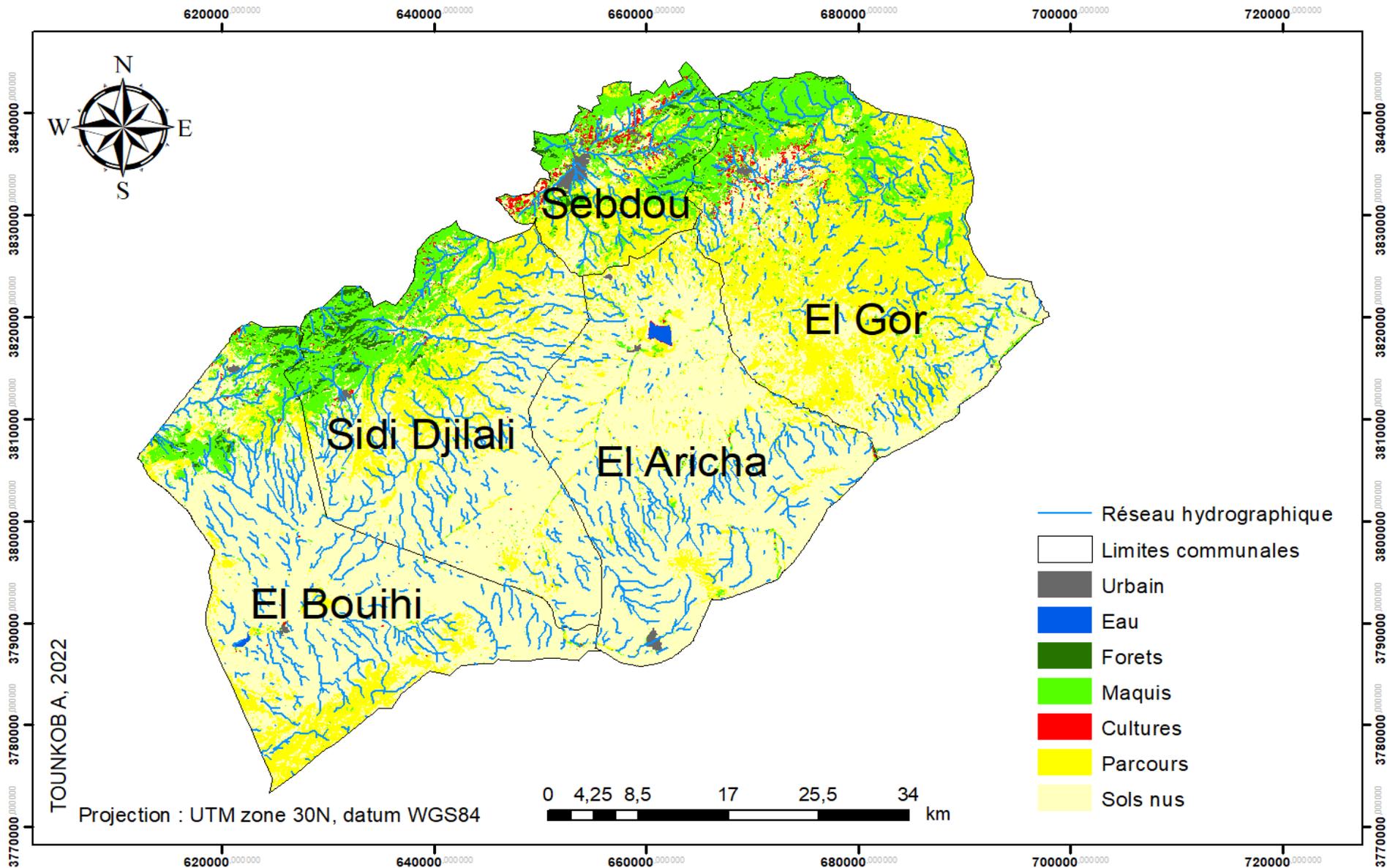


Figure n°42: carte d'occupation du sol 2021

La surface, ainsi que le pourcentage de chaque classe d'occupation du sol dans la zone d'étude sont représentés dans le tableau N°27 suivant :

Tableau n°27: classes d'occupation du sol

Classe	2001		2011		2021	
	Superficie ha	Pourcentage %	Superficie	Pourcentage	Superficie	Pourcentage
Eaux	1288,40	0,39	728,59	0,22	441,73	0,14
Forets	2268,32	0,69	2462,01	0,75	4417,63	1,35
Maquis	28011,30	8,57	32980,00	10,10	41970,66	12,85
Cultures	32907,70	10,07	7584,12	2,32	3554,45	1,09
Parcours	159431,80	48,80	134631,00	41,21	82061,42	25,12
Sols nus	102391,42	31,34	147791,31	45,24	193544,43	59,25
Urbain	391,98	0,12	515,29	0,16	700,97	0,21
Total	326690,92	100	326692,32	100	326691,29	100

Pour mieux visualiser les données mentionnées dans le tableau ci-dessus, nous allons les représenter sous forme d'historgramme dans la figure N°43 suivante :

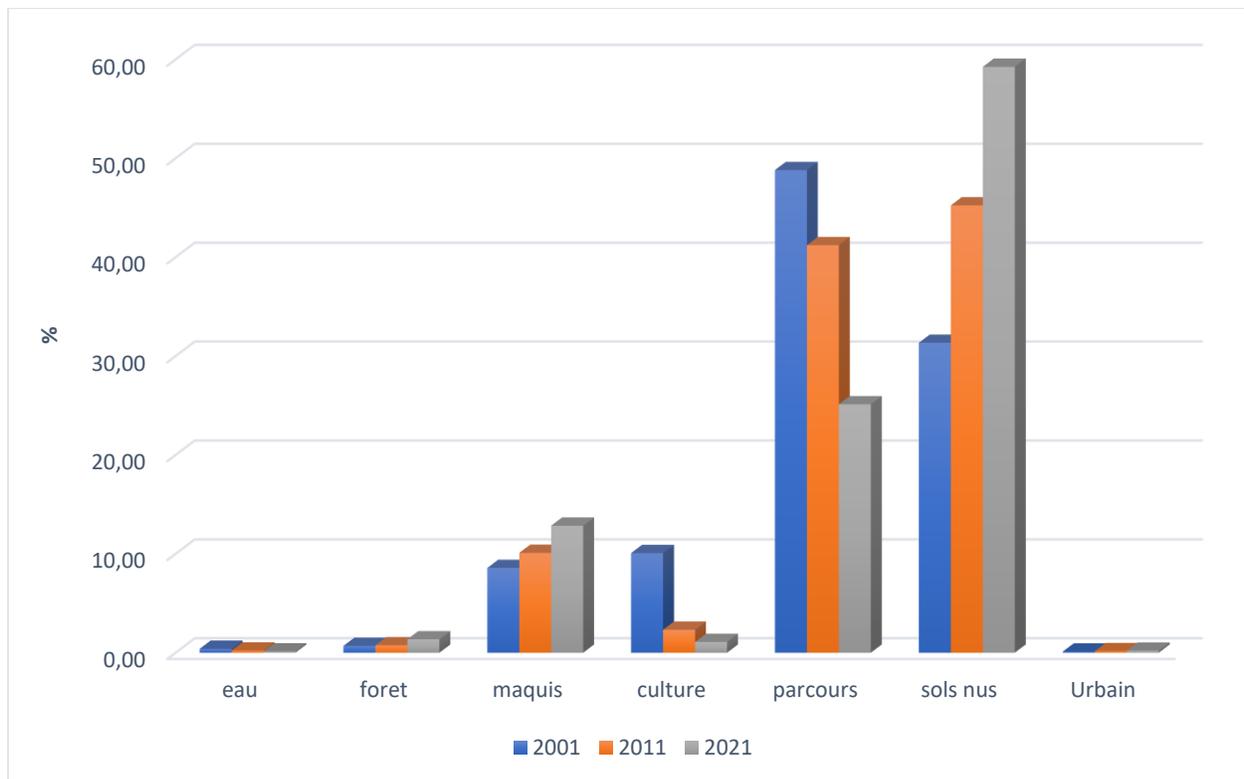


Figure n°43: changement d'occupation du sol 2001, 2011 et 2021

Globalement, les résultats indiquent des changements substantiels dans l'occupation du sol de la zone d'étude. Ces changements peuvent être dus à une combinaison de facteurs tels que l'urbanisation, les pratiques agricoles, la dégradation des terres, les changements climatiques et les interventions de gestion des ressources naturelles.

La diminution de la superficie des zones d'eau au fil des trois périodes est influencée par les changements climatiques et les variations des régimes de précipitations. Les changements climatiques ont un impact direct sur la disponibilité de l'eau dans une région donnée, ce qui peut entraîner des modifications significatives dans les zones d'eau et les écosystèmes aquatiques.

Les variations des régimes de précipitations peuvent provoquer une diminution des niveaux d'eau dans les cours d'eau, les lacs et les plans d'eau. Si les précipitations sont réduites au fil des ans, les niveaux d'eau peuvent diminuer de manière conséquente, ce qui peut affecter les zones humides et leurs habitats ainsi que la disponibilité en eau pour la végétation et les communautés humaines. De plus, les sécheresses prolongées liées aux changements climatiques peuvent contribuer à la diminution des zones humides et des plans d'eau. Medjerab (2005), à partir d'une étude pluviométrique sur le Nord-Ouest de l'Algérie a montré une persistance des totaux pluviométriques déficitaires sur plusieurs années successives.

L'augmentation progressive des superficies forestières suggère des efforts de conservation et de reboisement dans la région. Même avec cette augmentation, la superficie des forêts reste relativement très faible, ne dépassant pas 1.35 % de la zone d'étude. Cela peut indiquer que malgré les initiatives de reboisement et de conservation, il existe encore des défis à relever pour augmenter davantage les superficies forestières. Les facteurs qui limitent l'expansion des forêts pourraient inclure la pression exercée par les activités humaines telles que le pâturage, l'agriculture, l'urbanisation et l'exploitation des ressources naturelles. Les conditions climatiques et édaphiques peuvent également jouer un rôle important dans la réussite des programmes de reboisement et dans la croissance des forêts nouvellement plantées.

L'expansion des zones de maquis peut être le résultat de la régénération naturelle après des incendies ou d'autres perturbations ou de reboisement. Cela peut également refléter une moindre pression humaine sur ces zones, permettant aux écosystèmes de se rétablir. Le maquis est souvent bien adapté aux conditions environnementales difficiles, telles que les sols pauvres et les périodes de sécheresse. En raison de ces caractéristiques, il peut être capable de s'étendre dans des zones où d'autres types de végétation pourraient avoir du mal à survivre.

Selon Bencherif (2011), dans les maquis et les forêts des régions montagneuses, on trouve comme espèces dominantes : le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) et le chêne vert (*Quercus ilex*).

La baisse significative des terres agricoles (10,07 à 1,09%), principalement dédiées à la céréaliculture fourragère avec des rendements très faibles et aléatoires, peut être attribuée à plusieurs facteurs. La conversion des terres agricoles en zones urbaines, la mauvaise gestion agricole, la surexploitation des sols, l'utilisation excessive de produits chimiques ainsi que le manque de pratiques de conservation peuvent expliquer cette tendance. Les variations climatiques, notamment les sécheresses prolongées ou les changements dans les régimes de précipitations, peuvent également impacter la productivité agricole et influencer les rendements des cultures fourragères (Bencherif, 2011). De plus, les événements imprévus tels que les épidémies, comme celle du COVID-19 en mars 2020, ont également perturbé les activités agricoles. Les restrictions de déplacement, les perturbations de la chaîne d'approvisionnement et d'autres impacts économiques ont affecté la production agricole et entraîné des modifications dans l'utilisation des terres.

La diminution des superficies de parcours de 48,80 % à 25,12 % de la superficie totale de la zone d'étude révèle une préoccupation majeure concernant la pression exercée sur les terres de pâturage. Cette réduction peut être attribuée à des facteurs tels que l'expansion urbaine, l'expansion de l'agriculture ou d'autres formes d'utilisation des terres. Cette tendance soulève des inquiétudes quant à la durabilité des écosystèmes de parcours dans les régions steppiques. En effet, la dégradation des parcours est devenue un enjeu incontournable qui limite le développement de ces zones. Cette dégradation peut être considérée comme un précurseur de la désertification, se manifestant par la diminution de la biomasse des espèces végétales pérennes. À plus long terme, cette détérioration conduit à une diminution de la diversité spécifique, un appauvrissement du sol et finalement à la prédominance d'espèces végétales à forte capacité de colonisation, adaptées aux conditions environnementales difficiles (Aidoud, 1994).

L'expansion urbaine, illustrée par l'augmentation des zones urbaines (0,12 à 0,21%), est une tendance commune dans de nombreuses régions. L'urbanisation peut résulter de la croissance démographique et la sédentarisation des populations nomades.

L'augmentation significative des zones de sols nus, passant de 31,34 % en 2001 à 59,25 % en 2021, reflète un phénomène inquiétant de dégradation des terres et potentiellement de désertification dans la région étudiée. Ce changement observé au fil du temps peut être attribué à une combinaison de facteurs anthropiques et environnementaux. Les activités non

durables, telles que la surexploitation des ressources naturelles, le surpâturage et la déforestation, jouent un rôle crucial dans la dégradation des sols et l'exposition des terres nues. Ces pratiques excessives et non réglementées peuvent entraîner une érosion du sol, une diminution de la fertilité et une perte de la couverture végétale, laissant les sols vulnérables à l'impact des conditions climatiques extrêmes.

L'expansion des zones de sols nus peut également être influencée par des facteurs environnementaux tels que les variations climatiques et les régimes de précipitations. Les changements climatiques peuvent entraîner des périodes de sécheresse plus fréquentes et prolongées, ce qui peut contribuer à la dégradation des sols et à la perte de végétation. La combinaison de ces facteurs anthropiques et environnementaux peut accélérer le processus de désertification, transformant progressivement les zones précédemment couvertes de végétation en terrains nus et arides.

Il est important de souligner que cette tendance à l'augmentation des zones de sols nus a des implications majeures pour l'écosystème et la durabilité de la région. Les sols nus sont plus sensibles à l'érosion éolienne et hydrique, ce qui peut entraîner une perte de sol fertile et une dégradation de la qualité des terres agricoles. De plus, l'exposition directe des sols au rayonnement solaire peut entraîner une augmentation de la température du sol et une réduction de l'humidité, créant ainsi des conditions défavorables à la croissance des plantes. Pour lutter contre cette dégradation des sols et prévenir la désertification, des mesures de gestion durable des terres, de restauration écologique et de sensibilisation aux pratiques agricoles et pastorales durables sont essentielles. Cette réalité, bien documentée par des chercheurs tels que Aidoud (1996), Bencherif (2011), Benguerai (2011) et Ghennou (2014), met en évidence l'urgence d'adopter des mesures de gestion et de préservation pour assurer la durabilité des parcours et des écosystèmes steppiques dans leur ensemble.

CHAPITRE VII : STRATEGIES DE DEVELOPPEMENT DURABLE

1- Approches de développement durable

Le terme de « développement durable », traduit par « sustainable development », a été cité pour la première fois par l'Union internationale pour la conservation de la nature dans son ouvrage « Stratégie mondiale de la conservation ». Il a ensuite été mis en avant dans le rapport commandé par les Nations Unies à une commission présidée par Mme Gro Harlem Brundtland en 1987. C'est donc ce rapport qui a contribué à populariser la notion de développement durable (Milous, 2006).

Le développement durable est "un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre les capacités des générations futures à répondre à leurs propres besoins". (Edwin, 2002). Il repose sur trois piliers interdépendants : économique, environnemental et social. L'objectif est d'assurer une croissance économique qui ne compromet pas la santé de la planète ni la qualité de vie des générations futures. Il s'agit d'une approche à long terme qui vise à créer un équilibre entre les besoins économiques, la conservation de l'environnement et le bien-être social.

1.1 Principes du développement durable

Selon Rebbas (2014), la convention sur la diversité biologique, en adoptant des lignes directrices pour la biodiversité et le développement durable, reconnaît que la protection de la biodiversité est cruciale pour assurer la durabilité de nos écosystèmes. Le développement durable, qui prend en compte l'impact environnemental, peut contribuer de manière significative à la réduction de la pauvreté en impliquant les communautés locales et en favorisant le développement économique tout en préservant les ressources naturelles.

Les trois principes fondamentaux du développement durable –développement économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement tolérable – sont interconnectés. Un développement économiquement efficace cherche à maximiser la prospérité tout en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement. Une équité sociale garantit que les avantages du développement sont partagés équitablement, réduisant ainsi les disparités et l'injustice. L'écologiquement tolérable implique une utilisation responsable des ressources naturelles et la préservation de la biodiversité pour les générations futures (Rebbas, 2014).

En adoptant une nouvelle forme de gouvernance, le développement durable encourage la participation de toutes les parties prenantes, y compris la société civile, dans le processus de prise de décision. Cette approche participative garantit que les décisions tiennent compte des

besoins et des perspectives diverses, renforçant ainsi la légitimité et la durabilité des actions entreprises.

1.2 Objectifs du développement durable

Selon Hamiti et Bouzadi-daoud (2021), Les objectifs du développement durable, également connus sous le nom O.D.D, sont un ensemble de 17 objectifs mondiaux ambitieux et interconnectés établis par les Nations Unies en 2015. Ils visent à guider les actions mondiales pour éliminer la pauvreté, protéger la planète et garantir la prospérité pour tous d'ici 2030.

Les principaux objectifs du développement durable :

1. Pas de pauvreté : Mettre fin à la pauvreté sous toutes ses formes et partout dans le monde ;
2. Faim zéro : Assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable ;
3. Bonne santé et bien-être : Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge ;
4. Éducation de qualité : Assurer une éducation de qualité inclusive et équitable et promouvoir des possibilités d'apprentissage tout au long de la vie ;
5. Égalité entre les sexes : Atteindre l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles ;
6. Eau propre et assainissement : Garantir la disponibilité et la gestion durable de l'eau et de l'assainissement pour tous ;
7. Énergie propre et abordable : Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes à un coût abordable ;
8. Travail décent et croissance économique : Favoriser une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous ;
9. Industrie, innovation et infrastructure : Construire une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable et encourager l'innovation ;
10. Inégalités réduites : Réduire les inégalités au sein et entre les pays ;
11. Villes et communautés durables : Rendre les villes et les établissements humains inclusifs, sûrs, résilients et durables ;
12. Consommation et production responsables : Adopter des modes de consommation et de production durables ;
13. Lutte contre les changements climatiques : Prendre des mesures urgentes pour lutter contre les changements climatiques et leurs conséquences ;
14. Vie aquatique : Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines ;
15. Vie terrestre : Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification et arrêter la perte de biodiversité ;

16. Paix, justice et institutions efficaces : Promouvoir des sociétés pacifiques et inclusives à tous les niveaux et garantir l'accès à la justice pour tous ;
17. Partenariats pour la réalisation des objectifs : Renforcer les moyens de mettre en œuvre et revitaliser le partenariat mondial pour le développement durable.

En effet, L'O.D.D 15 vise spécifiquement à préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en s'assurant de les exploiter de manière durable. Cet objectif s'inscrit dans l'effort global pour éliminer la pauvreté, protéger la planète et garantir la prospérité pour tous d'ici 2030. Selon Le Rapport National Volontaire Algérie (2019), L'O.D.D 15 englobe plusieurs sous-objectifs et cibles, notamment :

1. Conservation de la biodiversité : Préserver la diversité biologique en protégeant les espèces menacées et en conservant les écosystèmes uniques ;
2. Gestion durable des forêts : Promouvoir une gestion durable des forêts, y compris la restauration des forêts dégradées et la lutte contre la déforestation ;
3. Lutte contre la désertification : Prendre des mesures pour lutter contre la désertification, la dégradation des sols et la sécheresse, en particulier dans les zones arides ;
4. Conservation des écosystèmes terrestres et aquatiques : Protéger les écosystèmes terrestres, y compris les montagnes, les forêts, les zones humides et les rivières, ainsi que la biodiversité marine et côtière ;
5. Restauration des écosystèmes dégradés : Mettre en œuvre des mesures pour restaurer les écosystèmes terrestres dégradés, y compris les écosystèmes forestiers et les terres agricoles ;
6. Conservation de la faune et de la flore menacées : Prendre des mesures pour prévenir l'extinction d'espèces animales et végétales menacées, et protéger leur habitat ;
7. Promotion de l'utilisation durable des ressources naturelles : Encourager l'utilisation durable des ressources naturelles, tout en garantissant un accès équitable à ces ressources ;
8. Partenariats pour la biodiversité : Renforcer la coopération internationale pour la conservation de la biodiversité, en impliquant les gouvernements, les organisations non gouvernementales et d'autres acteurs.

L'O.D.D 15 reconnaît l'importance vitale des écosystèmes terrestres pour la survie de l'humanité et pour le bien-être des générations futures. Il souligne également la nécessité de préserver la biodiversité, de lutter contre la dégradation des sols et de promouvoir une utilisation durable des ressources naturelles. En atteignant les cibles de l'O.D.D 15, nous contribuons non seulement à la protection de la planète, mais aussi à la réalisation d'un avenir plus durable pour tous.

1.3 Enjeux du développement durable

Selon Benidir (2009), La mise en œuvre des stratégies de développement durable représente un défi complexe étant donné la nécessité de concilier les impératifs économiques, sociaux et environnementaux. Pour surmonter ces défis, des amendements structurels profonds sont essentiels. Cela implique plusieurs actions cruciales :

- Rééquilibrer les priorités économiques et sociales : Il est impératif de replacer l'homme au cœur de l'économie en plaçant les besoins sociaux et environnementaux au même niveau que les impératifs économiques. Cela nécessite une remise en question des modèles économiques traditionnels en faveur d'une approche plus holistique ;
- Décisions politiques réfléchies : Les décisions politiques doivent être prises en tenant compte des impacts à long terme sur l'ensemble de la population et de l'environnement. Cela implique de prendre en compte non seulement les avantages économiques immédiats, mais aussi les conséquences à long terme ;
- Engagement de tous les acteurs de la société : La réalisation des objectifs du développement durable nécessite la participation active et engagée de tous les acteurs de la société, y compris les gouvernements, les entreprises, la société civile et les citoyens. Une approche collaborative est essentielle pour relever ces défis complexes ;
- Rééquilibrage des forces économiques mondiales : Les inégalités économiques entre les pays du Sud et du Nord doivent être adressées de manière significative. L'annulation de la dette extérieure publique du Tiers-Monde est un exemple de mesure qui pourrait rééquilibrer les forces économiques et favoriser le développement durable dans les régions les plus vulnérables ;
- Création d'une institution internationale dédiée : Une institution internationale spécialisée dans la mise en œuvre des conventions et accords multilatéraux sur l'environnement pourrait jouer un rôle clé dans la coordination des efforts mondiaux pour résoudre les problèmes écologiques. Cela aiderait à harmoniser les actions des différents pays et à renforcer la coopération internationale.

2- Notion de gestion durable

La gestion durable a été définie comme l'« Utilisation des ressources terrestres (sols, eau, animaux, végétaux, etc.) en vue de produire des biens pour répondre à l'évolution des besoins de l'homme, tout en veillant en même temps au potentiel de production à long terme de ces ressources, et au maintien de leurs fonctions écologiques ». Cette définition, issue du Sommet planète Terre de l'ONU de 1992, présente la gestion durable comme une approche globale visant à obtenir des écosystèmes productifs à long terme en tenant compte de besoins et de valeurs biophysiques, socioculturels et économiques (Nations Unies, 2017).

La notion de gestion durable des terres est applicable à tout écosystème et à tout type d'utilisation de la terre dans la mesure où elle contribue aux objectifs de la lutte contre la dégradation des écosystèmes, de l'atténuation des conséquences des changements climatiques et de l'adaptation à ces changements, ainsi qu'à l'obtention de la neutralité en matière de dégradation des terres. En conséquence, elle peut être mise en avant par les pays en fonction de leur situation socio-écologique particulière et de leurs objectifs nationaux de planification et de développement.

La gestion durable de la steppe est essentielle pour maintenir l'équilibre entre les besoins humains et la préservation de cet écosystème fragile. Les caractéristiques particulières de la steppe, telles que son climat semi-aride, ses sols fragiles et sa végétation herbacée, nécessitent des approches de gestion spécifiques pour éviter la dégradation et promouvoir la durabilité. La gestion durable de la steppe implique plusieurs aspects clés :

- **Conservation de la biodiversité** : Les écosystèmes de la steppe abritent une variété d'espèces végétales et animales adaptées aux conditions arides. La gestion durable vise à préserver cette biodiversité en protégeant les habitats naturels, en évitant la surexploitation des espèces et en favorisant la régénération naturelle.
- **Gestion pastorale responsable** : Étant donné que de nombreuses régions de steppe sont utilisées comme terres de pâturage, une gestion pastorale durable est essentielle. Cela comprend la mise en place de pratiques de pâturage raisonnées pour éviter la dégradation des sols et la surexploitation de la végétation.
- **Prévention de la désertification** : La steppe est particulièrement vulnérable à la désertification, un processus de dégradation des terres qui peut conduire à une perte de productivité et à une détérioration de l'environnement. La gestion durable de la steppe vise à mettre en place des mesures pour prévenir la désertification, telles que la plantation d'espèces végétales adaptées et la mise en place de techniques de conservation des sols.
- **Restauration des écosystèmes dégradés** : Dans de nombreuses régions, les écosystèmes de steppe ont été dégradés par des activités humaines non durables. La gestion durable implique la restauration de ces écosystèmes dégradés par le biais de la réintroduction d'espèces natives, la réhabilitation des sols et d'autres mesures de restauration.
- **Gestion de l'eau** : L'eau est souvent un facteur limitant dans les écosystèmes de steppe. La gestion durable implique une utilisation efficace de l'eau pour les besoins humains, agricoles et environnementaux, tout en évitant la surexploitation des ressources en eau.
- **Participation communautaire** : Les communautés locales et les populations autochtones jouent un rôle crucial dans la gestion durable de la steppe. Leurs

connaissances traditionnelles et leur participation active sont essentielles pour élaborer des stratégies de gestion adaptées à la réalité locale.

3- Protection des milieux et stratégie de développement

En Algérie, l'écosystème steppique est un environnement naturellement fragile et vulnérable aux pressions anthropiques et environnementales. La dégradation de cet écosystème peut avoir des conséquences néfastes sur la biodiversité, la productivité agricole, la disponibilité en eau et la qualité de vie des populations locales. C'est pourquoi la protection et la gestion durable de la steppe sont des enjeux majeurs pour le développement durable du pays.

La mise en place de la stratégie de développement durable est obligatoire pour faire face aux défis de la dégradation de l'écosystème steppique en Algérie. L'approche de l'arbre à problèmes permet une analyse systématique et structurée des facteurs qui contribuent à la dégradation, en mettant en évidence les liens de causalité et les effets potentiels (Fig.44). Cela permet de mieux comprendre la complexité de la situation et d'identifier les domaines clés où des actions doivent être prises.

En utilisant l'arbre à problèmes comme guide, la stratégie de développement durable peut être élaborée de manière ciblée. Cela implique la mise en œuvre de mesures concrètes, telles que la promotion de pratiques agricoles durables, la restauration des écosystèmes dégradés et la sensibilisation des communautés locales. De plus, la stratégie doit prendre en compte l'intégration des connaissances traditionnelles et l'engagement actif des parties prenantes locales, ce qui favorisera la durabilité à long terme.

En fin de compte, la stratégie de développement durable basée sur l'arbre à problèmes vise à équilibrer les besoins humains avec la conservation de l'écosystème steppique, en assurant sa résilience face aux défis actuels et futurs. Cela contribuera non seulement à la préservation de la biodiversité et de l'environnement, mais aussi à l'amélioration de la qualité de vie des populations locales dépendantes de cet écosystème.

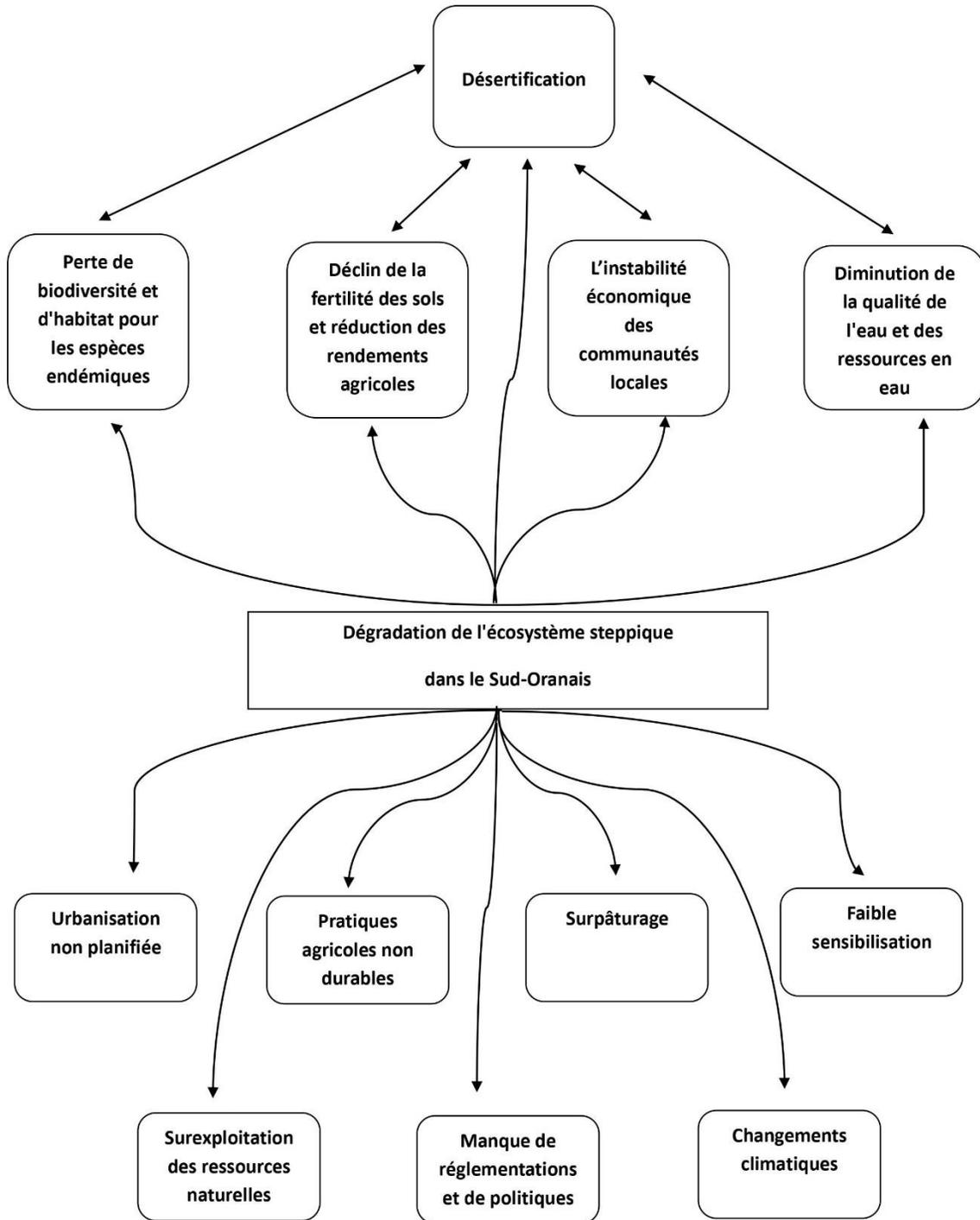


Figure n°44: Arbre à problèmes

3.1 Zones d'intervention prioritaires

L'utilisation des techniques de télédétection et d'analyses spatiales offre plusieurs avantages, notamment la capacité à détecter les zones à risque de dégradation, à suivre les tendances d'évolution et à prendre des mesures préventives en conséquence. De plus, en identifiant les points chauds de dégradation, les ressources et les efforts peuvent être concentrés sur les zones les plus vulnérables, maximisant ainsi l'efficacité des actions de restauration. En somme, la combinaison de la télédétection et de l'analyse spatiale offre une approche holistique et proactive pour préserver et restaurer l'écosystème steppique en Algérie, en garantissant sa durabilité pour les générations futures.

Une carte de la sensibilité de la région d'étude à la dégradation (carte de la protection du sol) a été basée sur une démarche cartographique élaborée à partir d'un projet de coopération, réalisé par le centre d'activité régionale pour le Programme d'Action Prioritaire du Plan d'Actions pour la Méditerranée (P.A.P-P.A.M) et la Direction Générale de la COnservation de la nature (D.G.C.O.M Madrid) avec l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (F.A.O). La carte de protection des sols (fig.45) tient compte à la fois de la nature de l'occupation et du degré de la couverture des sols. La carte de protection des sols reflète l'état et la densité du couvert végétal. Cette carte permettra aux gestionnaires aménagistes de visualiser rapidement les zones prioritaires d'intervention et constituera un document de référence pour tout programme de développement durable (Tounkob et *al*, 2020).

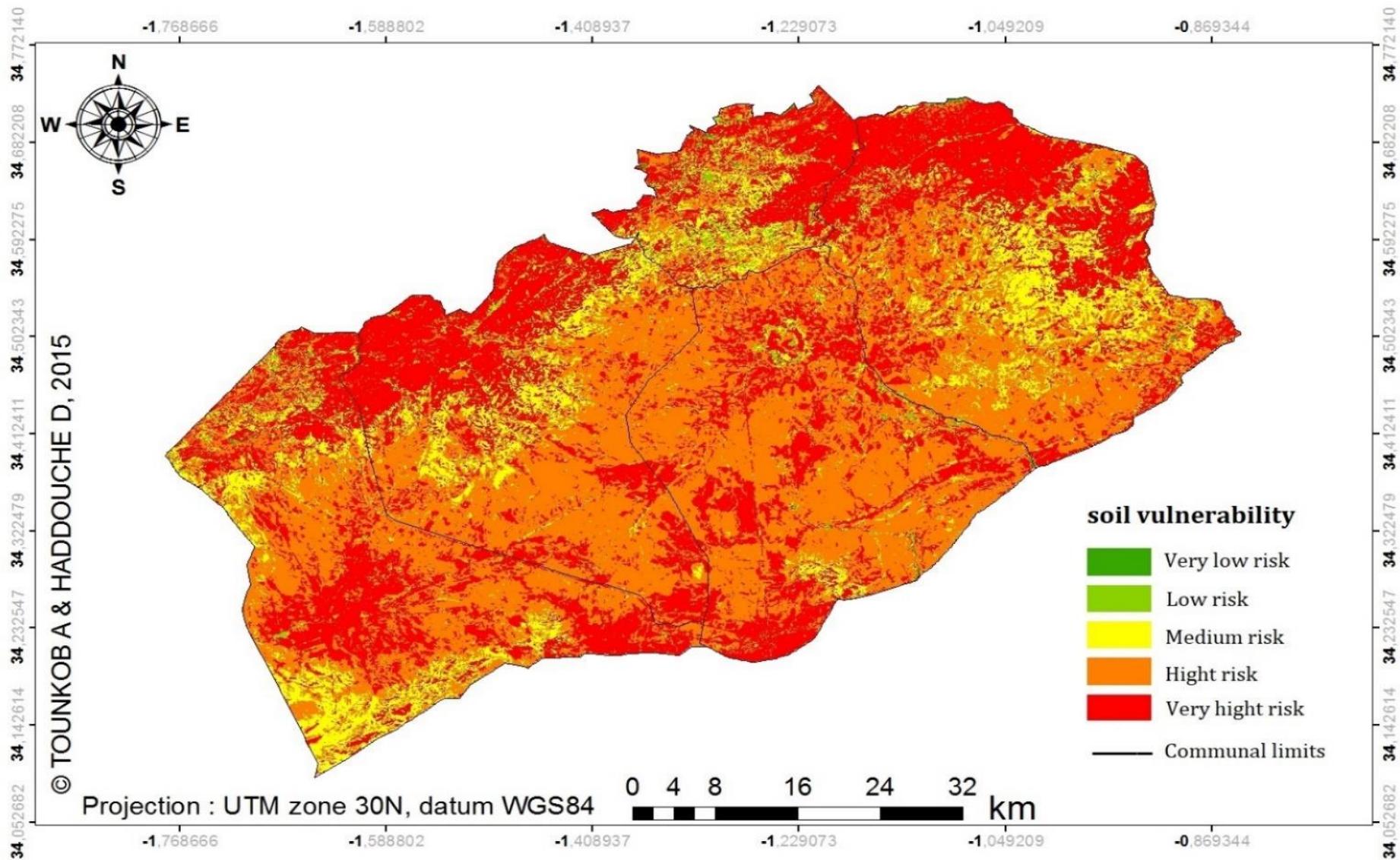


Figure n°45: carte de la sensibilité à la dégradation
 Source : Tounkob et al (2020).

Cette étude a mis en évidence un état alarmant de dégradation dans la région d'étude. Plus de deux tiers de la surface totale sont vulnérables à des phénomènes tels que l'érosion hydrique, l'érosion éolienne et l'ensablement. Ces facteurs agissent de manière synergique pour favoriser le problème de la désertification, une menace bien présente dans ce type de milieu en Algérie.

L'analyse approfondie des cartes de protection du sol et de changement de la végétation de la période 2001 à 2021 révèle des zones particulièrement vulnérables à la dégradation. Ces zones requièrent une attention et des interventions prioritaires pour enrayer ou ralentir le processus de dégradation. En mettant en lumière ces zones à risque élevé, cette étude fournit une base solide pour l'élaboration de stratégies de conservation et de gestion durable. Les cartes générées à partir des analyses spatiales et des techniques de télédétection permettent ainsi de cibler de manière précise les zones où des mesures urgentes sont nécessaires. Ceci pourrait impliquer des actions de reboisement, de restauration des sols, de régénération des écosystèmes ou même des interventions sociales pour promouvoir des pratiques durables et une sensibilisation accrue à l'importance de préserver ces écosystèmes steppiques fragiles.

3.2 Pratique de gestion agricoles et pastorales durable

La promotion de pratiques agricoles et pastorales durables est une étape cruciale pour assurer la préservation de l'écosystème steppique dans le Sud de Tlemcen et pour garantir la durabilité des ressources naturelles de la région. Parmi ces pratiques qui peuvent jouer un rôle clé dans la préservation de l'écosystème steppique dans le Sud de Tlemcen :

3.2.1 Gestion raisonnée du pâturage

Quand le nombre d'animaux est faible par rapport à la surface pâturée, il y a sous-pâturage, ces animaux commencent par consommer les espèces les plus appréciées, qui après pâturage repoussent et seront de nouveau consommées. Dans le cas inverse quand les animaux sont trop nombreux par rapport à la surface de pâturage ou bien y sont maintenus trop longtemps, il y a surpâturage, les bonnes espèces prennent un aspect chétif et rabougri avant de disparaître et sont remplacées par des espèces déjà présentes moins appréciées par le bétail, puis ces moins bonnes espèces sont à leur tour surpâturées et certaines d'entre elles disparaissent par le même processus que précédemment. Et ainsi de proche en proche jusqu'à aboutir à un pâturage moins productif et même, dans certains cas, à un sol quasi nu ou couvert d'une faible végétation de refus (« harmel ») très vulnérable à l'érosion (Bencherif, 2011).

En effet, la mise en place de systèmes de pâturage adaptés et durables est cruciale pour éviter le sous-pâturage, le surpâturage et la dégradation des terres. Des méthodes telles que la

rotation des pâturages, la délimitation des zones de pâturage et l'instauration de périodes de repos pour permettre aux plantes de se régénérer peuvent aider à maintenir la productivité tout en préservant l'intégrité de l'écosystème.

3.2.2 Rotation des cultures

Veiller à l'application stricte de l'interdiction des labours en milieu steppique et orienter l'agriculture vers l'arboriculture, tout en encourageant les agriculteurs à pratiquer la rotation des cultures, permet de prévenir l'appauvrissement du sol en nutriments. En alternant les types de cultures sur une même parcelle, les besoins en nutriments spécifiques de chaque culture sont mieux équilibrés, réduisant ainsi la pression exercée sur les ressources du sol.

3.2.3 Promotion des pratiques agroécologiques

Les pratiques agroécologiques sont conçues pour fonctionner en harmonie avec l'écosystème local. Elles favorisent la biodiversité, utilisent les ressources naturelles de manière efficace et minimisent l'utilisation de produits chimiques. En adoptant ces pratiques, les agriculteurs et les éleveurs peuvent améliorer la durabilité de leurs activités.

En encourageant l'adoption de ces pratiques de gestion durable, il est possible de maintenir la productivité tout en préservant la santé de l'écosystème steppique en Algérie. Cela nécessite une collaboration étroite entre les agriculteurs, les éleveurs, les chercheurs, les organisations de conservation et les décideurs politiques pour promouvoir des méthodes qui profitent à la fois aux communautés locales et à l'environnement.

3.3 Restauration des écosystèmes

La mise en œuvre de programmes de restauration des écosystèmes joue un rôle essentiel dans la préservation et la régénération de l'écosystème steppique en Algérie. Ces programmes visent à réhabiliter les zones dégradées et à favoriser la régénération naturelle de la végétation, contribuant ainsi à inverser les effets néfastes de la dégradation.

3.3.1 Mise en défens

La mise en défens, en excluant temporairement les zones dégradées de l'exploitation, est une mesure clé pour la restauration des écosystèmes steppiques. Durant une période de 2 à 3 ans, cette approche permet la régénération rapide de la végétation, favorisant ainsi le rétablissement écologique. Cependant, il convient de noter que la mise en défens est plus efficace sur les sols perméables et profonds, et elle peut offrir des résultats moins probants sur les sols squelettiques où la désertification peut être irréversible en raison de la dégradation avancée (Le Houérou, 1985).

Un plan de gestion intégrée pour la restauration des écosystèmes steppiques pourrait débuter par une mise en défens totale de trois années consécutives, offrant une première étape d'amélioration. Par la suite, cette période de fermeture pourrait être suivie, à l'automne, par une ouverture au pacage modéré, avec un mouton par hectare, pendant 15 jours. Cette pratique vise à rajeunir les touffes de graminées et à tailler les rameaux des arbrisseaux pour encourager leur repousse vigoureuse. La fermeture aux troupeaux serait maintenue jusqu'au 15 avril, favorisant la croissance normale des herbacées et leur consommation optimale jusqu'au 15 mai. Durant l'épiaison des graminées et leur semis, entre le 15 mai et le 30 juin, une protection serait de nouveau mise en place. L'ouverture aux pâturages serait permise du 30 juin au 31 juillet, et la protection serait rétablie jusqu'au 1er octobre pour encourager la montée biologique des plantes géophytes. Ce cycle serait ensuite répété les années suivantes, dans une perspective de régénération durable des écosystèmes (Rgagba, 2012).

3.3.2 Techniques de conservation des sols

Une carte de sensibilité à l'érosion hydrique dans la région d'étude a été établie à partir d'une méthodologie développée utilisant des règles qualitatives, des évaluations et une hiérarchisation des paramètres intervenant dans l'érosion hydrique : degré de pente, lithologie, occupation du sol et degré du couvert végétal (fig.46). Cette carte représente les zones vulnérables les plus touchées par l'érosion, nécessitant l'utilisation de techniques de conservation des sols telles que la construction de digues en pierre, la création de barrières végétales et la mise en place de mesures de contrôle de l'érosion. Ces méthodes contribuent à prévenir la dégradation du sol en réduisant l'érosion, en maintenant la fertilité du sol et en préservant sa structure.

carte de sensibilité à l'érosion hydrique

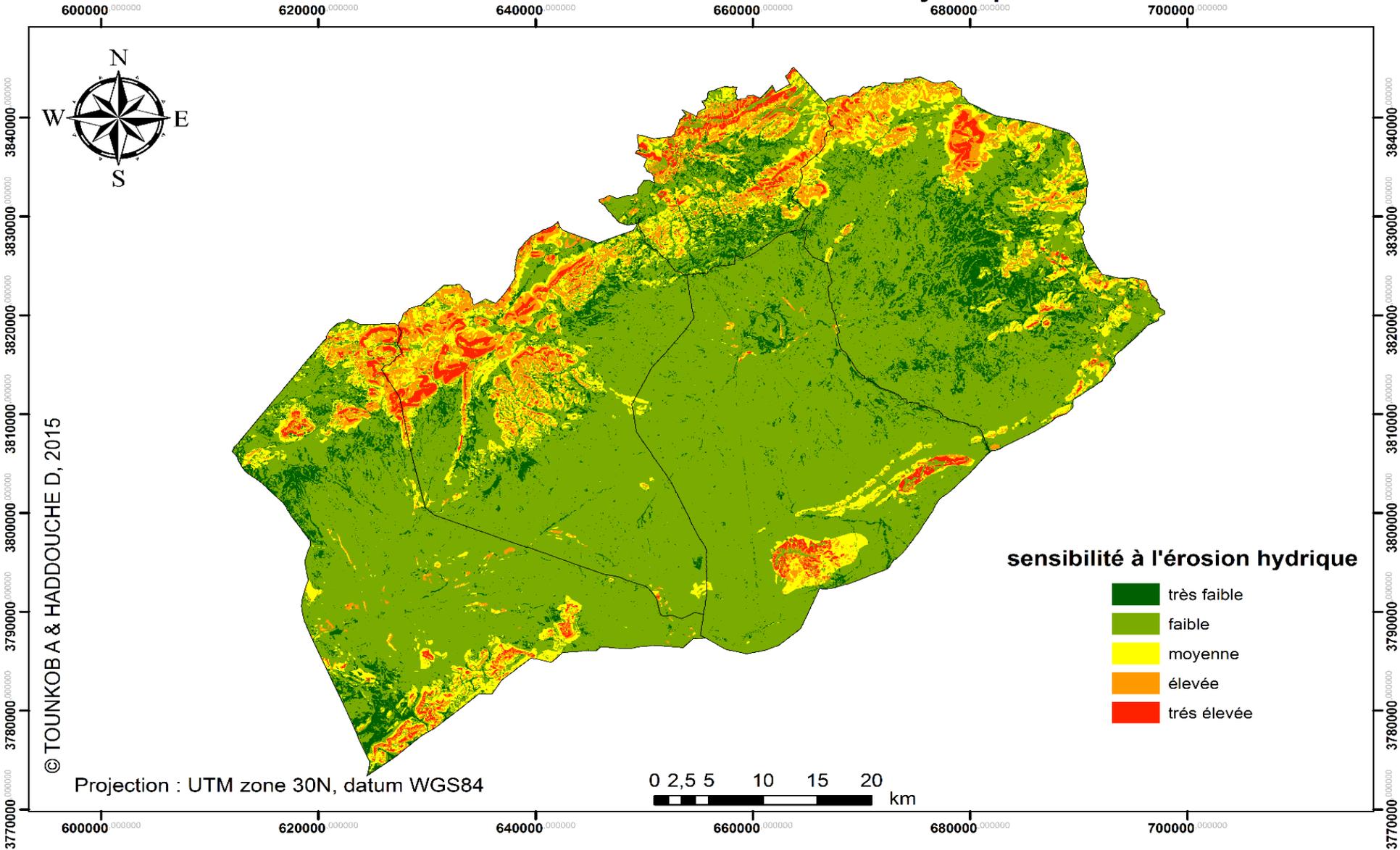


Figure n°46 : carte de sensibilité à l'érosion hydrique
Source : Tounkob (2016).

3.3.3 Techniques de végétalisation

Elles utilisent la végétation pour protéger le sol contre la dégradation, améliorer sa structure et par conséquent sa fertilité. Il faut donc rétablir le couvert végétal là où il a disparu par la plantation d'arbres et arbustes fourragers spécialisés et tolérants à l'aridité (*Ceratonia*, *Prosopis*, *Cactus*, *Atriplex*, etc.) et le protéger là où il existe (la mise en défens qui permet la régénération du couvert végétal).

Les initiatives de boisement, reboisement et repeuplement se révèlent être des stratégies prometteuses pour atténuer les effets des changements climatiques, préserver la biodiversité et prévenir la dégradation des sols. Ces mesures ont également un impact positif sur la résilience des communautés dépendantes des ressources forestières.

Dans les zones arides et semi-arides, où les défis liés au changement climatique et à la sécheresse sont prononcés, une approche novatrice de plantation appelée "GROWBOXX" a été développée depuis 2012 par GROASIS (fig.47 et 48). Cette technologie permet la plantation indépendamment de la pluie, elle ne nécessite ni arrosage ni irrigation car elle intègre un réservoir. Le cocon végétal Growboxx, fabriqué à partir de papier recyclé mélangé à des éléments stimulant la croissance, se décompose avec le temps pour servir d'engrais. Le fond de la boîte agit comme une barrière capillaire, régulant la quantité d'eau fournie en fonction de l'humidité du sol. En utilisant cette méthode, il est possible d'opter pour un protecteur de plantes biodégradable ou en polypropylène appelé Growsafe. Cette approche innovante illustre l'adaptation des pratiques traditionnelles aux défis modernes de la préservation des écosystèmes steppiques face au changement climatique.



Figure n°47: Growboxx
Source : (groasis.com)



Figure n°48: plantation par Growboxx
Source : (groasis.com).

3.4 Renforcement des politiques et de la gouvernance

La mise en place de réglementations et de politiques appropriées joue un rôle crucial dans l'encouragement de la protection de l'écosystème steppique. Ces mesures peuvent englober divers aspects, tels que l'établissement d'incitations économiques en faveur des pratiques durables, la création de zones protégées spécifiques pour préserver ces écosystèmes fragiles, et la coordination harmonieuse entre les différents niveaux de gouvernance. En offrant des avantages économiques aux individus et aux entreprises engagés dans des pratiques respectueuses de l'environnement, les réglementations peuvent encourager l'adoption de comportements durables. De plus, la désignation de zones protégées assure une gestion appropriée et une surveillance accrue des écosystèmes steppiques, tout en garantissant leur préservation à long terme. Une coordination efficace entre les échelons de gouvernance, qu'il s'agisse des niveaux local, régional ou national, est essentielle pour harmoniser les efforts et les actions visant à assurer la durabilité de cet écosystème vital.

3.5 Intégration des savoirs locaux

Les connaissances traditionnelles détenues par les communautés locales jouent un rôle crucial dans la gestion durable de l'écosystème steppique dans la région d'étude. Ces connaissances sont le fruit de générations d'observation et d'interaction avec l'environnement et apportent des perspectives uniques sur la manière de préserver les ressources naturelles et de s'adapter aux conditions environnementales changeantes.

Intégrer ces connaissances dans la planification et la mise en œuvre des stratégies de développement durable offrent plusieurs avantages. Tout d'abord, cela garantit que les mesures prises sont en accord avec les pratiques traditionnelles qui ont été éprouvées au fil du temps. Les communautés locales comprennent les équilibres fragiles de l'écosystème et savent comment gérer leurs ressources de manière durable.

Ensuite, l'intégration des connaissances traditionnelles favorise un sentiment de propriété et de responsabilité parmi les membres des communautés. Ils sont plus enclins à s'engager dans des initiatives de conservation et de gestion durable si leurs savoirs et expériences sont valorisés et pris en compte.

De plus, l'association des connaissances traditionnelles avec les approches modernes permet une approche holistique qui prend en compte à la fois les réalités locales et les avancées scientifiques. Les solutions développées sont donc plus adaptées aux besoins spécifiques de la région steppique en Algérie.

En effet, intégrer les connaissances traditionnelles dans la planification et la mise en œuvre des stratégies de développement durable créent une synergie entre l'expertise des communautés locales et les connaissances scientifiques, ce qui renforce les chances de succès dans la préservation de l'écosystème steppique et la promotion du bien-être des populations locales.

3.6 Éducation et sensibilisation

La sensibilisation des communautés locales, des agriculteurs, des éleveurs et d'autres parties prenantes est une étape essentielle pour préserver l'écosystème steppique. Informer ces acteurs sur l'importance de la préservation de cet écosystème fragile peut susciter un engagement accru en faveur de pratiques respectueuses de l'environnement. En éduquant les communautés sur les avantages écologiques, économiques et sociaux d'une gestion durable, on peut encourager l'adoption de pratiques qui minimisent les impacts négatifs. La promotion de la participation active des communautés dans la gestion durable est également cruciale. En impliquant les acteurs locaux dans la prise de décisions et la mise en œuvre des initiatives de conservation, on renforce le sentiment de responsabilité envers l'écosystème. Les campagnes de sensibilisation, les ateliers éducatifs et les programmes de formation peuvent jouer un rôle significatif dans cet effort pour préserver l'écosystème steppique et garantir sa durabilité pour les générations futures.

4- Protocole de suivi-évaluation de la dégradation

L'élaboration d'un protocole de suivi-évaluation pour la lutte contre la désertification est une composante essentielle de la gestion durable des terres arides et semi-arides. Ce protocole vise à suivre les progrès des actions entreprises et à évaluer leur efficacité, permettant ainsi de prendre des décisions adaptées pour améliorer les interventions. Le suivi-évaluation repose sur une méthodologie structurée qui comprend plusieurs étapes, telles que la définition des objectifs, le choix des indicateurs, la collecte de données, l'analyse des résultats, et l'interprétation pour des actions correctives.

4.1 Définition des objectifs

La première étape du protocole de suivi-évaluation consiste à définir clairement les objectifs spécifiques à la lutte contre la désertification. Ces objectifs doivent être alignés avec les plans d'action nationaux et internationaux, tels que ceux proposés par la Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification (C.N.U.L.C.D, 1994). Selon Reed et *al.* (2011), des objectifs bien définis permettent de cibler les actions à mettre en œuvre et de formuler des critères précis pour mesurer les progrès accomplis. Ces objectifs peuvent inclure la restauration des sols dégradés, la réduction de l'érosion éolienne, ou l'amélioration de la couverture végétale.

4.2 Sélection des Indicateurs de Suivi

Le choix des indicateurs est une étape clé pour garantir la qualité du suivi. Les indicateurs doivent être pertinents pour les processus de désertification et doivent être spécifiques, mesurables, atteignables, réalistes et temporels (SMART) (Safriel & Adeel, 2005).

Le suivi des indicateurs écologiques permet d'évaluer en continu l'état des écosystèmes steppiques, ce qui est essentiel pour prendre des mesures appropriées en vue de garantir leur préservation. En s'appuyant sur des méthodes modernes de collecte de données, ce système facilite l'anticipation des menaces, l'ajustement des pratiques de gestion, et contribue ainsi à renforcer la résilience de la région face aux défis environnementaux. Il doit inclure des indicateurs spécifiques tels que la biodiversité, la couverture végétale, la qualité des sols, et les ressources en eau. En suivant ces indicateurs, les gestionnaires peuvent détecter les signes de dégradation ou d'amélioration des conditions environnementales. De plus, en impliquant les communautés locales dans le processus de suivi, on peut intégrer les connaissances traditionnelles et renforcer la coopération, ce qui améliore l'efficacité des interventions de conservation. La participation des parties prenantes garantit également que les mesures de gestion sont bien acceptées et soutenues à long terme.

Les indicateurs socio-économiques sont aussi essentiels pour évaluer l'impact des projets et politiques sur les populations locales, en particulier dans les zones où l'économie est fortement liée à l'environnement, comme les écosystèmes steppiques. Ces indicateurs permettant de comprendre les dynamiques socio-économiques et d'orienter les décisions en matière de développement durable. Ces indicateurs tels que le taux d'emploi, sécurité alimentaire, tendances démographiques, taux de migration, niveau d'éducation, indice de pauvreté permettant de suivre et d'évaluer l'impact des politiques sur les communautés locales, d'assurer un développement inclusif et de préserver l'équilibre entre les activités humaines et la conservation des écosystèmes steppiques. Plus l'objet qu'on souhaite évaluer est complexe, plus le recours à un nombre important d'indicateurs est nécessaire pour l'évaluer adéquatement (Lazzeri et Moustier, 2008).

4.3 Collecte, analyse et interprétation des données

La collecte de données pour le suivi-évaluation de la désertification doit s'appuyer sur une combinaison de méthodes, alliant la puissance de la télédétection à la richesse des enquêtes locales et des données institutionnelles. La complémentarité de ces approches permet de fournir une vision complète et nuancée des processus de désertification, facilitant ainsi l'analyse, l'interprétation et la prise de décision pour une gestion durable des terres.

Une fois les données collectées, il est important de les analyser pour évaluer l'impact des actions de lutte contre la désertification. Selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (U.N.E.P, 2007), l'analyse des données doit permettre de comprendre les relations entre les pressions humaines et les processus de désertification, afin d'orienter les stratégies d'intervention.

4.4 L'élaboration d'un tableau de bord LCD

La phase de suivi est relayée par une étape complémentaire d'évaluation qui débouche sur un autre outil, plus critique, d'aide à la décision : c'est le tableau de bord de la L.C.D. Ce tableau est un outil d'aide à la décision mettant en lumière des résultats grâce à des indicateurs. Ce tableau doit être élaboré par les porteurs de projets en concertation avec les acteurs du système central de suivi. Il est destiné à présenter les résultats de l'analyse du suivi évaluation (rapport, restitution) aux décideurs du plus haut niveau (Système de pilotage). C'est une expression de l'évaluation des projets à un niveau d'aide d'analyse/décision. Autrement dit, c'est un document synthétique d'évaluation des tendances d'évolution des indicateurs de la lutte contre la désertification. Il est donc le prolongement de la grille des indicateurs et il ne s'agit nullement d'un outil de contrôle administratif, pouvant conduire à l'identification et à la sanction du responsable, au cas où le résultat de l'évaluation serait négatif (Haddouche, 2020).

La figure N°49 suivante présente une structure simplifiée du tableau de bord de la lutte contre la désertification (L.C.D). La démarche est décomposée en trois grandes étapes : le tableau de problématisation, la grille des indicateurs de la lutte contre la désertification, et le tableau de bord final.

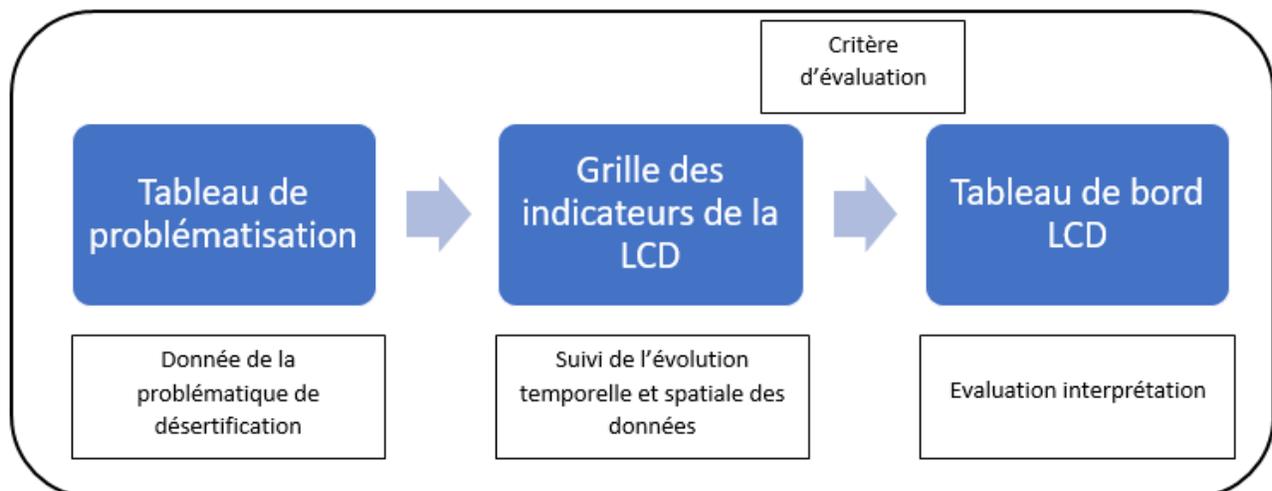


Figure N°49 : structure simplifiée du tableau de bord L.C.D

Source : O.S.S (2004).

L'élaboration d'un tableau de bord pour la lutte contre la désertification repose sur une méthodologie rigoureuse et structurée, appuyée par de nombreuses recherches et recommandations d'organismes internationaux. L'Observatoire du Sahara et du Sahel (O.S.S) a largement contribué à l'établissement de cadres de suivi (O.S.S, 2004). Ces cadres visent à rendre compte de la complexité des dynamiques de désertification et à fournir un outil de gestion et de décision basé sur des indicateurs pertinents.

La première étape, « le tableau de problématisation » correspond à une phase de diagnostic préalable. Selon Cornet et *al.* (2002), la compréhension des facteurs et des dynamiques locales est essentielle pour une gestion intégrée des zones arides et semi-arides. En effet, les données de la problématique de la désertification fournissent une base indispensable pour cerner les causes locales et les impacts des pratiques humaines sur les sols et la végétation. Elles permettent aussi d'identifier les zones prioritaires pour l'intervention.

La deuxième étape, « la grille des indicateurs de la LCD » pour assurer un suivi adapté et précis de l'évolution des conditions écologiques et socio-économiques. Les indicateurs permettent de mesurer les impacts des actions de lutte contre la désertification à différents niveaux spatiaux et temporels (Reynolds et Stafford Smith, 2002).

La dernière étape, « le tableau de bord » permet de centraliser les résultats et d'assurer une évaluation globale. Cette phase est en accord avec les recommandations de l'O.S.S (2004), qui prône l'utilisation de tableaux de bord pour synthétiser les données et orienter la prise de décision. L'évaluation des indicateurs de désertification est obligatoire pour ajuster les stratégies de gestion et mieux cibler les interventions (U.N.E.P, 2007). Selon Verón, Paruelo et Oesterheld (2006), l'interprétation de ces données est fondamentale pour comprendre les tendances à long terme de la désertification et évaluer l'efficacité des actions mises en place.

Ainsi, la structuration d'un tableau de bord L.C.D fondé sur ces étapes permet une gestion informée et ajustée de la lutte contre la désertification, en se basant sur les recommandations de la littérature scientifique et les cadres proposés par les organismes internationaux. Ce type de méthodologie garantit que les actions entreprises sont adaptées aux réalités locales et qu'elles peuvent être évaluées de manière transparente et objective, ce qui est crucial pour le développement durable dans les zones arides et semi-arides.

Haddouche (2020), dans son livre Protocole pilote de suivi-évaluation de la désertification, a élaboré un modèle de tableau de bord L.C.D. applicable dans les wilayas de Tlemcen, Saïda, Naâma et El Bayadh (voir annexes). La structure du tableau est basée sur une matrice à double entrée : une entrée verticale listant les ressources affectées (forêts, parcours

steppiennes, terres agricoles, etc.), et une entrée horizontale, subdivisée en quatre compartiments. Ces compartiments couvrent divers aspects, allant de l'identification des espaces touchés jusqu'à l'évaluation globale de la performance de la lutte contre la désertification.

L'évaluation est réalisée selon cinq critères essentiels : pertinence, efficacité, impact et durabilité, permettant de mesurer la qualité et l'impact des actions menées dans le cadre de la lutte contre la désertification. Les indicateurs de base sont ainsi suivis et évalués en tenant compte des objectifs spécifiques et de la qualité des résultats atteints. De plus, une notation est établie selon le système de pondération recommandé par l'O.S.S (2004), qui utilise des signes positifs et négatifs pour indiquer la performance des résultats.

Enfin, le tableau de bord sert non seulement à documenter l'évolution des ressources, mais aussi à identifier les améliorations possibles et à informer sur les mesures correctives à adopter. L'approche est systématique et vise une coordination avec l'ensemble des partenaires impliqués dans le processus, dans le but de rendre l'évaluation de la lutte contre la désertification plus transparente et plus rigoureuse.

CONCLUSION

CONCLUSION

Cette étude sur la préservation de l'écosystème steppique dans le Sud-Oranais révèle un paysage complexe et fragile, confronté à des défis majeurs dus aux actions humaines néfastes. L'écosystème steppique, caractérisé par sa biodiversité unique et sa résilience face aux conditions environnementales difficiles, est en danger en raison de la dégradation des terres, de la surutilisation des ressources et du changement climatique.

Au cours des vingt dernières années, l'occupation du sol a connu un changement rapide sur l'ensemble du territoire steppique de la wilaya de Tlemcen, induit par la dégradation des terres et la désertification. En effet, la protection des milieux et la stratégie de développement durable pour l'écosystème steppique exigent une approche intégrée qui prend en compte les aspects écologiques, sociaux et économiques. Les nouvelles technologies, comme la télédétection, jouent un rôle clé dans la surveillance et la gestion de la dégradation des terres, tandis que l'engagement communautaire et la coopération entre les acteurs sont essentiels pour préserver cet écosystème fragile pour les générations futures.

Au terme de cette étude et grâce à l'imagerie satellitaire, nous avons abouti à l'élaboration d'une série de cartes utiles pour tous les projets d'aménagement de la région steppique de la wilaya de Tlemcen. Les cartes établies fournissent des informations facilement utilisables par les gestionnaires aménagistes, permettant ainsi de prendre les décisions les plus adéquates pour chaque zone et une gestion durable de la région.

L'utilisation d'une étude diachronique basée sur l'exploitation des données satellitaires multi-dates (2001, 2011 et 2021) du capteur Thematic Mapper de Landsat nous a permis l'obtention d'un ensemble de cartes photo interprétatives et d'indices de végétation qui, à leur tour, nous ont aidé à observer les changements survenus dans le milieu, à la fois régressifs et progressifs (Haddouche et *al.*, 2004). Globalement, les résultats de classifications obtenus sont alarmants. Ces résultats nous ont permis de constater des changements importants entre les différentes classes d'occupation du sol au cours des trois périodes étudiées (2001, 2011 et 2021). La cartographie réalisée montre bien la dégradation dans la région d'étude. On remarque une diminution significative des superficies de parcours, passant de 49 % à 25 % de la superficie totale de la région d'étude, et en parallèle, une augmentation significative des zones de sols nus, passant de 31 % en 2001 à 59 % en 2021. L'analyse de la carte du changement de végétation nous a montré que le couvert végétal a connu une progression de seulement 08 % et une régression de 33 %, cela étant dû aux actions anthropiques aggravées par les conditions climatiques dans la région.

Les résultats de cette étude mettent en évidence l'importance de mettre en place des pratiques agricoles et pastorales durables, de restaurer les terres dégradées, de promouvoir l'agroforesterie et de réglementer l'utilisation des terres. De plus, il est essentiel de sensibiliser les communautés locales à l'importance de la préservation de cet écosystème et d'intégrer leurs connaissances traditionnelles dans les stratégies de développement durable.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **ABDELGUERFI A., 2003.** Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évolution et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie. *Projet ALG/93/G31.plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité.*
- **ACHOUR H., 1983 :** Etude phytoécologique de formations à alfa (*Stipa tenacissima* L.) du sud oranais. wilaya de Saida. *Thèse Doct. U.S.T.H.B. Alger.* 216p.
- **AIDOUD A., 1996.** La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima*) graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Secheresse, 7,* 187-93.
- **B.N.E.D.E.R., 2006 :** Identification et cartographie des zones potentielles à l'agriculture en steppe. Etude diachronique du climat et du bioclimat de la steppe algérienne. *Bureau National D'étude pour le développement Rural. Alger.* 47p + annexes.
- **BAGNOULS F et GAUSSEN H., 1953 :** Saison sèche et indice xérothermique. *Doc. Carte prote. veg. art.8. Toulouse,* 47 p.
- **BEDRANI S., 1994 :** Une recherche d'action en zone steppique (objectifs-méthode et premiers résultats). *Les cahiers du CRAED (centre de recherche en économie appliquée pour le développement n°31/32, 3^e et 4^e trimestre.*
- **BEDRANI S., 1999.** Situation de l'agriculture de l'alimentation et de l'économie algérienne. *CIHEAM. Paris*
- **BENABDELI K., 1989.** Etude diagnostic sur la situation de la steppe à alfa dans la région nord occidentale de l'Algérie. *Rapport-bilan O.R.D.F Tiaret,* 17p.
- **BENABDELI K., 2000 :** Évaluation de l'impact des nouveaux modes d'élevage sur l'espace et l'environnement steppique. Commune de Ras El Ma (Sidi Bel Abbes-Algérie). *Options Médit., 39:* 129-141pp.
- **BENCHERIF S., 2011 :** L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne. Évolution et possibilités de développement. *Thèse Doct. Univ Paris.* 295p+annexes.
- **BENGUERAI., 2011 :** Evolution du phénomène de désertification dans le sud Oranais (Algérie). *Thèse Doc. Départ. D'Agro-Forest. Univ. Tlemcen.* 138P.
- **BENIDIR M., 2009 :** Sédentarisation et développement durable de l'élevage ovin en zone steppique. Cas de la wilaya de Djelfa. *Mém. Mag. Agr,* 18-20-21p.
- **BENLABIOD D., 2013 .** Étude de la sécheresse climatique dans les steppes sud oranaises et Algéroises : "approche statistique et cartographie automatique. *Mém Mag. Univ USTHB.* 121p.
- **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 doct. Univ. Oran Es-Senia.* 299 p.
- **BENSOUIAH R., 2002 :** Vue d'ensemble de la steppe Algérienne. *s.l. : Doc. En ligne :(<http://desertification.voila.net/steppealgerienne.htm>).*

- **BENSOUIAH R., 2003** : La lutte contre la désertification dans la steppe algérienne : les raisons de l'échec de la politique environnementale. *Communication aux 15ème Journée de la Société d'écologie humaine Marseille, décembre 2003*, p22.
- **BLASCHKE, T., 2005**. Towards a framework for change detection based on image objects. Remote sensing and GIS for environment studies. *Gottinger geographische abhandlungen, vol1. 113 P.*
- **BONN F et ROCHON G., 1992** : Précis de télédétection. Principes et méthodes. *Vol 1. Presses de l'université du Québec. 485p.*
- **BOUABDELLAH. H, 1991**. Dégradation du couvert végétal steppique de la zone sud-ouest oranaise (Le cas d'El Aricha). *Uni. Oran, Institut de géographie et de l'aménagement du territoire. 180 p.*
- **BOUGHALEM K M., 2013** : Impact des systèmes de gestion sur la vulnérabilité des sols à l'érosion ; cas du bassin versant de l'Isser- Tlemcen (Algérie). *Thèse. Doc d'état. Univ. Tlemcen. 187p.*
- **BOUKHOBZA M., 1982** : L'agro-pastoralisme traditionnel en Algérie : de l'ordre tribal au désordre colonial. *O.P.U., Alger.*
- **C.N.T., 1998** : Projet national mobilisateur sécurité alimentaire. *Rapport final. Centre national de télédétection. 92p.*
- **C.N.U.E.D., 1992**. Rapport sur la Conférence des Nations unies sur l'Environnement et le Développement, Rio de Janeiro, Action 21, 344 p.
- **C.N.U.L.C.D., 1994**. Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique. *Organisation des Nations Unies (ONU), Paris, France.*
- **C.R.B.T ., 1978**. Rapport phytoécologique et pastorale sur les hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. *Alger, 256p.*
- **C.R.S.T.R.A., 2017** . Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA). Risque canicules et les stratégies d'adaptation. *Rapport Octobre 2017 15p.*
- **CALOZ R., 1992** : Télédétection satellitaire, *Cours Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Département Génie Rural, Lausanne, 136 p.*
- **CALOZ, R. et COLLET, C. (2001)**. Précis de Télédétection. Traitements numériques d'images de télédétection. *Presses de l'Université du Québec, Montréal, 386 p.*
- **CELLES J.C., 1975** : Contribution à l'étude de la végétation des confins Saharo-constantinois (Algérie). *Thèse d'état. Univ de Nice. Centre de recherche en Ecologie forestière C.N.R.E.F., I.N.R.A. d'Algérie. 7P.*
- **CHELLIG R., 1992** . Les races ovines algériennes ; *éd. O.P.U., Alger, 80p.*
- **COPPIN, P., et BAUER M., 1996**. Change detection in forest ecosystems with remote sensed data: principles and practices. *Lewis Publishers, 137 p.*

- CORNET A., 2001 : La désertification à la croisée de l'environnement et du développement, Paris. publication du Comité Scientifique Français de la Désertification, 32p., [En ligne] URL : <http://www.csf-desertification.org/bibliotheque/item/la-desertification-a-la-croisee-de-l-environnement-et-du-developpement>
- CORNET, A., MONTANA, C., DELHOUME, J.P., SKUJINS, J., ET DE LAVENNE, E., 2002. Gestion des écosystèmes arides et semi-arides. Paris : Éditions de l'IRD.573p.
- COTE M., 1983 : L'espace algérien, les prémices d'un aménagement. O.P.U, 278p.
- COUDERC R., 1974 : Le climat dans l'économie de l'Algérie. Essai de synthèse et de recherche géographique. Université d'Oran.
- DEFINIENS IMAGING., 2004. ecognition professional. User guide 4.0. Germany. 486P.
- DESCLEE, B., BOGAERT P et DEFOURNY P., 2006. Forest change detection by statistical object-based method. *Remotesensing of Environment*. Vol 102. N° 1-2. 1-11 P.
- DESHAYES N et MAUREL P., 1990 : La télédétection en agriculture : Principes généraux de la télédétection (l'image spatiale et son contenu). Montpellier : S.N., 1990. pp 11-27.
- DIDIER M et BOUVEYRON C., 1993 : Guide économique et méthodologique des SIG. Conseil National de l'Information Géographique. Coll Géomatique, Hermès, Paris, p149.
- DIRECTION GENERALE DES FORETS, 2004, Rapport national de l'Algérie sur la mise en œuvre de la Convention de Lutte contre la Désertification. DGF, Alger, septembre 2004, [en ligne] <http://www.unccd.int/cop/reports/africa/national/2004/algeria-fre.pdf>
- DJEBAILI, S. 1978. Recherches phytosociologiques et phytoécologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien.: thèse.Doc., Univ. Montpellier 1978. 229 P.
- DUBIEF J., 1959 : Le climat du Sahara. Vol I. Inst. Rech. Sah., Alger. 312P.
- DUBIEF J., 1963 : Le climat du Sahara. Vol II. Inst. Rech. Sah., Alger. 275p
- DUCHAUFOR PH., 1976 - Atlas écologique des sols du Monde. Ed. Masson et Cie: 178P. Paris.
- DURAND J.H., 1954. Les sols d'Algérie. Publication du S.C.H.
- EASTMAN J-R., 1993: A grid based geographic analysis system. Massachusetts : Clark University, 1993. In Conchita M. G. Kêdowidé, « Modélisation géomatique par évaluation multicritère pour la prospection des sites d'agriculture urbaine à Ouagadougou », *VertigO [En ligne]*, Volume 10 numéro 2 septembre 2010, mis en ligne le 30 septembre 2010.
- EDWIN Z., 2002 : Qu'est-ce que le développement durable ? Intervention lors du cycle de conférences "Rio, le développement durable 10 ans après" à la Cité des Sciences. Paris, 1p.

- **EMBERGER L., 1955** : Une classification biogéographique des climats .*Trav .Lab. Bot.Géo.Fac.Sci.Montpellier,7:1-34pp.*
- **ENNEBATI M.A., 2015** : potentialités hydrologiques de l'écosystème steppique de Tlemcen et intégration des données dans un système à référence spatiale. *Mém. Mag., Univ. Tlemcen.* 124 p.
- **ESCADAFAL R et BEGNI G., 2016** : Surveiller la désertification par télédétection. *Les dossiers thématiques du CSFD. N°12. Novembre 2016. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France.* 44 pp.
- **ESRI., 2004.** ArcView User's Guide. *Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, California, USA,* 350p, <http://www.esri.com/>
- **FISHER, A. (1991).** Bases physiques de la télédétection. Cahiers pédagogiques du GDTA, p.
- **GILLIOT J-M., 2000** : Introduction aux systèmes d'information géographique, p46
- **GIRAD M-C et GIRAD C-M., 2010** : Traitement des données de télédétection. *2E. Paris : Dunod, 2010.* 576 P.
- **GRECO J., 1966** : L'érosion. La défense et la restauration des sols. Le reboisement en Algérie. Alger. M.A.R.A. 1-393.
- **GUENNOU S., 2014** : Contribution à une étude dynamique de *Stipa tenacissima* L dans le Sud-Ouest de la région de Tlemcen. *Mémoire mag. Univ. tlemcen.* 158p+ annexe.
- **H.C.D.S., 2005** : Problématique des zones steppiques et perspectives de développement : Rapport Synthèse, *Haut Commissariat au Développement de la Steppe,* 2005. 10 P.
- **HADDOUCHE D et SAIDI S., 2014** : Plan Et Options De Gestion De La Ressource Pastorale. Cas De La Region De Mécheria (Algérie). *Journal of Remote Sensing and GIS,* Vol. 2, Issue 1. 62-69P
- **HADDOUCHE D, 2017** : Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection. Maison d'édition : *Editions Universitaires Européennes,* 71 pages.
- **HADDOUCHE D., 1998** : Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection « image LANDSAT TM » cas de la région de Ghassoul (El - Bayadh). *Thèse mag. INA. Alger* 143 p.
- **HADDOUCHE D., 2009** : La télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride en Algérie. Cas de la région de Naâma. *Thèse Doct. Univ Tlemcen.* 211p+annexes.
- **HADDOUCHE D., 2017** : Cartographie pédopaysagique de synthèse par télédétection. *Editions Universitaires Européennes (EUE),* 76 p.
- **HADDOUCHE D., 2020.** Protocole pilote de suivi évaluation de la désertification : applicable dans les wilayas de Saida- Naama- Tlemcen- El Bayadh. *Rapport définitif/ Edition : El Ikhlas wa sawab (Oran), 2021.-* 80 p.

- **HADDOUCHE D., MEDERBEL K., SAIDI S. et BENHANIFIA K., 2004.** « Caractérisation d'une région steppique par télédétection cas de la région de Mecheria, Algérie », *Université de Tlemcen, Algérie*, 09 pages.
- **HADDOUCHE D., TOUTAIN B., SAIDI S., MEDERBAL K., 2008.** Comment concilier développement des populations steppiques et lutte contre la désertification ? Cas de la wilaya de Nâama (Algérie). *Revue New Medit*, vol 7, n.3, pp. 25-31.
- **HADDOUCHE, D., SAIDI S. ET TOUTAIN B., 2008.** Comment consilier développement des populations stéppiques et lutte contre la désertification. Cas de la Wilaya de NAAMA (Algérie). *Revue New Medit CIHEAM- IAM Bari. Mediterranean Journal of economics, Agricultur And Envirenment*, 2008, Vol. VII, 3/2008. PP 25-31.
- **HADEID M., 2008 :** Approche anthropique du phénomène de désertification dans un espace steppique : le cas des hautes plaines occidentales algériennes. *Vertigo*. [En ligne] Avril 2008.
- **HALL O., et HAY G.J.A., 2003.** Multiscale Object-Specific Approach to digital change detection. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, vol. 4, N°4. 311-327 p.
- **HAMITI D ET BOUZADI-DAOUD S., 2021 :** Etude du concept du développement durable Study of the concept of sustainable development. *Vol 03. N° 02 134-147 P.*
- **HARDIN, G., 1968:** The tragedy of the commons. *Science*, vol.162, n°3859, pp.1243-1248.
- **HIRCHE A., BOUGHANI A. et SALAMANI M., (2007) :** Évolution de la pluviosité dans quelques stations arides algériennes. *Science et changement planétaire/Sécheresse*, Vol.18, N°4 314-20.
- **I.N.R.A., 1983 :** Applications de la télédétection à l'agriculture.
- **JENSEN, J. R., 2005.** Introductory Digital Image Processing: *A Remote Sensing Perspective. 3rd edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey*, 526 p.
- **JENSEN, J.R., 1996.** Introductory digital image processing - a remote sensing perspective, second edition. *Prentice Hall Upper Saddle River (N.J)*, 316 P.
- **KACIMI B., 1996 :** La problématique du développement des zones steppiques. Approche et perspectives. *Doc. HCDS, Ministère de l'agriculture*, 27 p.
- **KADI HANIFI H., 1998 :** L'alfa en Algérie : Syntaxonomie, relation milieu : végétation, dynamique et perspectives d'avenir. *Thèse Doct Bio Vége' Eco. Univ H Boumediene. Alger*, 265 P.
- **KHALDI A., 2014 .** La gestion non-durable de la steppe algérienne, *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Regards / Terrain, mis en ligne le 10 septembre 2014, consulté le 22 juillet 2023. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/15152>.

- **KHALDI A., 2014** : « La gestion non-durable de la steppe algérienne », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Regards / Terrain*, mis en ligne le 10 septembre 2014, consulté le 26 décembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/15152> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.15152>
- **KHEBOUR F., 2000** : Caractérisation spectro-radiométrique des différents types de sols et d'états de surface d'une région aride tunisienne (cas de Menzel Habib). *Mémoire de diplôme d'études approfondies. INAT*. 68p.
- **KHELIL A., 1997** : L'écosystème steppique : quel avenir ?. *Edition DAHLAB Alger*. 184p.
- **LAZZERI Y. & MOUSTIER E., 2008**. Le développement durable : du concept à la mesure. *Paris : L'Harmattan*, 153 p.
- **LE HOUEROU H.N., 1968** : La désertisation du Sahara septentrional et des steppes limitrophes (Libye, Tunisie, Algérie). *In Annales algériennes de géographie*, n°6 Juil/Sept., 1968. 10 p.
- **LE HOUEROU H.N., 1969** : Principes, Méthodes et techniques d'amélioration fourragère et pastorale en Tunisie. *F.A.O., Rome* : 291P.
- **Le HOUEROU H.N., 1985** : La régénération des steppes algériennes. *Rapport de mission de consultation et d'évaluation. Ministère de l'agriculture, Alger*.
- **LE HOUEROU H.N., 1995** : Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique : diversité biologique, développement durable et désertisation. *Options méditerranéennes, Série B - N° 10. CIHEAM, France*. 396 p.
- **LE HOUEROU. H.N, 1979**. Ecologie et désertisation en Afrique. *Travaux. Inst. Géogr. de Reims*, p39-40.
- **LU, D., MAUSEL, D., BRONDIZIO, E et MORAN E., 2004**. Change detection techniques. *International Journal Of Remote Sensing*. Vol 25. N° 12 2365-2407 p.
- **LUNETTA, R.S et ELVIDGE C.D., 1998** .Remote sensing change detection environmental monitoring methods and applications. *Ann Arbor Press*, 318 P.
- **M.A.D.R., 2008** : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Note sur la steppe 27p.
- **M.A.D.R., 2010** . Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Note sur La politique de renouveau agricole et rural en Algérie. 07p.
- **M.A.D.R., 2019** . Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Note sur l'Algérie et la désertification. 20p.
- **M.A.T.E., 2002** : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Rapport annuel du Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD), 2002. P140.
- **MAS, J.F 2000**. Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement. *Journal canadien de télédétection, vol. 26 N° 4 349-362 P*.

- **MEDERBAL K., 1992** - Compréhension des mécanismes de transformation du tapis végétal: Approches phytoécologiques par télédétection aérospatiale et analyse dendroécologique de *Pinus halepensis* dans l'ouest Algérien. *Thèse d'Etat Es-Sciences, Université d'Aix-Marseille III*, 229p.
- **MEDJERAB A., 2005** : Etude pluviométrique de l'Algérie Nord-Occidentale, approche statistique et cartographie automatique. *Thèse Doct. Univ. Sci.Tech. H. Boumediène Alger*. 1200p+annexes.
- **MEKHOLOUFI M B., 2020** . Pastoralisme, élevage, sédentarisation et développement durable de la steppe dans la région d'el bayadh, Algérie. *Thèse Doct. Univ Mascara*. 164 p.
- **MERZOUK A., 1994** : Etude cartographique de la sensibilité à la désertification : bilan de la dynamique des sables et dynamogenèse de la végétation steppique (Alfa) dans le Sud-Ouest Oranais. *Mém. Mag., Univ. Tlemcen*. 149 p.
- **MILOUS I., 2006** : La ville et le développement durable identification et définition des indicateurs de la durabilité d'une ville -cas de Constantine- *Mém. Mag. Arc*, 44p.
- **MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL., 2007** : le plan national de développement agricole et rural et la lutte contre la désertification. *Comm. Atelier International du Parlement Panafricain sur La Lutte Contre la Désertification, Alger du 02 au 04 Avril 2007*.
- **MINISTERE DE L'AGRICULTURE., 2000** : Étude relative au foncier agricole, *Rapport n° 2. Étude de la steppe, Alger*, 84 pages.
- **MOHAMMEDI H, LABANI A ET BENABDELI K., 2013** : Essai sur le rôle d'une espèce végétale rustique pour un développement durable de la steppe algérienne, *Développement durable et territoires [En ligne], Varia, mis en ligne le 17 juillet 2006, URL : <http://developpementdurable.revues.org/2925;DOI:10.4000/developpementdurable.2925>*
- **MOHAMMEDI. H, LABANI. A et BENABDELI. K, 2006** . Essai sur le rôle d'une espèce végétale rustique pour un développement durable de la steppe algérienne, *Développement durable et territoire*, URL:<http://developpementdurable.revues.org/document2925.html>
- **MONTCHAUSSE, G. 1977** : La steppe algérienne : Causes et effets d'une désertisation. *octobre - décembre. Paris : Edition Anthropos, 1977. pp.123-151*
- **MOQUET A., 2003** : Apports de la télédétection pour la cartographie d'habitats terrestres en zones humides méditerranéennes, application aux habitats de la Réserve Nationale de Camargue. *PFE d'Ingénieur Agronome. École Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Nancy*. 64p.

- **MOULAY A., 2013** . Contribution à l'étude de la régénération naturelle et artificielle de *Stipa tenacissima* L. dans la région steppique occidentale (Algérie). *Thèse Doct. Univ Mascara*. 185p.
- **NATIONS UNIES., 2017** : Gestion durable des terres et traitement de la désertification/ de la dégradation des terres et de la sécheresse, et de l'atténuation des changements climatiques et de l'adaptation à ces changements. *Conférence des Parties Comité de la science et de la technologie Chine. Nations Unies*, 11p.
- **NEDJIMI B ET HOMIDA M., 2006** : Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir.s.l. : *Revue du Chercheur*, 2006. 13-19 pp.
- **NEDJIMI B., SEBTI M ET NAOUI T., 2008** : *Le problème du foncier agricole en Algérie*. Alger : *Revue Droit Sci. Hum.*, 2008. 1-11 p
- **NEDJIMI, B et GUIT, B. 2012** : Les steppes algériennes : Causes de déséquilibre. *Revue. Univ-Ouargla. Algerian Journal of Arid And Environment (AJAE)*, 2012, Vol. II, 2.
- **NEDJRAOUI D et BEDRANI S., 2008** . La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 8 Numéro 1 | avril 2008, mis en ligne le 01 avril 2008, consulté le 11 septembre 2013*. URL : <http://vertigo.revues.org/5375> ; DOI : 10.4000/vertigo.5375.
- **NEDJRAOUI D., 1981** : Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétation dans les Hautes Plaines steppique de la wilaya de Saida. *Thèse Doct. USTHB, Alger*, 156p
- **NEDJRAOUI D., 1990** : Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima*) aux conditions stationnelles. Contribution à l'étude de fonctionnement de l'écosystème steppique. *Th. Doct , Univ. Sci.Tech. H. Boumediène Alger*. 256p.
- **NEDJRAOUI D., 2004**. Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. *Doc. URBT, Alger* : 239-243.
- **NEDJRAOUI, D. 2012**. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Profil fourrager (Algérie). *[En ligne] FAO, Janvier 2012. [Citation :*
- **O.S.S., 2004**. Concepts et approche méthodologique d'élaboration des outils du Suivi-Evaluation du PAN/LCD. Le tableau de problématisation de la désertification. La grille des indicateurs et le tableau de bord de la LCD. Applications au cas de la Tunisie. *Rapport final-Projet Tuniso-Italien*, 70 p.
- **OSTROM, E., 2010** : La gouvernance des biens communs. Pour une nouvelle approche des ressources naturelles, *Bruxelles, éditions de Boeck*, 301 p.
- **PAP/CAR., 1998** : Directives pour la cartographie et la mesure des processus d'érosion hydrique dans les zones côtières méditerranéennes. *PAP-8/PP/GL.1. Split, Centre d'activités régionales pour le Programme d'actions prioritaires (PAM/PNUE), en collaboration avec la FAO*. Pp xii+72.

- **POUGET M., 1980.** *Les relations sol- végétation dans les steppes sud algéroises.* Thèse doct., Univ Aix Marseille III. Paris : Doc. ORSTOM. N° 116. 555p.
- **RAPPORT NATIONAL VOLONTAIRE ALGERIE., 2019 :** *progression de la mise en œuvre des ODD. rapport.* 171P
- **REBBAS K., 2014 :** Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National de Gouraya et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région de Béjaïa. *The. Doc. Eco, 197p.*
- **REED, M. S., DOUGILL, A. J., & BAKER, T. R. (2011).** Participatory indicator development for sustainable land management. *Ecological Indicators*, 11(2), 589-600p.
- **REGAGBA Z., 2012 :** dynamique des populations végétales halophytes dans la région sud-est de Tlemcen. Aspects phytoécologiques et cartographiques. *Thèse Doct. Univ Tlemcen.* 169 p
- **RESEAU D'OBSERVATOIRES DE SURVEILLANCE ECOLOGIQUE A LONG TERME/OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL (ROSELT/OSS).** Surveillance environnementale dans les observatoires ROSELT/OSS du Nord de l'Afrique. *Collection ROSELT/OSS - Contribution Technique n°15.* Contributions : Aidoud A, Jauffret S, d'Herbès JM. Tunis : OSS, 2004.
- **REYNOLDS, J. F., & STAFFORD SMITH, D. M., 2002.** Global Desertification: Do Humans Cause Deserts? Berlin: Dahlem University Press. 563P.
- **ROBERT M et STENGEL P., 1999 :** Sol et agriculture : ressources en sol, qualité et processus de dégradation, *Cahiers Agricultures, volume 8, n°4, Paris, pp.* 301-308.
- **SAFRIEL, U., & ADEEL, Z., 2005.** Dryland Systems. *In Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being, Volume 1 (pp. 623-662).* Island Press.
- **SELTZER P., 1946 :** Le climat de l'Algérie. *Institut de Météorologie. et physique du globe, Univ.,Alger, 219p.*
- **SLIM S., 2012 :** Les systèmes fourragers des zones montagneuses : contraintes et intérêts des fabacées dans la fixation des sols et l'accroissement des ressources herbagères des petites exploitations. *Thèse de doctorat en sciences agronomiques. INAT. 183p.*
- **TOUNKOB A., HADDOUCHE D et ZEKRI N., 2020 :** Map of Soil Vulnerability and Degradation in the southern region of the province of Tlemcen (Algeria). *International journal of ecology and development.* Vol 35. N° 02 67-77 P.
- **TOUNKOB, A., 2016 :** Etude de la sensibilité à la dégradation du sol dans l'écosystème steppique de la wilaya de Tlemcen et possibilités d'une gestion durable. *Mémomag, Univ. Tlemcen, 120 p.*
- **TUCKER C., 1979:** Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8(2):127-150.

- **U.R.B.T (Unité de Recherche sur les ressources Biologiques et Terrestres), 2002.** Suivi diachronique des processus de désertification « in situ » et par télédétection des hautes plaines steppiques du sud-ouest oranais.
- **U.V.E.D (2008) :** Suivi de l'environnement par télédétection. Présentation · Cours · Ressources. Présentation. Caractéristiques. *L'Université Virtuelle Environnement et Développement durable.*
- **UNEP., 2007.** Global Environmental Outlook 4 (GEO-4): Environment for Development. Nairobi: *United Nations Environment Programme.* 572P.
- **VERÓN, S. R., PARUELO, J. M., & OESTERHELD, M. (2006).** Assessing desertification. *Global Change Biology*, 12(4). 751-757P.
- **WALTER., 2004.** Object-based classification of remote sensing data for change detection. *ISPRS Journal Of Photogrammetry and remote sensing.* Vol 58. N° 3-4 225-238 P.
- **WILLHAUCK, G., T. SCHNEIDER, R. DE ICOK et U. AMMER 2000.** «Comparison of object oriented classification techniques and standard image analysis for the use of change detection between SPOT multispectral satellite images and aerial photos». *ISPRS, vol. 33, Amsterdam, 2000.*
- **XIMENES M-C., DUHAUTOIS L., FOUQUE C ET BROYER J., 2005 :** Application de la télédétection à l'étude des zones humides. Identification des prairies , des roselières, des peupleraies et des gravières.134p.
- **YEROU. H., 1998 :** Essai de caractérisation des systèmes d'élevage ovins en zones steppiques cas de la commune de Maâmora (W Saida). *Mém.Mag INA Alger P 110.*

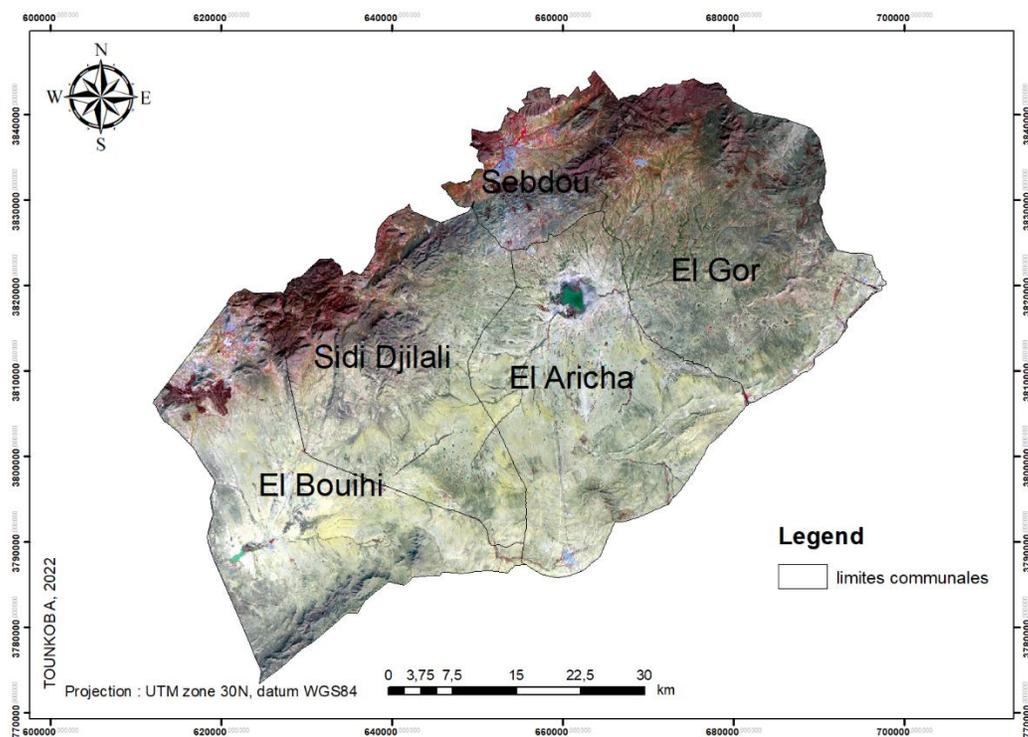
Liens web

- https://asal.dz/?page_id=1219
- <http://www.ceser.in/ceserp/index.php/ijed/issue/view/650>
- <Http://www.quinoa.be> › 2012/06

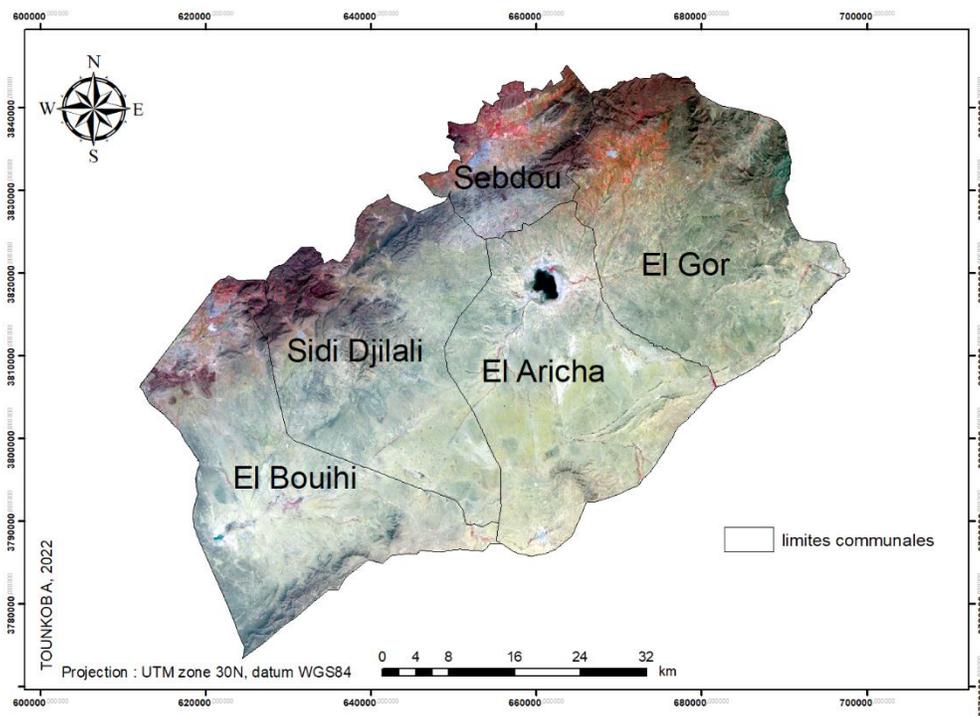
ANNEXES

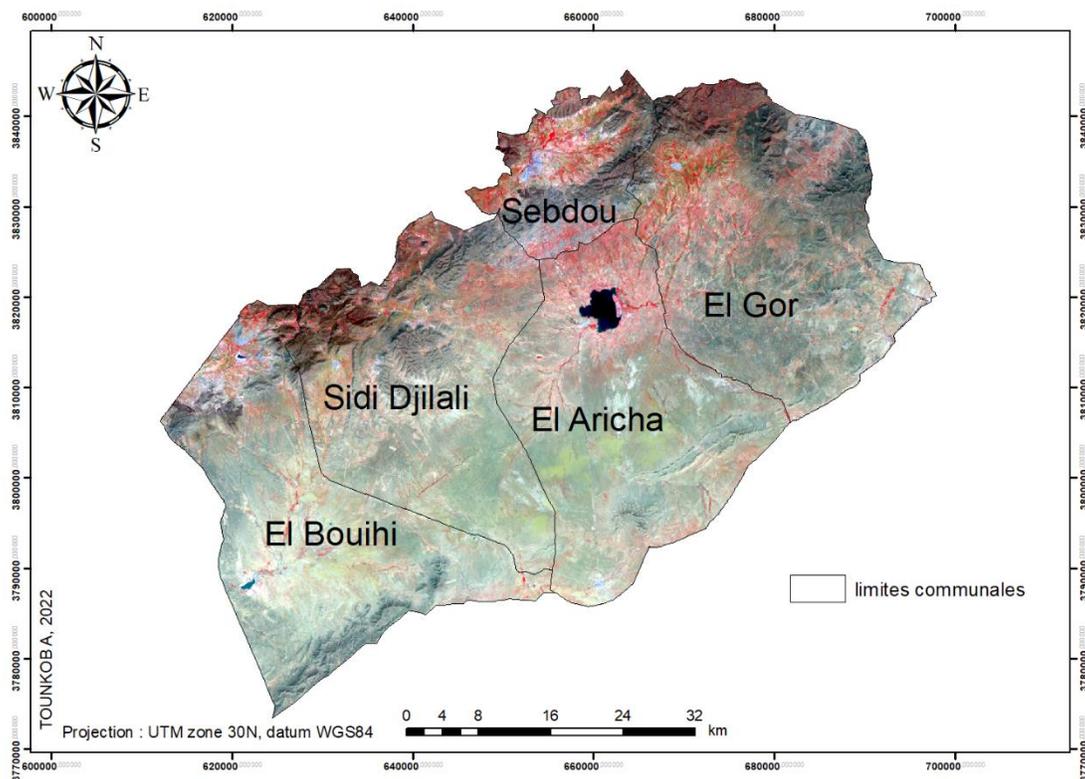
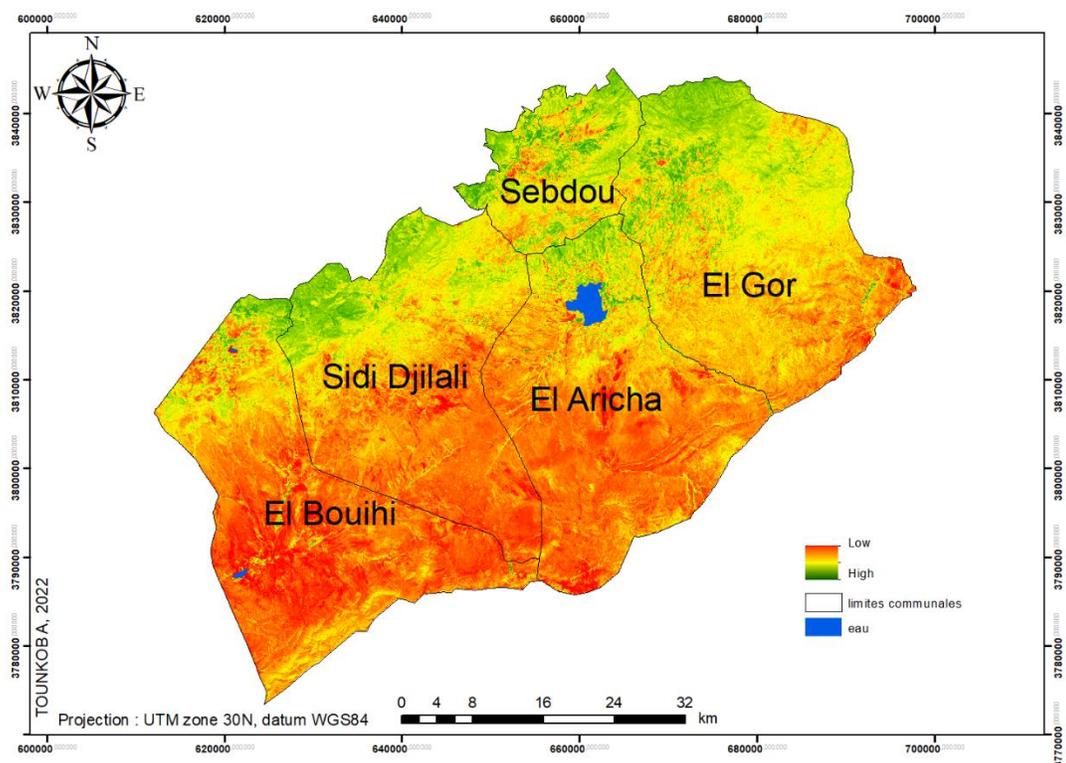
ANNEXES

Annexe 1 : carte trichromie de la zone d'étude année 2021

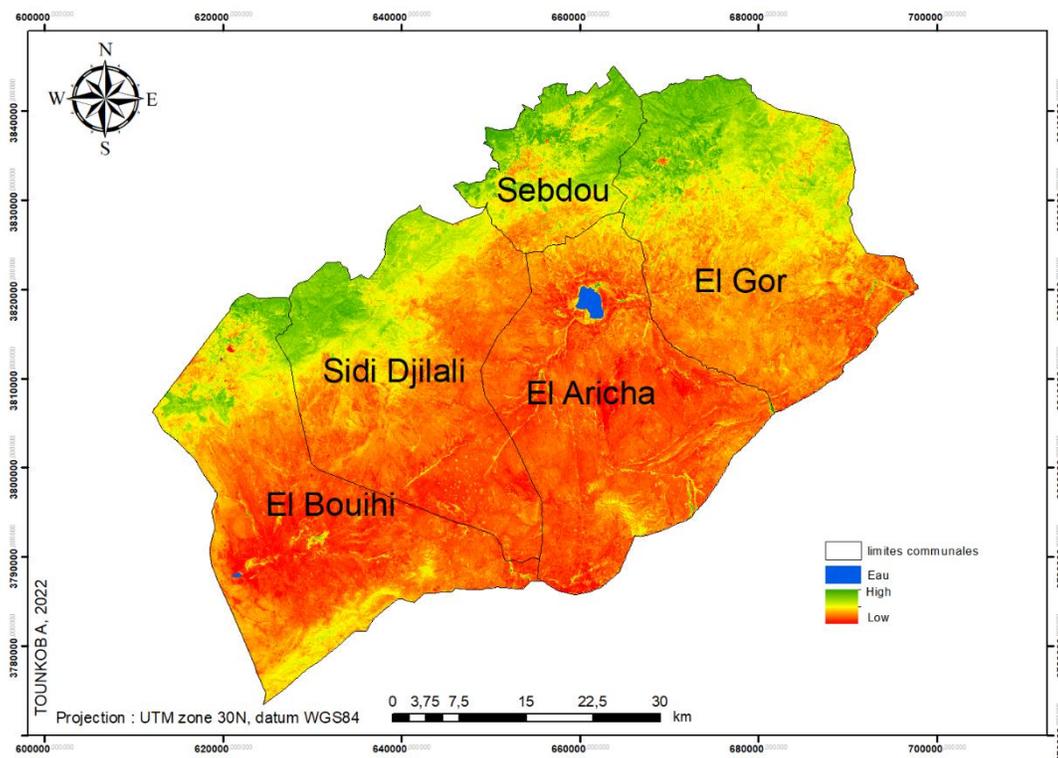


Annexe 2 : carte trichromie de la zone d'étude année 2011

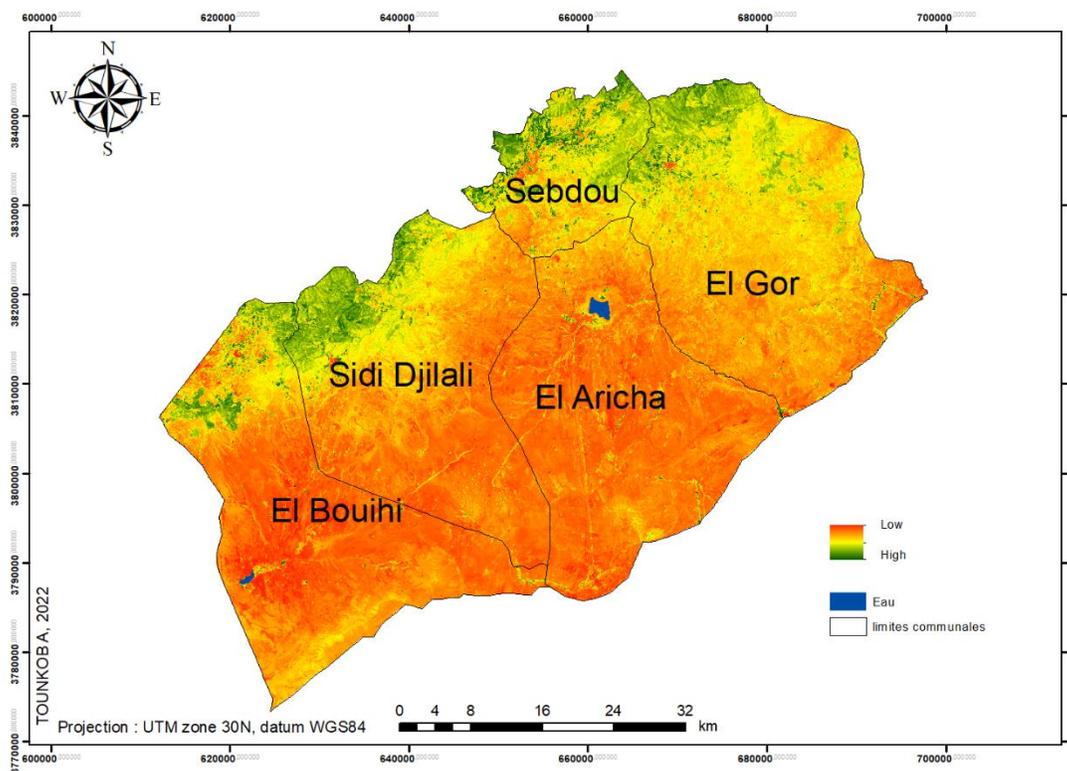


Annexe 3 : carte trichromie de la zone d'étude année 2001**Annexe 4 : carte de PVI de la zone d'étude année 2001**

Annexe 5 : carte de PVI de la zone d'étude année 2011



Annexe 6 : carte de PVI de la zone d'étude année 2021



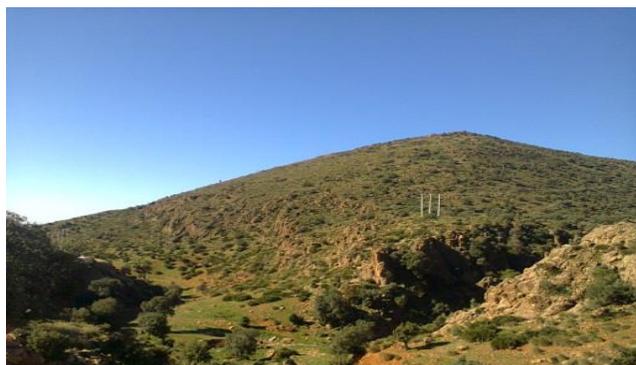
Annexe 7 : photos illustrant représente la dynamique de paysage dans la zone d'étude(Photos prises entre 2015-2018)



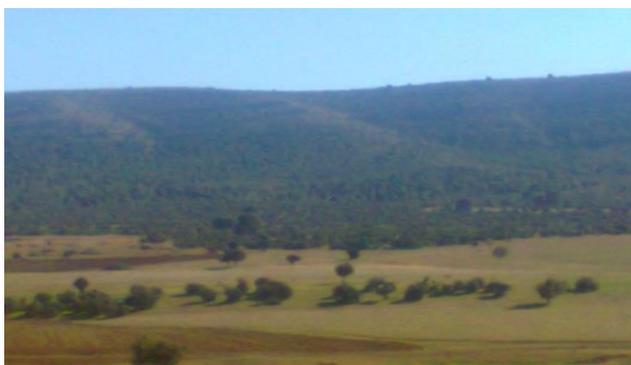
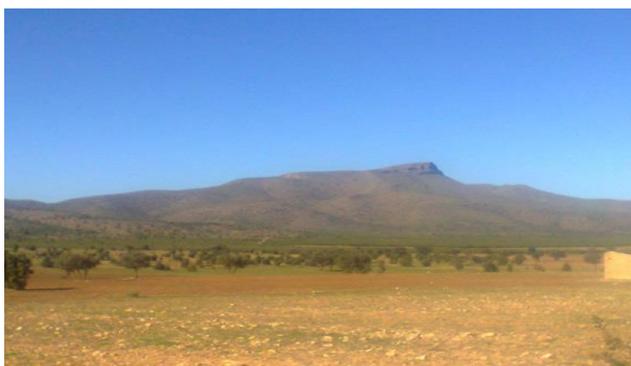
La commune de Sebdoou



La commune d'El Bouihi



La commune de Sid djilali



La commune d'El Gor



La commune d'El Aricha

Annexe 8 : bilan météorologique de précipitation et de température de la station de Sidi Djilali[1990-2015]

Année	Mois	t-max(°C)	t-min(°C)	ppt(mm)
1990	1	10.05	1.02	99.6
1990	2	15.62	3.2	0.1
1990	3	16.61	6.4	27
1990	4	18.87	5,43	72.7
1990	5	23.65	10.87	32.7
1990	6	29.7	15.15	11.4
1990	7	34.13	17.79	10.1
1990	8	33.57	18.09	5.8
1990	9	31.2	16.01	37.5
1990	10	22.01	9.52	14.6
1990	11	15.36	4.43	51.3
1990	12	9.73	1.31	59.5
1991	1	10.02	-0.76	36.8
1991	2	11.12	-0.29	75.6
1991	3	14.61	4.41	138.5
1991	4	18.21	4.57	20.1
1991	5	21.97	7.99	35.3
1991	6	29.06	14.69	7.2
1991	7	34.41	17.68	4.3
1991	8	34.57	18.49	5.1
1991	9	29.32	14.84	52.4
1991	10	19.83	7.81	61.2
1991	11	14.86	3.25	20.8
1991	12	10.72	1.79	38.7
1992	1	9.84	-0.92	23
1992	2	12.99	0.29	14.6
1992	3	14.18	3.52	88.6
1992	4	20.01	5.68	41
1992	5	23.93	10.45	97.2
1992	6	25.74	11.59	61.2

1992	7	32.53	16.5	14.4
1992	8	33.87	17.81	5.8
1992	9	28.61	13.62	1.5
1992	10	20.17	7.76	10.8
1992	11	15.14	3.73	40.5
1992	12	11.22	2.67	28
1993	1	10.27	-1.19	6.8
1993	2	11.47	0.82	74.5
1993	3	15.24	4.2	47.4
1993	4	19.49	5.16	41.1
1993	5	22.83	9.96	42.1
1993	6	28.74	14.5	5.7
1993	7	33.03	17.5	0.8
1993	8	32.77	18.31	2.9
1993	9	26.41	11.44	29.8
1993	10	19.93	8.04	24.1
1993	11	14.04	4.92	70.2
1993	12	11.22	1.57	15.1
1994	1	10.5	0	99.8
1994	2	13.24	0.75	49.6
1994	3	17.31	5	6.1
1994	4	18.89	5.45	16.9
1994	5	25.01	11.45	18.4
1994	6	29.23	15.39	3.7
1994	7	34.87	18.86	3.6
1994	8	34.13	19.47	2.9
1994	9	27.06	12.14	36.2
1994	10	20.89	10.37	53.2
1994	11	16.46	6.16	32.2
1994	12	11.92	1.79	12.1
1995	1	10.93	-0.46	19.2
1995	2	14.74	2.25	49.7
1995	3	15.73	4.42	94.5

1995	4	19.61	5.79	17.6
1995	5	25.33	12.46	1.7
1995	6	27.81	14.97	17.1
1995	7	33.21	17.6	3.1
1995	8	32.69	17.83	8.1
1995	9	26.36	11.26	22.9
1995	10	22.89	11.09	27.6
1995	11	17.16	6.37	17.2
1995	12	13.12	3.89	57.5
1996	1	11.91	3.44	72.6
1996	2	11.56	1.13	81
1996	3	14.74	4.33	65.3
1996	4	19.61	6.57	30.4
1996	5	22.85	9.89	30.1
1996	6	28.68	15.73	30.4
1996	7	32.51	17.41	14.2
1996	8	31.15	16.89	5.5
1996	9	25.66	11.58	42.5
1996	10	20.23	7.73	12.5
1996	11	15.44	4.95	2
1996	12	12.1	2.9	43.4
1997	1	11.6	2.82	68.1
1997	2	14.54	2.27	0.8
1997	3	17.07	4.22	7.5
1997	4	20.61	7.69	60.9
1997	5	23.63	11.27	18.4
1997	6	28.72	14.87	2.7
1997	7	30.99	15.99	3.1
1997	8	31.07	17.41	22.4
1997	9	28.04	14.86	59.7
1997	10	22.57	11.28	21.3
1997	11	15.76	6.17	48.2
1997	12	11.6	2.79	48.8

1998	1	11.13	1.44	26.5
1998	2	13.27	3.37	32.8
1998	3	16.75	4.22	25.2
1998	4	19.37	6.13	14.7
1998	5	21.75	9.97	50.9
1998	6	28.94	15.69	1.4
1998	7	33.47	18.16	1
1998	8	32.67	18.54	12.4
1998	9	28.04	14.18	24.4
1998	10	20.39	7.59	5.1
1998	11	15.58	4.79	41.5
1998	12	10.59	-0.21	32.8
1999	1	10.77	0.04	61.1
1999	2	10.95	-0.68	49.7
1999	3	15.31	4.41	27.9
1999	4	20.71	6.4	3.4
1999	5	25.38	12.54	1.1
1999	6	29.31	15.49	2.6
1999	7	33.29	17.98	1.6
1999	8	33.05	18.5	4
1999	9	27.84	13.56	34.6
1999	10	22.73	11.56	24.9
1999	11	13.86	3.95	68.8
1999	12	10.11	1.69	63.4
2000	1	9.87	-1.72	15.4
2000	2	14.66	1.17	0
2000	3	17.61	4.5	7.3
2000	4	19.95	6.35	14.1
2000	5	24.29	12.12	37
2000	6	30.06	16.32	8.3
2000	7	33.77	18.07	0.3
2000	8	33.27	18.43	0.2
2000	9	28.44	13.86	20.9

2000	10	20.48	8.08	75.4
2000	11	15.24	4.65	88.6
2000	12	12.9	2.79	38.5
2001	1	11.92	1.19	51.9
2001	2	13.57	1.1	56
2001	3	18.69	6.72	6.1
2001	4	20.69	6.68	16.5
2001	5	23.43	10.29	20.8
2001	6	30.92	16.27	0
2001	7	33.57	17.29	0
2001	8	33.06	18.71	4.7
2001	9	27.94	13.96	35
2001	10	24.13	12.15	25.3
2001	11	13.96	4.16	122.4
2001	12	11.01	1.6	39.7
2002	1	11.04	0.08	2
2002	2	14.44	0.97	9.4
2002	3	16.21	4.62	40.2
2002	4	19.79	5.7	60.9
2002	5	22.74	9.8	46.3
2002	6	29.5	16.07	8.3
2002	7	33.01	17.21	0.7
2002	8	30.87	16.41	25.8
2002	9	27.82	13.14	5.9
2002	10	22.25	10.28	23.5
2002	11	15.54	5.05	85.9
2002	12	12.94	3.91	22.7
2003	1	9.96	-0.44	103.2
2003	2	11.51	0.59	81.8
2003	3	16.69	5.42	32.4
2003	4	19.69	6.37	28.8
2003	5	24.63	11.06	30.5
2003	6	31.82	17.57	5.9

2003	7	34.77	18.26	4.4
2003	8	34.65	19.79	4.7
2003	9	28.94	14.28	11.4
2003	10	21.55	10.35	62.3
2003	11	15.32	4.65	86.8
2003	12	11.11	1.59	64
2004	1	11.37	0.28	31
2004	2	13.12	2.34	26.6
2004	3	14.83	4.33	70.7
2004	4	19.67	5.85	39.7
2004	5	21.23	8.67	75.3
2004	6	30.18	15.64	26.3
2004	7	33.83	18.23	3.7
2004	8	33.75	18.89	7.8
2004	9	29.14	13.87	29
2004	10	23.53	10.65	32.4
2004	11	13.97	3.27	58.7
2004	12	10.22	1.47	77
2005	1	9.33	-3.74	23
2005	2	10.06	-2.43	49.7
2005	3	15.63	3.84	38.8
2005	4	19.81	6.49	10.2
2005	5	26.02	12.76	1.9
2005	6	30.43	16.61	7.6
2005	7	34.17	18.69	1.4
2005	8	32.32	17.95	6.7
2005	9	27.26	12.8	29.1
2005	10	22.39	10.7	29.7
2005	11	14.54	4.25	75.6
2005	12	10.52	0.89	27.8
2006	1	9.67	-1.13	82
2006	2	11.45	-0.23	49.1
2006	3	16.21	5.08	17.9

2006	4	21.45	8.25	21.8
2006	5	25.68	13.04	77.1
2006	6	29.42	15.52	6.5
2006	7	35.09	19.21	9.2
2006	8	32.49	17.85	1.5
2006	9	28.26	13.68	36.1
2006	10	23.57	11.67	15.4
2006	11	17.06	6.47	25.7
2006	12	11	1.75	75.5
2007	1	11.76	-0.64	15.2
2007	2	14.24	2.97	26.1
2007	3	15.65	3.12	43.6
2007	4	18.67	6.18	85.5
2007	5	24.43	10.29	9.8
2007	6	28.74	14.82	1.9
2007	7	33.88	18.2	3.6
2007	8	32.97	18.23	9.3
2007	9	28.33	13.68	21.7
2007	10	21.71	9.44	69.6
2007	11	14.9	3.91	86.2
2007	12	11.14	0.91	32.7
2008	1	11.85	-0.26	34.5
2008	2	13.57	2.87	43.3
2008	3	16.53	3.4	13.5
2008	4	21.76	6.95	7.1
2008	5	23	10.34	59.1
2008	6	29.36	15.31	10.1
2008	7	34.49	18.29	12.7
2008	8	33.57	18.21	3.1
2008	9	28.34	13.46	69.9
2008	10	21.46	9.86	93.4
2008	11	13.14	2.45	75.2
2008	12	9.49	0.77	107.4

2009	1	9.65	0.56	106.4
2009	2	11.97	0.47	31.6
2009	3	16.25	4.34	56.3
2009	4	19.06	4.87	33.4
2009	5	25.03	11.89	13.9
2009	6	30.84	16.49	9.8
2009	7	35.57	18.97	2.1
2009	8	33.17	18.53	2.6
2009	9	26.74	12.29	90.8
2009	10	23.29	10.39	2
2009	11	17.94	6.18	26
2009	12	13.91	2.89	31.2
2010	1	11.8	1.17	86.3
2010	2	14.54	2.65	61.9
2010	3	16.11	4.73	67.3
2010	4	20.46	7.67	42.2
2010	5	23.71	10.26	24.5
2010	6	29.26	14.21	28.3
2010	7	34.53	19.12	3.6
2010	8	33.79	18.95	28.5
2010	9	28.56	14.3	26.4
2010	10	21.27	8.88	64
2010	11	14.94	4.27	28.1
2010	12	12.51	3.01	19
2011	1	11.32	0.37	25.4
2011	2	12.44	-0.16	23.5
2011	3	15.33	4.8	30.5
2011	4	21.75	8.97	42.2
2011	5	24.44	12.19	71.9
2011	6	29.68	16.11	34.3
2011	7	33.79	18.08	4.7
2011	8	33.65	19.21	7.8
2011	9	28.93	14.48	14.9

2011	10	22.39	10.19	56.9
2011	11	15.44	5.15	96.7
2011	12	11.19	0.87	38
2012	1	10.07	-1.8	39.9
2012	2	9.27	-2.41	39.4
2012	3	15.77	3.12	51.3
2012	4	18.67	5.45	47.7
2012	5	25.52	12.26	26.7
2012	6	31.1	17.37	2.4
2012	7	34.07	18.56	5.2
2012	8	35.03	19.77	3.1
2012	9	28.42	13.74	31.3
2012	10	22.15	10.35	56.8
2012	11	15.64	5.95	149
2012	12	11.79	1.69	19.3
2013	1	11.37	0.28	76.1
2013	2	11.74	-0.54	37.7
2013	3	15.94	4.73	52.4
2013	4	19.29	6.5	53.5
2013	5	22.82	9.36	37.5
2013	6	27.78	13.93	2.4
2013	7	32.59	17.9	5.9
2013	8	32.62	18.65	11.2
2013	9	27.92	13.88	28.3
2013	10	24.15	11.35	6.5
2013	11	14.58	3.39	63.5
2013	12	10.51	1.29	95.3
2014	1	11.25	1.74	69.8
2014	2	13.25	1.65	25.2
2014	3	15.43	3.5	34.7
2014	4	21.53	7.52	7.5
2014	5	24.64	12.18	45.6
2014	6	29.22	15.07	24.7

2014	7	32.69	17.29	3.6
2014	8	32.85	17.99	4.2
2014	9	29.33	15.18	51.9
2014	10	24.07	11.29	14.4
2014	11	16.77	6.25	60.5
2014	12	11.52	1.17	71.3
2015	1	11.25	-0.78	81.6
2015	2	10.73	0.75	62.5
2015	3	16.01	3.27	38
2015	4	20.87	8.27	7.1
2015	5	26.33	12.78	30.8
2015	6	29.86	16.21	18.5
2015	7	36.19	19.68	0.8
2015	8	33.25	19.59	14.2
2015	9	27.74	13.66	31.3
2015	10	22.87	10.48	60.6
2015	11	16.44	5.35	21.5
2015	12	13.12	3.09	0.3

Annexe 9 : bilan météorologique de précipitation et de température de la station de Ras El Ma[1990-2015]

Année	Mois	t-max(°C)	t-min(°C)	ppt(mm)
1990	1	9.98	1.9	65.3
1990	2	15.52	4.03	0.1
1990	3	16.36	7.05	17.2
1990	4	18.08	5.95	53.4
1990	5	22.78	11.15	31.1
1990	6	28.67	15.45	14.8
1990	7	33.18	18.56	14.3
1990	8	33.11	19.13	7
1990	9	30.87	17.29	34.1
1990	10	21.92	10.6	14.5
1990	11	14.97	5.27	39.9

1990	12	9.37	1.86	33.6
1991	1	9.83	0	24.4
1991	2	10.93	0.58	48.7
1991	3	14.41	5.24	97.8
1991	4	17.39	4.96	12.1
1991	5	20.83	7.95	32.8
1991	6	27.84	14.77	8.9
1991	7	33.57	18.55	5.8
1991	8	34.29	19.63	6.5
1991	9	29.01	16.13	45.6
1991	10	19.67	8.89	52.4
1991	11	14.55	4.12	19.3
1991	12	10.23	2.22	20.7
1992	1	9.77	-0.14	14.9
1992	2	12.82	1.08	11.2
1992	3	13.78	4.2	60.5
1992	4	19.23	6.2	28.4
1992	5	22.87	10.58	84.4
1992	6	24.62	11.71	81.1
1992	7	31.62	17.35	20.8
1992	8	33.49	18.88	11
1992	9	28.23	14.89	2
1992	10	20.1	8.84	11.4
1992	11	14.85	4.7	29.2
1992	12	10.87	3.34	14.1
1993	1	10.08	-0.27	3.4
1993	2	11.28	1.67	50.1
1993	3	15.01	4.86	29.2
1993	4	18.73	5.65	29.6
1993	5	22.02	10.24	38
1993	6	27.54	14.61	7.2
1993	7	32.12	18.3	1.7
1993	8	32.49	19.51	4.3

1993	9	25.97	12.59	27.9
1993	10	19.81	9.15	24.7
1993	11	13.71	5.81	51
1993	12	10.87	2.24	9.5
1994	1	10.47	0.84	50.4
1994	2	13.21	1.67	35.8
1994	3	17.06	5.74	4
1994	4	18.09	5.86	16
1994	5	24.23	11.71	15.8
1994	6	28.03	15.37	3.2
1994	7	34.11	19.71	4.8
1994	8	33.97	20.8	4.6
1994	9	26.71	13.38	39.6
1994	10	20.76	11.44	45.9
1994	11	16.15	7.01	24.8
1994	12	11.51	2.25	6.8
1995	1	10.78	0.26	15.4
1995	2	14.66	3.08	34.4
1995	3	15.37	5.06	63.5
1995	4	18.83	6.07	13.6
1995	5	24.4	12.49	1.5
1995	6	26.59	15.02	24.7
1995	7	32.41	18.41	3.2
1995	8	32.34	18.93	13.3
1995	9	25.88	12.35	25.8
1995	10	22.71	12.05	26.4
1995	11	16.86	7.18	17
1995	12	12.81	4.54	37.1
1996	1	11.97	4.17	47.6
1996	2	11.38	1.98	64.9
1996	3	14.47	4.91	46.1
1996	4	18.78	7.05	24.9
1996	5	21.9	9.93	25.9

1996	6	27.48	15.67	46
1996	7	31.76	18.16	18.9
1996	8	30.89	18.07	7
1996	9	25.18	12.61	42.8
1996	10	20.01	8.61	12.9
1996	11	15.2	5.73	2
1996	12	11.9	3.55	23.7
1997	1	11.61	3.7	42.1
1997	2	14.29	2.86	1
1997	3	16.67	4.8	3.5
1997	4	19.87	8.11	48.3
1997	5	22.82	11.5	16.8
1997	6	27.58	14.97	3.5
1997	7	30.26	16.89	4.1
1997	8	30.78	18.52	33.2
1997	9	27.58	15.91	57.2
1997	10	22.46	12.3	20.4
1997	11	15.45	7.02	41.1
1997	12	11.31	3.44	27.1
1998	1	11.12	2.16	17.7
1998	2	13.17	4.05	22.5
1998	3	16.37	4.85	15.7
1998	4	18.67	6.56	13.2
1998	5	20.88	10.11	50.2
1998	6	27.82	15.76	1.3
1998	7	32.75	19	1.2
1998	8	32.48	19.63	17.7
1998	9	27.71	15.38	16.9
1998	10	20.25	8.46	4.2
1998	11	15.17	5.48	29
1998	12	10.21	0.35	19.7
1999	1	10.62	0.84	42.4
1999	2	10.73	0.09	37

1999	3	15.11	5.14	16.7
1999	4	19.97	6.81	1.6
1999	5	24.5	12.68	1.1
1999	6	28.18	15.52	2.8
1999	7	32.55	18.8	1.9
1999	8	32.92	19.76	7
1999	9	27.65	14.78	35
1999	10	22.7	12.59	24.7
1999	11	13.51	4.82	52.9
1999	12	9.81	2.29	40.5
2000	1	9.77	-0.95	7.6
2000	2	14.43	1.71	0
2000	3	17.27	5.06	6.4
2000	4	19.36	6.85	10.4
2000	5	23.48	12.23	35.1
2000	6	28.93	16.37	9.3
2000	7	33.05	18.95	0
2000	8	33.08	19.53	0.2
2000	9	27.98	14.82	23
2000	10	20.36	9.1	62.4
2000	11	14.99	5.42	71.8
2000	12	12.66	3.35	16.5
2001	1	12	1.91	34.8
2001	2	13.43	1.76	43.8
2001	3	18.59	7.35	3.4
2001	4	19.98	7.11	16.7
2001	5	22.55	10.29	19.8
2001	6	29.82	16.27	0
2001	7	32.94	18.19	0
2001	8	32.97	19.88	4.1
2001	9	27.57	15.1	31.4
2001	10	24.23	13.15	21.5
2001	11	13.61	4.92	99.7

2001	12	10.4	1.75	20
2002	1	11.05	0.76	1.5
2002	2	14.19	1.47	5.3
2002	3	16.05	5.2	31.4
2002	4	19.07	6.11	42.5
2002	5	21.89	9.93	46.6
2002	6	28.56	16.17	11.8
2002	7	32.26	18.05	1
2002	8	30.59	17.53	36.1
2002	9	27.42	14.21	5.1
2002	10	22.16	11.17	20.4
2002	11	15.25	5.86	61.2
2002	12	12.7	4.5	11.1
2003	1	9.77	0.26	63.5
2003	2	11.37	1.39	57.3
2003	3	16.37	5.92	19.4
2003	4	19.02	6.8	23
2003	5	23.57	11	28.4
2003	6	30.72	17.62	6.4
2003	7	34.14	19.23	6
2003	8	34.39	20.89	5
2003	9	28.44	15.35	11.9
2003	10	21.45	11.35	53.4
2003	11	15.23	5.52	63.8
2003	12	10.76	2.15	38.1
2004	1	11.27	0.96	20.6
2004	2	13.02	3.09	19.6
2004	3	14.52	4.87	39
2004	4	18.93	6.31	31
2004	5	20.34	8.78	76.9
2004	6	29.03	15.67	31.6
2004	7	33.06	19.05	5.6
2004	8	33.49	19.94	9.7

2004	9	28.78	15	25.1
2004	10	23.54	11.65	33.1
2004	11	13.57	3.89	49.2
2004	12	10	2.18	48.6
2005	1	9.03	-2.82	12.3
2005	2	9.74	-1.76	35.6
2005	3	15.31	4.45	24.7
2005	4	18.98	6.82	7.2
2005	5	24.96	12.74	1.1
2005	6	29.23	16.49	9.9
2005	7	33.5	19.46	3.2
2005	8	31.99	18.99	5.9
2005	9	26.78	13.77	29
2005	10	22.3	11.69	23.9
2005	11	14.21	4.98	59.8
2005	12	10.16	1.45	16.5
2006	1	9.53	-0.3	52.9
2006	2	11.28	0.5	35.8
2006	3	15.97	5.71	10.9
2006	4	20.86	8.8	17.7
2006	5	24.89	13.08	69
2006	6	28.42	15.62	10.1
2006	7	34.35	20.05	10.1
2006	8	32.23	18.84	1.8
2006	9	27.78	14.66	33.1
2006	10	23.5	12.65	11.7
2006	11	16.9	7.37	15.8
2006	12	10.8	2.44	50.8
2007	1	11.71	0.28	12.8
2007	2	14.16	3.74	21.2
2007	3	15.32	3.71	36.2
2007	4	17.97	6.61	56.4
2007	5	23.62	10.46	9

2007	6	27.63	14.87	2.8
2007	7	33.15	19	7
2007	8	32.78	19.33	11.4
2007	9	27.83	14.67	27.7
2007	10	21.61	10.36	75.9
2007	11	14.59	4.62	63.2
2007	12	10.72	1.36	15.8
2008	1	11.73	0.51	19.7
2008	2	13.43	3.56	23
2008	3	16.21	4.05	10.1
2008	4	21.02	7.4	5.2
2008	5	22.14	10.43	48.4
2008	6	28.13	15.27	15.8
2008	7	33.8	19.1	22
2008	8	33.33	19.37	3.6
2008	9	27.97	14.6	66.2
2008	10	21.45	10.95	83.6
2008	11	12.94	3.36	56.7
2008	12	9.16	1.35	65.7
2009	1	9.57	1.3	65.4
2009	2	11.79	1.21	19.5
2009	3	15.96	4.9	36.3
2009	4	18.24	5.22	29.4
2009	5	24.28	12.11	16.6
2009	6	29.78	16.57	9.3
2009	7	34.95	20.03	2.7
2009	8	32.84	19.49	3.2
2009	9	26.5	13.44	90.6
2009	10	23.11	11.26	2.3
2009	11	17.61	6.93	20.3
2009	12	13.52	3.45	19
2010	1	11.81	1.91	54.1
2010	2	14.52	3.53	44.6

2010	3	15.86	5.36	43.3
2010	4	19.68	8.02	33.1
2010	5	22.8	10.29	23.9
2010	6	28.12	14.22	31.7
2010	7	33.85	19.95	4.8
2010	8	33.39	19.89	38.1
2010	9	28.04	15.23	21.3
2010	10	21.16	9.77	54.5
2010	11	14.7	5.07	24.6
2010	12	12.08	3.42	11.6
2011	1	11.36	1.11	18.5
2011	2	12.18	0.45	17.4
2011	3	15.06	5.54	20.6
2011	4	21.12	9.41	37.4
2011	5	23.59	12.19	65.9
2011	6	28.48	16.07	47.2
2011	7	33.05	18.95	8.1
2011	8	33.39	20.29	9.3
2011	9	28.48	15.37	11.4
2011	10	22.21	11.06	50.3
2011	11	15.19	6.06	70.3
2011	12	10.86	1.49	23.2
2012	1	9.74	-0.91	21.8
2012	2	8.95	-1.84	31.9
2012	3	15.33	3.75	32.4
2012	4	17.93	5.86	37
2012	5	24.46	12.16	26.6
2012	6	30.06	17.46	3.6
2012	7	33.35	19.45	8.6
2012	8	34.83	21.01	3.8
2012	9	28.03	14.81	26
2012	10	22.06	11.26	49.9
2012	11	15.44	6.86	106.1

2012	12	11.46	2.25	15
2013	1	11.31	1	48.6
2013	2	11.62	0.29	30
2013	3	15.84	5.35	36.2
2013	4	18.62	6.96	55.4
2013	5	21.85	9.33	40.8
2013	6	26.62	13.97	4.1
2013	7	31.89	18.65	10.7
2013	8	32.29	19.69	13.1
2013	9	27.3	14.69	34.7
2013	10	24.14	12.39	7
2013	11	14.25	4.22	51.6
2013	12	10.2	1.94	55.5
2014	1	11.13	2.55	44.6
2014	2	13.3	2.61	20.8
2014	3	15.07	4.15	26.7
2014	4	20.96	8.09	5.2
2014	5	23.52	11.96	31.4
2014	6	28.13	15.22	33.2
2014	7	32.14	18.25	4.2
2014	8	32.5	19.13	5.7
2014	9	28.93	16.21	59.2
2014	10	23.95	12.25	16.5
2014	11	16.55	7.16	45.8
2014	12	11.12	1.75	42.9
2015	1	11	-0.13	55.2
2015	2	10.57	1.45	45.8
2015	3	15.76	4.04	23.2
2015	4	20.26	8.71	4.8
2015	5	25.4	12.78	25.2
2015	6	28.73	16.23	26
2015	7	35.37	20.55	1.5
2015	8	33.03	20.73	16.4

2015	9	27.41	14.79	31.8
2015	10	22.71	11.45	58.5
2015	11	16.07	6.12	16.8
2015	12	12.72	3.65	0.1

Annexe 9 : bilan météorologique de précipitation et de température de la station d'El Aricha [1990-2015]

Année	Mois	t-max(°C)	t-min(°C)	ppt(mm)
1990	1	10.29	1.46	118.4
1990	2	15.63	3.59	0.1
1990	3	16.36	6.65	30.2
1990	4	18.54	5.63	78
1990	5	23.05	10.72	36.2
1990	6	28.77	14.87	12.5
1990	7	33.35	17.54	9.4
1990	8	33	18.14	4.7
1990	9	30.94	16.31	37.1
1990	10	22.06	9.91	17.2
1990	11	15.22	4.82	60.9
1990	12	9.68	1.6	68.7
1991	1	10.2	-0.33	45.7
1991	2	11.09	0.13	86.2
1991	3	14.36	4.74	156.3
1991	4	17.85	4.69	17.2
1991	5	21.4	7.83	36
1991	6	28.08	14.33	7.8
1991	7	33.64	17.44	3.9
1991	8	34.09	18.58	4.7
1991	9	29	15.07	52.1
1991	10	19.87	8.17	64.6
1991	11	14.76	3.67	25.3
1991	12	10.68	2.05	41.9
1992	1	10.05	-0.48	28.3

1992	2	12.94	0.64	18.7
1992	3	13.92	3.75	101.2
1992	4	19.7	5.88	45.7
1992	5	23.39	10.32	102.7
1992	6	24.78	11.23	71.2
1992	7	31.75	16.24	14.3
1992	8	33.3	17.84	6.2
1992	9	28.3	13.87	1.5
1992	10	20.13	8.08	12.9
1992	11	15.06	4.16	44.2
1992	12	11.22	2.99	34.6
1993	1	10.5	-0.83	6.6
1993	2	11.44	1.19	89.1
1993	3	15.01	4.45	47.3
1993	4	19.19	5.38	46
1993	5	22.24	9.78	48.4
1993	6	27.78	14.18	5.3
1993	7	32.2	17.19	1
1993	8	32.25	18.39	3.2
1993	9	26.05	11.58	28.5
1993	10	19.92	8.42	26.8
1993	11	13.96	5.32	79.8
1993	12	11.22	1.89	16.5
1994	1	10.74	0.42	101.7
1994	2	13.23	1.18	63.8
1994	3	17.06	5.25	6.7
1994	4	18.55	5.59	21.7
1994	5	24.44	11.32	21
1994	6	28.23	14.99	2.7
1994	7	34.13	18.63	3.8
1994	8	33.64	19.58	2.7
1994	9	26.75	12.33	36.4
1994	10	20.88	10.68	52

1994	11	16.36	6.52	36.8
1994	12	11.88	2.01	14.9
1995	1	11.15	-0.08	23.9
1995	2	14.74	2.64	63.2
1995	3	15.47	4.66	102.1
1995	4	19.25	5.85	19.2
1995	5	24.74	12.23	1.9
1995	6	26.83	14.58	18.5
1995	7	32.44	17.34	2.9
1995	8	32.15	17.89	8.4
1995	9	26	11.39	23.2
1995	10	22.88	11.34	31.6
1995	11	17.06	6.77	21.8
1995	12	13.12	4.2	71.8
1996	1	12.19	3.91	84.6
1996	2	11.54	1.53	103.2
1996	3	14.51	4.6	71.5
1996	4	19.25	6.74	34.6
1996	5	22.29	9.73	32.6
1996	6	27.69	15.3	32.1
1996	7	31.79	17.14	13.9
1996	8	30.64	17.03	5.5
1996	9	25.35	11.78	45.2
1996	10	20.14	7.95	14.9
1996	11	15.36	5.37	2.4
1996	12	12.12	3.24	49.3
1997	1	11.84	3.31	76.6
1997	2	14.53	2.64	1.2
1997	3	16.77	4.41	6.9
1997	4	20.29	7.84	66.2
1997	5	23.04	11.12	19.8
1997	6	27.77	14.53	3.2
1997	7	30.28	15.78	2.8

1997	8	30.5	17.44	22.7
1997	9	27.7	15.03	60.1
1997	10	22.58	11.58	24.5
1997	11	15.62	6.57	58.3
1997	12	11.57	3.1	58.8
1998	1	11.39	1.87	31.6
1998	2	13.28	3.74	40.6
1998	3	16.47	4.46	28.1
1998	4	19.05	6.33	17.9
1998	5	21.19	9.82	56.8
1998	6	27.94	15.29	1.4
1998	7	32.73	17.93	1
1998	8	32.19	18.64	13.3
1998	9	27.7	14.38	19
1998	10	20.34	7.79	4.6
1998	11	15.42	5.17	49
1998	12	10.57	0.05	35.4
1999	1	11	0.42	74.8
1999	2	10.98	-0.31	63
1999	3	15.06	4.7	29.9
1999	4	20.39	6.58	2.2
1999	5	24.79	12.38	1
1999	6	28.33	15.13	2.8
1999	7	32.54	17.74	1.2
1999	8	32.54	18.63	4.1
1999	9	27.54	13.73	35.3
1999	10	22.72	11.88	28.6
1999	11	13.76	4.37	81.1
1999	12	10.07	1.95	77.5
2000	1	10.1	-1.33	16.6
2000	2	14.64	1.5	0
2000	3	17.32	4.71	8.5
2000	4	19.64	6.53	14.8

2000	5	23.74	11.97	42.2
2000	6	29.13	15.98	6.9
2000	7	33.04	17.88	0.2
2000	8	32.79	18.49	0.2
2000	9	28.1	14.03	21.5
2000	10	20.52	8.42	82.2
2000	11	15.11	5.02	103.5
2000	12	12.92	3.1	43.3
2001	1	12.14	1.62	63.5
2001	2	13.58	1.53	71.1
2001	3	18.46	6.91	6.3
2001	4	20.44	6.88	19.6
2001	5	22.89	10.13	23.3
2001	6	29.98	15.88	0
2001	7	32.83	17.08	0
2001	8	32.63	18.83	4.1
2001	9	27.64	14.18	33.8
2001	10	24.17	12.48	28.2
2001	11	13.77	4.48	146
2001	12	10.93	1.76	43.9
2002	1	11.25	0.47	2.6
2002	2	14.43	1.3	9.2
2002	3	15.96	4.81	48
2002	4	19.49	5.88	66.5
2002	5	22.23	9.72	54.7
2002	6	28.62	15.73	8.2
2002	7	32.29	16.98	0.6
2002	8	30.35	16.49	25.3
2002	9	27.54	13.37	4.6
2002	10	22.27	10.58	24.6
2002	11	15.41	5.42	91.6
2002	12	12.92	4.2	23.3
2003	1	10.11	-0.03	119

2003	2	11.49	0.99	103.2
2003	3	16.42	5.61	31.5
2003	4	19.35	6.49	32.3
2003	5	24.04	10.88	32.4
2003	6	30.88	17.18	6.3
2003	7	34.04	18.03	3.8
2003	8	34.19	19.88	4
2003	9	28.6	14.48	11.5
2003	10	21.53	10.68	64.8
2003	11	15.25	5.07	94.6
2003	12	11.07	1.9	77.8
2004	1	11.55	0.67	38.5
2004	2	13.13	2.69	31.7
2004	3	14.57	4.6	74.2
2004	4	19.39	6.03	47
2004	5	20.69	8.57	84.4
2004	6	29.23	15.29	22.2
2004	7	33.09	17.99	3.6
2004	8	33.24	18.98	7.2
2004	9	28.89	14.12	21.2
2004	10	23.52	10.93	39.1
2004	11	13.91	3.62	66.7
2004	12	10.22	1.79	89.2
2005	1	9.46	-3.38	25.5
2005	2	9.99	-2.06	64.8
2005	3	15.32	4.06	43.8
2005	4	19.45	6.59	11.9
2005	5	25.4	12.53	1.7
2005	6	29.43	16.19	7.6
2005	7	33.43	18.48	1.5
2005	8	31.8	17.99	4.2
2005	9	26.95	12.98	26.5
2005	10	22.33	10.99	27.2

2005	11	14.37	4.62	79.9
2005	12	10.48	1.15	30.8
2006	1	9.85	-0.68	92.4
2006	2	11.48	0.19	61.6
2006	3	16	5.35	19
2006	4	21.19	8.43	24
2006	5	25.09	12.83	78.1
2006	6	28.48	15.18	7.5
2006	7	34.34	18.98	8.9
2006	8	31.95	17.89	1.3
2006	9	27.9	13.84	33.6
2006	10	23.58	11.94	16
2006	11	16.96	6.92	23.8
2006	12	11.06	2.09	90.5
2007	1	11.95	-0.19	20.1
2007	2	14.23	3.39	33.5
2007	3	15.37	3.36	52.9
2007	4	18.39	6.38	91.5
2007	5	23.84	10.13	10.1
2007	6	27.82	14.48	2.3
2007	7	33.09	17.94	3.5
2007	8	32.49	18.33	7.8
2007	9	27.95	13.84	23.7
2007	10	21.68	9.74	82
2007	11	14.73	4.23	102.4
2007	12	11.08	1.16	33.6
2008	1	12.05	0.21	38.3
2008	2	13.58	3.29	42.9
2008	3	16.22	3.65	15.5
2008	4	21.4	7.09	7.8
2008	5	22.39	10.18	55.1
2008	6	28.34	14.89	10.4
2008	7	33.74	18.08	13.3

2008	8	33.09	18.33	2.3
2008	9	28.04	13.68	67.6
2008	10	21.52	10.22	104.1
2008	11	13.06	2.87	85.8
2008	12	9.47	1.09	131
2009	1	9.89	0.92	119.3
2009	2	11.98	0.89	34.5
2009	3	15.97	4.51	51.5
2009	4	18.7	4.99	38.5
2009	5	24.49	11.73	15.8
2009	6	29.92	16.17	7.7
2009	7	34.88	18.78	1.9
2009	8	32.6	18.55	2.4
2009	9	26.49	12.53	92.8
2009	10	23.24	10.64	2.5
2009	11	17.81	6.62	31.1
2009	12	13.83	3.2	39.5
2010	1	11.95	1.71	102.3
2010	2	14.53	3.08	71
2010	3	15.82	5.05	74.6
2010	4	20.1	7.84	50.2
2010	5	23.14	10.08	24.6
2010	6	28.28	13.83	27.4
2010	7	33.79	18.84	3.1
2010	8	33.21	18.95	28.7
2010	9	28.2	14.44	20.4
2010	10	21.28	9.18	68.4
2010	11	14.77	4.63	34.4
2010	12	12.47	3.25	23.5
2011	1	11.54	0.82	32.4
2011	2	12.44	0.19	30.5
2011	3	15.07	5.05	31.7
2011	4	21.44	9.14	49.1

2011	5	23.93	12.03	80.4
2011	6	28.69	15.69	37.2
2011	7	33.04	17.84	5.1
2011	8	33.19	19.29	7.6
2011	9	28.55	14.59	12
2011	10	22.34	10.39	61.3
2011	11	15.31	5.57	106.7
2011	12	11.17	1.15	43.1
2012	1	10.25	-1.39	42.4
2012	2	9.28	-2.06	50.6
2012	3	15.47	3.31	48
2012	4	18.34	5.63	47.1
2012	5	24.85	11.99	30.6
2012	6	30.17	16.98	2.7
2012	7	33.34	18.33	5.6
2012	8	34.54	19.88	2.9
2012	9	28.14	13.97	29
2012	10	22.17	10.63	58.5
2012	11	15.56	6.37	167.9
2012	12	11.73	1.95	26.1
2013	1	11.55	0.68	88.6
2013	2	11.73	-0.07	49.9
2013	3	15.66	5.05	55.7
2013	4	18.95	6.64	69.9
2013	5	22.2	9.13	46.2
2013	6	26.78	13.54	2.5
2013	7	31.84	17.6	6
2013	8	32.1	18.7	11
2013	9	27.6	14.08	31.3
2013	10	24.13	11.68	7.2
2013	11	14.42	3.77	74.1
2013	12	10.47	1.55	108.7
2014	1	11.45	2.17	81.5

2014	2	13.28	2.08	32.2
2014	3	15.17	3.75	39.5
2014	4	21.28	7.77	8.1
2014	5	24	11.89	37.4
2014	6	28.32	14.77	27.4
2014	7	32.03	17.12	2.7
2014	8	32.34	18.13	4.1
2014	9	28.95	15.34	54
2014	10	24.03	11.54	16.8
2014	11	16.71	6.71	68.2
2014	12	11.52	1.49	82.6
2015	1	11.5	-0.33	96.5
2015	2	10.78	1.18	76.8
2015	3	15.72	3.59	41.1
2015	4	20.59	8.44	8.3
2015	5	25.74	12.54	34.2
2015	6	28.93	15.83	19.3
2015	7	35.44	19.44	0.6
2015	8	32.79	19.68	12.1
2015	9	27.45	13.83	29.4
2015	10	22.83	10.78	65.2
2015	11	16.36	5.72	24.3
2015	12	13.12	3.4	0.4

Annexe 10 : Projet de tableau de bord de LCD dans le cadre du protocole pilote de suivi-évaluation de la désertification

Tableau de bord de la LCD			Suivi des indicateurs et évaluation thématique						
Espaces/Ressources affectés par la désertification	Causes de la désertification	Conséquences de la désertification	Objectifs spécifiques du projet	Indicateurs PERI* de LCD	Valeur de l'indicateur Année/Valeur		Repère/Etat de référence Année/Valeur		Evaluation par
Population locales	*La répartition spatiale déséquilibrée de la population;	Appauvrissement	Amélioration de la vie des populations	*Sédentarisation (Nb habitants);	1992 - 2004	10000 hab.	1987	100 hab.	--
	- Recherche de la ressource.			*Exode rural (Nb habitants); *Emplois créés pour les ménages éleveurs ; *Eleveurs respectant les mises en défens.					+
Forêts et parcours steppiques	*Pression anthropique croissante;	*Dégradation des équilibres biologiques et trophiques des écosystèmes forestiers et steppiques	Atténuation de la dégradation des formations forestières et des parcours steppiques	*Affectation des terres ;	2020 - 2015	Stat DSA Carte DGF ASAL	1980 1978	Stat DSA Carte DGF CRBT /URB T et autres	-
	*Défrichement;			*Taux de recouvrement (%)					--
	*Feux de forêts ;			*Dégradation des nappes alfatières ;					---
	* Cueillette du bois ;			*Incendies (Nb de foyers, superficies brûlées, ...)					
	* Manque des actions d'entretien et d'aménagement sylvicoles;			*Délits (Nb, superficies, ...);					
	*Surpâturage			*Biomasse;					
	*Exploitation de terres impropres aux cultures;			*Indice de végétation/Albédo					
	* Sècheresse.			*Budgets alloués aux réalisations dans le secteur					

		superficie; *Appauvrissement biodiversité		forestier et de CES (en dinars).					
Charge animale	*Spéculation et accroissement des cheptels sans respect des limites de la production pastorales; *Non respect de la charge (<i>densité tolérée</i>) ; *Mauvaise gestion spatio-temporelle.	*Réduction du potentiel biologique; *Dégradation du sol et perte de superficie; *Appauvrissement biodiversité.	Atténuation de la dégradation des terres	Densité cheptel (<i>Nb de moutons, brebis, vaches,..</i>) Nb éleveurs	2016	Statistiques DSA HCDS		1984 Stat DSA	--
Terres cultivées rigüées + bour)	Labours et défrichements illicites.	*Réduction de la fertilité du sol ; *Réduction du potentiel biologique *Perte de superficie.	Adaptation des systèmes de culture en respect de la résilience des écosystèmes.	*Affectation des terres *Délits d'usage (<i>agression contre la steppe</i>)	2020	Statistiques DSA	1990	Statistiques DSA	++
Ressources en eau	*Surexploitation de la ressource « eau » ; *Dégradation de la qualité de l'eau.	*Rarification de la ressource; *Aridité; *Salinisation.	Gestion durable de l'eau et Atténuation des effets de salinisation et de sécheresse	*Ouvrages hydrauliques réalisés (<i>Sources-puits-retenus-barrages</i>) *Capacité totale de stockage d'eau ; *Pourcentage des terres irriguées équipées en techniques d'économie	2020	Statistiques DH ANRH	1980	Statistiques DH	++

				d'eau (par rapport au total des terres irriguées).					
Zones humides (ZH)	*Assèchement, *Aménagement inapproprié;	*Dégradation des équilibres biologiques et trophiques *Assèchement *Salinisation *Pollution	Réhabilitation	*Nombre et superficie totale des ZH; *Nombre et superficie des ZH protégées; *Répartition des ZH.	2018	Statistiques DH ANRH Associations	1980	Statistiques DH Environnement	+ /-

* Aspect _ Catégorie PERI : Pression ; Etat ; Réponse ; Impact.

3 (+) : Excellent résultat ; 2 (+) : Bon résultat ; 1 (+) Résultat satisfaisant. 3 (-) Très mauvais résultat ; 2 (-) Mauvais résultat ; 1 (-) Résultat négatif significatif

+ /- : Résultat mitigé