

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun -Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



THESE de DOCTORAT en SCIENCES

Spécialité : Sciences de la Nature et de la Vie

Option : Sciences de l'Environnement et Ecologie

Présentée par

Bouacha Mohamed Islem

Thème :

**Application des SIG & de la télédétection à l'étude de la dynamique
de végétation des parcours steppiques algériens. Cas de la région de
TIARET.**

Soutenu le :26/01/2019 Devant le jury composé de :

M.Hellalbenchaabane.....Professeur, U. Ibn Khaldoun Tiaret.....*Président*

M. MaatougMhamed.....Professeur, U. Ibn Khaldoun Tiaret*Directeur de thèse*

Mme. SouidiZahira.....Professeur,C.U de Mascara.....*Examinatrice*

M. Hmimed Abderrahmane,.....MCA, ...C.U de Mascara.....*Examineur*

Année Universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENTS

L'aboutissement de notre travail est le fruit d'une longue persévérance. Nous avons pu le réaliser par la grâce de notre créateur, source de notre motivation et de notre patience. Certaines personnes ont contribué à la concrétisation de cette étude ; grâce à leurs conseils précieux, leurs soutiens et leurs encouragements. Nous leur témoignons de notre profonde gratitude.

Qu'il nous soit permis donc, de remercier chaleureusement :

Monsieur HELLAL BENCHAAABANE, professeur à l'université IBN KHALDOU de TIARET de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma thèse.

Monsieur MAATOUG MHAMED, qui a accepté de diriger ce travail, ses valeurs tant scientifiques, qu'humaines, ses conseils ainsi que ses encouragements nous ont inspiré et orienté lors de la réalisation de cette étude, nous lui sommes reconnaissant et lui exprimant nos remerciements les plus sincères.

Monsieur HMIMED ABDERRAHMANE, maître de conférences, et madame SOUIIDI ZAHIRA, professeur au centre universitaire de MASCARA.

Ce travail a été réalisé en partie en sein du laboratoire Image, ville environnement de la faculté de géographie de l'université de STRASBOURG :

Je tiens à remercier tout particulièrement monsieur SERRADJ ABDELAZIZ enseignant chercheur au sein de la faculté de géographie, ses encouragements, son expérience, ses conseils m'ont été de grandes utilités et m'ont permis de réaliser mes travaux de recherche.

Liste des abréviations.

ANAT : agence nationale de l'aménagement du territoire.

BNEDER : Bureau national des études et du développement rural.

COS : carte d'occupation des sols.

CFT : conservation des forêts de la willaya de TIARET.

CHIRPS : climate hazard group infraredprecipitationswith station data.

CNTS : Centre National des techniques spatiales **TM** : Thématique Mapper.

DGF : direction générale des Forêts.

ETM : EnhancedThématique Mapper.

HCDS : Haut-commissariat pour le développement durable

.INCT : Institut national de la cartographie et de la télédétection.

LANDSAT : land satellite survey.

NDWI : Indice d'humidité des sols.

PR : proche rouge.

PIR : Proche infrarouge

SNADDR : schéma national de l'aménagement et du développement rural.

SI : indice de salinité.

Liste des tableaux.

Tableau n°01 : dommage de la désertification sur le site et loin du site	24
Tableau n° 02 : situation bioclimatique de la région d'étude.....	43
Tableau n°03 : scènes Landsat utilisées et dates d'acquisition.....	49
Tableau n° 04 : valeur de la RMSE après correction géométrique.....	52
Tableau n°05 : valeurs de séparabilité des régions d'intérêt	58
Tableau n°06 : précipitation annuelle cumulée pour la période 1987-2016.....	91
Tableau n°07 : matrice de corrélation entre les classes de végétation et les classes d'occupation des sols.....	94
Tableau n°08 : variables biophysiques pour chaque classe de végétation.....	97
Tableau n°09 : résultat du test de permutation.....	97

Liste des figures.

Figure 01 : représentation schématique du processus de désertification dans le maghreb.....	07
Figure 02 : délimitation de la steppe algérienne.....	09
Figure 3 : carte nationale de sensibilité à la désertification	13
Figure 4 : carte de situation de la zone d'étude.....	31
Figure 5 : carte de situation géographique de la zone d'étude.....	32
Figure 6 : carte de l'occupation des sols de région de TIARET.....	34
Figure 7 : carte de lithologie de la région d'étude.....	36
Figure 8 : carte du réseau hydrographique de la région d'étude.....	37
Figure 9 : précipitation moyenne mensuelle pour la période allant de 1981 à 2016.....	39
Figure 10 : précipitations moyenne annuelle de la période allant de 1981 à 2016.....	40
Figure 11 : évolution de la température moyenne annuelle pour la période allant de 1981 à 2016.....	41
Figure 12 : température moyenne mensuelle pour la période allant de 1981 à 2016.....	41
Figure 13 : diagramme ombrothermique pour la période allant de 1981 à 2016	42
Figure 14 : climagramme d'emberger pour la période allant de 1981 à 2016.....	44
Figure 15 : carte de l'évolution démographique de la région de TIARET.....	45
Figure 16 : carte des agglomérations rurales de la région de TIARET.....	46
Figure 17 : situation de la zone d'étude par rapport aux scènes <i>landsat</i> utilisées.....	49
Figure 18 : profils spectraux des régions d'intérêt choisis.....	56
Figure 19 : profils spectraux de la végétation steppique.....	57
Figure 20 : Base de données géographiques générée pour l'identification de la dynamique ..	61
Figure 21 : organigramme de la méthodologie adoptée.....	62
Figure 22 carte d'occupation des sols de 1987.....	63
Figure 23 : répartition des superficies par classe d'occupation des sols pour l'année 1987....	64
Figure 24 : carte d'occupation des sols de l'année 1995.....	65
Figure 25 : répartition des superficies par classe d'occupation des sols pour l'année 1995....	66

Figure 26 : carte d'occupation des sols pour l'année 1999	67
Figure 27 : répartition des superficies des classes d'occupation des sols de l'année 1999.....	68
Figure 28 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2003 ..	69
Figure 29 : carte d'occupation des sols de l'année 2003.....	70
Figure 30 : carte d'occupation des sols de l'année 2007.....	71
Figure 31 : : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2007.	72
Figure 32 : carte d'occupation des sols de l'année 2011.....	73
Figure 33 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2011. .	74
Figure 34 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2016. .	75
Figure 35 : carte d'occupation des sols pour l'année 2016	76
Figure 36 : indice de salinité SI de la région d'étude pour l'année 1987.....	77
Figure 37 : Carte de l'indice de salinité SI pour l'année 1995.....	78
Figure 38 : Carte de l'indice de salinité pour l'année 1999	79
Figure 39 : carte de l'indice de salinité SI calculé pour l'année 2003.	80
Figure 40 carte de l'indice de salinité de l'année 2007.....	81
Figure 41 : carte de l'indice de salinité SI pour l'année 2011.....	82
Figure 42 : carte de l'indice de salinité SI pour l'année 2016.....	83
Figure 43 : carte de l'indice d'humidité NDWI pour l'année 1987... ..	84
Figure 44 : carte de l'indice NDWI pour l'année 1995.....	85
Figure 45 : carte de l'indice d'humidité NDWI pour l'année 1999	86
Figure 46 : carte de l'indice NDWI de l'année 2003	87
Figure 47 : carte de l'indice NDWI pour l'année 2007.....	88
Figure 48 : Carte de l'indice NDWI pour l'année 2011	89
Figure 49 : Carte de l'indice NDWI pour l'année 2016.....	90
Figure 50 : évolution des superficies des classes d'occupation des sols entre 1987 et 2016... ..	92
Figure 51 : analyse canonique des correspondances reliant les classes de végétation et les paramètres de salinité, humidité des sols et précipitations cumulées	98

Table de Matière

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

1^{ère} partie : Partie bibliographique

Chapitre I. Présentation de La steppe Algérienne

1.1- Présentation de la steppe	6
1.2- Classification des steppes	8
1.2.1-les steppes à alfa	8
1.2.2-les steppes à chamaephytes	8
1.2.3-les steppes à graminées	8
1.2.4-les steppes crassulescentes	8
1.2.5-les steppes arbustives	9
1.3- Présentation de la steppe algérienne	9
1.3.1- Caractéristiques écologiques	10
1.3.2- Problématique de la steppe algérienne	11
1.3.3- Les différents types d'études menées sur la steppe algérienne	11

Chapitre II. Problématiques des parcours steppiques Algériennes

2.1. Définition de la désertification	14
2.2. Causes de la désertification	16
2.2.1. Activités humaines	17
2.2.2. Le surpâturage	18
2.2.3- Causes liées à l'environnement aride	19
2.3. Les conséquences de la désertification	20
2.3.1. Dégradation de la végétation naturelle.....	20
2.3.2- Activation de l'érosion hydrique et éolienne	21
2.3.3. Engorgement et salinisation des sols.....	22
2.3.4. Abaissement du niveau des nappes souterraines.....	22
2.3.5. Baisse de la productivité des terres.....	22
2.3.6. Raréfaction et extinction d'espèces végétales et animales (diminution de la biodiversité).....	23

2.3.7. Conséquences de la désertification sur le site et loin du site	23
---	----

Chapitre III. Les SIG et Télédétection

Introduction	25
3.1. Définition des systèmes d'information géographique	25
3.2. Définition de la télédétection	26
3.3. Principe de la télédétection	26
3.3.1. La photo-interprétation	26
3.2.2 - L'imagerie satellitaire	27
3.3. Les différentes études sur la dégradation des écosystèmes des milieux arides	28
3.4. Critères de choix des images satellitaires	30

2^{ème} partie : Partie expérimentale

Chapitre IV. Présentation de la Zone d'étude

1.Contexte générale	31
2.Description du milieu physique	33
2.1 occupations des sols	33
2.2 le couvert végétale	34
2.3 Lithologie de la zone d'étude	35
2.4 hydrographie et ressources hydriques	36
3.Analyse climatique	37
3.1 les précipitations	38
3.1.1 régime mensuel des précipitations	39
3.2.2 Irrégularité des pluies	39
3.2.3 La température	40
3.2.4 température moyenne annuelle	40
3.2.5 moyenne des températures minimales et maximales	41
3.2.6 Evolution précipitation-température	42
3.2.7 Coefficient pluviométrique d'emberger	43
4.Analyse socio-économique	44

Chapitre V : méthodologie de travail

1.Traitement numériques et analyse des données	47
1.1 Données numériques utilisées	47
1.2 Critique de l'utilisation des données <i>Landsat</i> pour l'analyse de la dynamique ...	48

2. Traitement numérique des images	50
2.1 Traitement des images	50
2.2 La correction géométrique	51
2.2.1 Identification ou choix de l'image référence	51
2.2.2 Localisation des points d'amers	51
2.3 Conversion des comptes numériques en valeurs de réflectance	52
2.4 Analyse des images	52
3. Classification des images et cartographie de l'occupation des sols	52
3.1 Choix des classes et échantillonnage sur image	53
3.1.1 Problématique de l'utilisation des images <i>landsat</i> dans l'identification de formations végétales	53
3.2 Identification des parcelles d'entraînements	55
3.2.1 Représentativité des échantillons	56
3.2.2 Séparabilité interclasses	57
3.3.3 Classification des images	58
4. Caractérisation du milieu physique	59
4.1 Calcul des indices	60
4.2 Création d'une base de données géographique	61
Chapitre VI : Résultats & discussions	
1. Carte d'occupation des sols	63
1.1 Carte d'occupation des sols de l'année 1987	63
1.2 Carte d'occupation des sols pour l'année 1995	65
1.3 Carte d'occupation des sols pour l'année 1999	67
1.4 Carte d'occupation des sols pour l'année 2003	69
1.5 Carte d'occupation des sols pour l'année 2007	71
1.6 Carte d'occupation des sols pour l'année 2011	73
1.7 Carte d'occupation des sols pour l'année 2016	74
2.1 Indice de salinité SI	76
2.2 L'indice d'humidité NDWI	83
2.3 Précipitation cumulée	91
3. Détection des changements et dynamique de la végétation steppique.....	91
4. Dynamique de la végétation steppique	95
4.1 Evolution progressive	95

4.2 Evolution régressive	95
5.Interactions végétation-milieu physique	96
Conclusion générale	
Conclusion.....	100
Références bibliographiques.....	

Introduction
Générale

Contexte général :

Il est évident qu'aujourd'hui, les défis du 21^{ème} siècle sont ceux relatifs à la préservation de l'acquis environnementale, en effet le milieu naturel est confronté à de graves problèmes de dégradation, celle-ci dans la plupart du temps ; ce manifestant par des processus irréversibles portant d'énormes préjudices à la nature, mais aussi menaçant la survie humaine chaque jour un peu plus. Le danger est éminent et croissant, Désormais l'homme se trouve confronté à un éternel problème qui perdure depuis des décennies : protéger la nature et par là préserver la terre qu'est son habitat naturel.

Ainsi, la dégradation des écosystèmes et de l'environnement se manifeste sous diverses formes, aujourd'hui les défis sont multiples : pollution, réchauffement climatique, catastrophes naturelles, désertification et sécheresse pour ne citer que cela, sont une fraction émergente d'une série de détériorations qui affectent de manière dévastatrice les écosystèmes. il en résulte de celle-ci d'autres problèmes et conséquences directe sur l'homme : famine , maladie incurable , immigration , pauvreté et guerres civils.

Les problématiques liées à l'environnement sont d'autant plus sévères qu'elles menacent les écosystèmes à l'échelle mondiale, mais au-delà ; représentent un danger sur la pérennité des ressources naturelles.

L'Algérie, à travers l'étendue de son territoire dispose d'une biodiversité écosystémique conséquente, que rare sont les pays de ce rang à en disposer. Ce constat inspire diverses interrogations quant à la politique algérienne en matière de préservation et de gestion durable des ressources naturelles, d'autant plus ; que même si celles-ci sont des plus importantes, il n'en demeure moindre que la démarche adoptée par les instances concernées ne puisse être suffisante, pour adhérer à une optique de préservation de cet acquis de la nature.

En passant de l'écosystème côtier au steppique, les menaces sont de plus en plus croissantes. La steppe algérienne qui couvre plus de 20 millions d'hectares est le théâtre de divers processus de dégradation, ces régions arides et semi-arides semblent être confrontés à de réels problématiques, qui laissent présager une perte des ressources biologiques locale dans une échelle de temps réduite. (Nedjraoui et Bedrani, 2008). Les causes immédiates sont nettement identifiées : il s'agit du surpâturage, de la mise en culture inappropriée et des prélèvements excessifs. Cet écosystème est de plus en plus fragilisé par l'accroissement de la pression humaine. Les causes fondamentales restent d'abord la croissance démographique, la pauvreté et la crise économique ; ainsi que le cadre institutionnel et le choix de développement. On comprend donc qu'un ensemble de facteurs agissent de manière combinée

à différentes échelles spatiales et temporelles. Cette analyse implique que les actions de lutte doivent nécessairement s'appuyer sur un diagnostic fiable de l'état de l'environnement local, en intégrant l'identification des responsabilités et des intérêts respectifs de tous les acteurs agissants.

Les études sur le changement dans l'occupation et l'utilisation du sol, ainsi que la dynamique de végétations ; sont d'une grande importance car ils permettent de connaître les tendances actuelles dans les processus évolutifs des parcours steppiques, ainsi que l'identification des facteurs influençant cette dynamique (Lambin et al., 2001).

L'occupation des terres est une variable fondamentale pour la planification régionale ainsi que pour l'étude et la compréhension de l'environnement (Foody, 2002). Cette thématique est devenue incontournable dans la plupart des inventaires cartographiques et de suivi des phénomènes environnementaux (Ouattara et al., 2006).

L'occupation du sol désigne les aspects physiques, matériels du territoire, en fait ; ceux qui sont l'objet des sciences de la nature. Cette occupation est observable soit de manière directe, lorsque les surfaces considérées sont suffisamment grandes par rapport au moyen d'observation, soit de manière indirecte, comme par exemple les structures géologiques. L'utilisation du sol quant à elle désigne la façon dont l'espace est utilisé par l'homme (Hy Dao, 2004 In Bocar Diallo, 2005).

La cartographie et le suivi de l'extension spatiale de la végétation constituent une des bases de la connaissance de l'évolution des écosystèmes terrestres. Elle est indispensable à l'établissement de plans de gestion, de protection, conservation ainsi que restauration et de l'utilisation durable des ressources naturelles en zones arides et semi-arides.

Cette étude vise à mettre en évidence l'importance des changements d'occupation de sol dans la région steppique située dans la wilaya de Tiaret ; en utilisant les possibilités offertes par les systèmes d'informations géographiques (SIG). Pour la compréhension de la dynamique de la végétation à travers le changement d'occupation des sols.

Problématique abordée :

La thématique abordée est d'un intérêt capital pour deux raisons fondamentales :

-La première raison est que l'occupation des terres a été rarement abordée pour des analyses de dynamique, c'est-à-dire l'étude de son évolution dans le temps et dans l'espace. Or la compréhension de cette dynamique est un aspect primordial pour la prise de décision en matière d'aménagement du territoire par les autorités administratives centrales et locales.

-La deuxième raison est l'intérêt socio-économique ; la présente étude permettra de proposer des solutions et des recommandations pour une meilleure prise de décisions pour l'occupation des terres ; ainsi pour élaborer une stratégie locale adéquate pour la lutte contre la désertification dans une perspective de développement durable.

L'objectif général de cette étude est de déterminer les changements intervenus dans l'évolution spatio- temporelle de l'écosystème steppique dans la région de TIARET à travers la caractérisation de la végétation steppique, en tant qu'indicateur biologique.

-Etudier les différentes situations intervenues durant la période allant de 1987-2016.

-Évaluer et analyser les causes des changements.

De plus, la recherche bibliographique entrepris dans le cadre des études des changements paysagers, occupation des sols et désertification des parcours steppiques, a permis de desceller des zones d'ombres par rapport aux méthodologies adoptées. La télédétection représente aujourd'hui une alternative et un outil d'investigation puissant. L'utilisation de l'imagerie satellitaire permet d'établir des diagnostics à travers la réalisation de spatio-cartes à de grandes échelles et à différentes dates. Elle permet aussi de comprendre la chronologie des évènements intervenus.

Cependant, les travaux de recherches menés sur l'écosystème steppique en Algérie et dans les pays du Maghreb, font état d'une méthodologie limitée et élémentaire : la plupart des travaux entamés évoque des analyses diachroniques entre deux images et les conclusions tirées ne permettent pas une identification claire de l'évolution de l'écosystème steppique.

Durant cette recherche, nous avons essayé de mettre en place une méthodologie de travail faisant appel aux outils de la télédétection, une analyse basée sur l'utilisation d'un maximum d'imagerie satellitaire couvrant la période allant de 1987 à 2016 est mise en place. Il s'agit en

effet de lever le doute sur les analyses diachroniques et d'avoir une pertinence de résultat qui permet d'identifier les différentes phases évolutives de la région d'étude.

Choix de la région d'étude :

La wilaya de TIARET se positionne aujourd'hui comme un pôle économique régional prometteur, en effet située dans la région Centre-Ouest du pays, et d'une superficie de 2millions d'hectares la géographie de la région de TIARET offre une diversité paysagère importante.

Région a vocation agro sylvo pastoral, la wilaya de TIARET est connue pour être une contrée agricole par excellence (céréaliculture, production de viande ...). Les parcours steppiques au niveau de la wilaya de TIARET occupe une superficie de près d'un million d'hectares (CFT,2018), soit la moitié de sa superficie. Les zones de parcours se situe dans la partie Nord de la steppe Algérienne, ce sont des steppes supérieures de graminées, l'alfa (*StipaTenascicima*) forme les principales formations végétales steppiques.

Le choix de la région de TIARET dans le cadre de cette étude s'impose pour diverses considérations :

- L'absence de tout travaux d'analyse de l'occupation des sols et de dynamique de végétation dans la région, d'où une méconnaissance de l'état écologique des parcours steppiques dans la partie Nord de la steppe Algérienne.
- Région pastorale ayant connue une forte croissance démographique, pouvant permettre l'appréciation de la résilience de la végétation steppiques à la surexploitation, particulièrement au défrichement des terres et au surpâturage.
- Permettre la continuité de la recherche entamée antérieurement (Bouacha ,2013) et apporter les réponses aux conclusions quant à la pertinence des résultats relatifs aux changements intervenus.

Durant ce travail, nous avons organisés notre recherche en deux parties distinctes :

1^{ère} partie :

- Une partie bibliographique ou un aperçu sur les caractéristiques écologiques des parcours steppiques est présenté.

- Une description de la problématique environnementale des parcours steppiques en Algérie
- Les outils d'investigations et d'étude offerts par la télédétection et susceptible d'être envisagé dans le cadre de pareille recherche.

2^{ème} partie :

- Une deuxième partie correspondant à la présentation de la région d'étude au niveau de la wilaya de TIARET, ou une description détaillée des caractéristiques écologiques est illustrée.
- La démarche méthodologique adoptée pour répondre aux interrogations de la thématique.
- Une présentation des résultats obtenus à travers l'illustration de documents cartographique.

1. Présentation de la steppe

Le terme steppe évoque de vastes étendues à relief peu accusé, couvertes d'une végétation pérenne et clairsemée. (Le Houerou, 1995). Selon ce même auteur, c'est une formation végétale primaire ou secondaire basse et ouverte dans sa physionomie typique ; et inféodée aux étages bioclimatiques et désertiques dont elle est l'expression naturelle.

Ozenda (1991), définit et présente la steppe comme étant des formations végétales de graminées, se développant sous un climat continental caractérisé par une période de forte chaleur et sécheresse, et une période de froid rigoureux, ce qui sous entend une faible densité du couvert végétal, mais aussi l'existence et l'alternance de deux périodes critiques, à savoir celle due à la sécheresse et celle due au froid de l'hiver.

La steppe aride est un milieu qui par définition, n'offre que des conditions extrêmes pour l'établissement et le maintien d'une végétation ; qui joue un rôle fondamental dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème dont elle constitue une expression de potentiel biologique. Il existe plusieurs associations liées à des conditions d'aridité ou de nature du sol bien particulière (Aidoud, 1996).

Selon le Houerou (1968), en région méditerranéenne ; la végétation steppique se développe à partir d'une végétation forestière, par dégradation, il s'agit-là donc d'une évolution régressive de la forêt.

L'évolution régressive traduit une dégradation, quand un phénomène naturel ou anthropique intervient pour reconduire une végétation vers des stades antérieurs, la dégradation anthropique d'un sol peut être un facteur grave d'évolution régressive et le processus peut être irréversible (Saidi, 1998).

C'est ainsi que pour les forêts d'Afrique du Nord, la végétation de collines et des hautes plaines a subi une série d'évolutions régressives , depuis le commencement des temps historiques, en partant de forêts composées de *pinus* , *juniperus* , *tetraclinis* , en passant par la garrigue ou dominant *Romarinus officinalis* et *Stipa tenacissima* ;pour arriver à des steppes arides ou diverses espèces d'*Artemisia* jouent un rôle prépondérant (Le Houerou , 1968) , cependant faut-il se demander si le phénomène de désertification n'est pas l'aboutissement

final de cette évolution régressive ?. C'est ce que Quezel (2000) affirme à travers sa présentation du processus de désertification au Maghreb par le présent schéma (figure 01), et selon qui la désertification n'est que le résultat final d'une dynamique de végétation méditerranéenne, vers un sens régressif dont l'état final n'est autre qu'une forme dégradation irréversible.

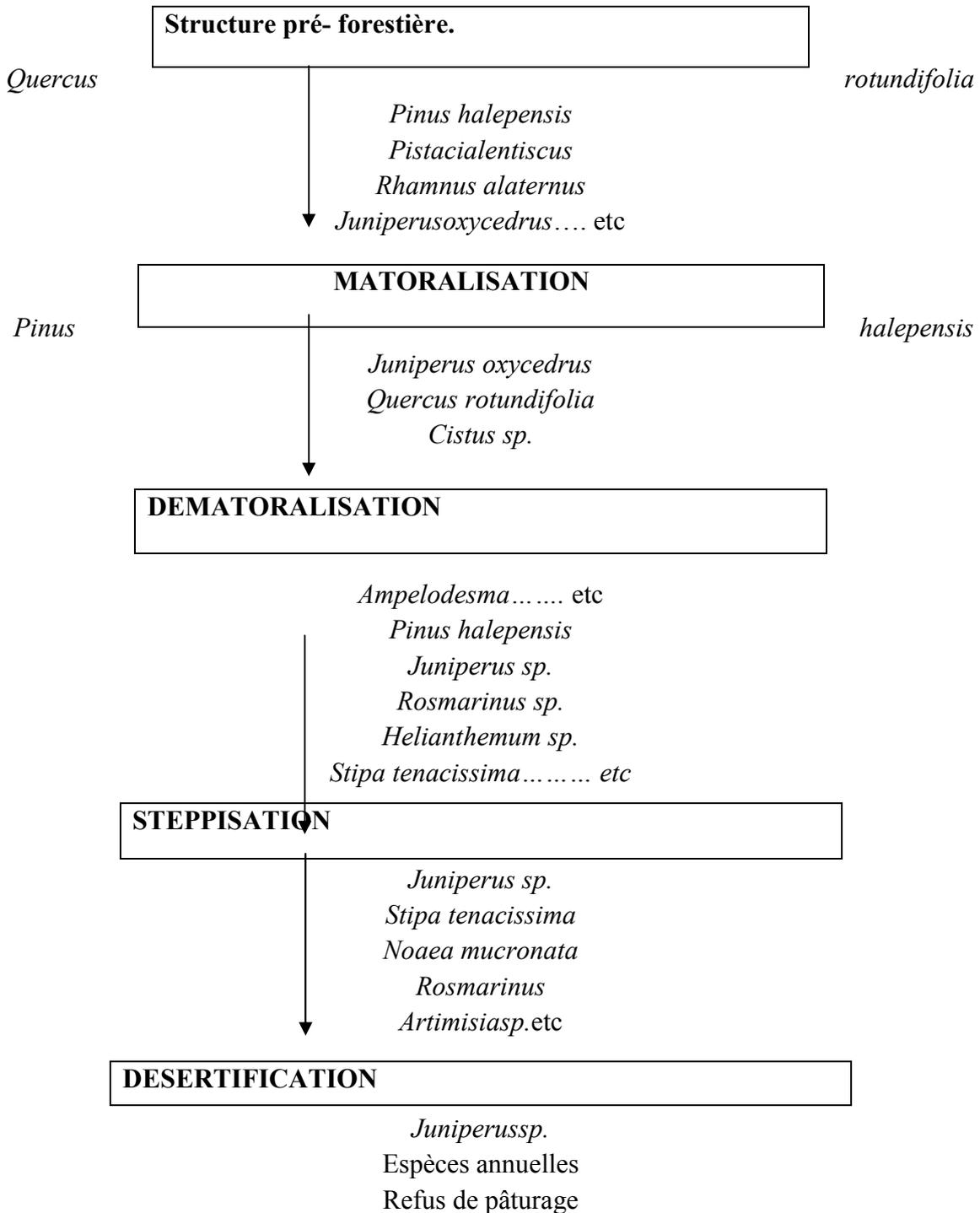


Figure n° 01 : Représentation schématique des processus de désertification au Maghreb (Quezel, 2000)

2. Classification des steppes

La steppe de l'Afrique du Nord, et en dépit d'une physionomie d'ensemble à de nombreux égards, elle se subdivise en fonction de l'aridité, celle-ci se reflète, bien entendu, dans la composition et la structure de peuplements végétaux et animaux (Le Houerou, 1995).

Aussi, la physionomie et la structure de la végétation servent de base à la définition des principaux types de formations végétales ; pour ce qui est de l'Afrique du Nord (Le Houerou, 1968). Les principales formations steppiques connues de l'Afrique du Nord sont :

2.1 Les steppes à alfa

L'alfa (*Stipa tenacissima* L.) est incontestablement une espèce ayant un double rôle que ce soit sur le plan écologique, en contribuant à la fixation du sol et à sa protection contre l'érosion (hydrique et éolienne), mais est d'un intérêt économique aussi (industrie du papier), elle sert aussi de fourrage aux cheptel par période de disette, les steppes d'alfa couvrait une surface de plus de 8 millions d'hectares au début de 20^{ème} siècle, aujourd'hui le taux a nettement régresser et diminuer pour diverses causes : surpâturage, désertification ...etc (Nahal, 2004).

2.2 Les steppes à *chamaephytes*

Ce sont des formations présentant une grande diversité, avec entre autres :

- Les steppes d'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*).
- les steppes à *Helianthemum hirtum* spp *vuficonum*.
- Les steppes à *Arthrophytum scoparium*.
- Les steppes dégradées à *Noaea mucronata*etc

2.3 Les steppes à graminées

Sont des steppes moins diversifiées (steppe à DRINN *Aristida pungens* et steppes à sparte *Lygeum spartum*.)

2.4 Les steppes crassulescentes :

Sont constituées majoritairement d'une végétation halophile, liée à des sols salins , de texture, de salinité et d'alcalinité variable, en fonction du degré de salinité croissant , on voit apparaître des espèces ou groupements végétaux telle que : *Atriplex halimus* , *Salsola tetendra*, *Suada vermicula* ... etc(kebir, 2007).

2.5 Les steppes arbustives :

Comportant une strate arbustive, des espèces telle que *Retama retam* , *Zizyphus lotus*; *Tamarix gallica*...etc

3. Présentation de la steppe algérienne

En Algérie, la steppe constitue une étendue immense, située entre l'atlas tellien au nord et l'atlas saharien au sud (figure02), formant un ruban de 1000 km de long, sur une largeur de 300 km à l'Ouest et au centre, réduite à moins de 150 km à l'Est les limites de la steppe sont les isohyètes 400 mm au Nord et 100 mm au sud. Elle couvre une surface de 20 millions d'hectares (Halem, 1997).

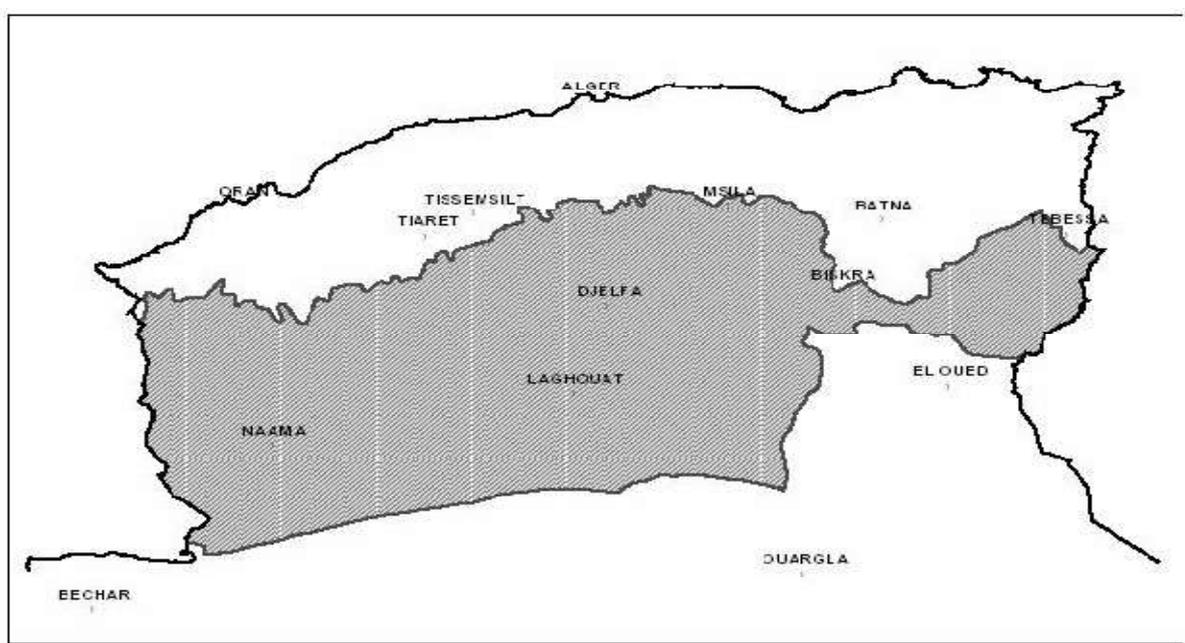


Figure n° 02: délimitation de la steppe algérienne (Nedjraoui , 2003)

La steppe algérienne parcourt un territoire de douze wilayas, à savoir : Biskra ,Khenchela, El bayadh , Naama , Tiaret , Djelfa, Tebessa , Laghouat , M'sila , Saida , Batna et Souk ahras . Cette zone de notre pays et elle-même subdivisée en sous zone :

- a- La steppe nord : dite steppe supérieure à l'influence tellienne situé entre les isohyètes 300mm et 400 mm, elle constitue la sous zone qui est riche en biomasse végétale.
- b- La steppe sud : dite steppe chaude à influence saharienne, située entre les isohyètes 300 mm et 200 mm
- c- La steppe présaharienne : située au sud de l'atlas saharien entre les isohyètes 100 mm et 200 mm. Elle est caractérisée par un climat aride.

3.1Caractéristiques écologiques

D'un point de vue écologique, la steppe algérienne présente un intérêt important, en effet celle-ci fait figure de zone tampon entre le nord à travers ses plaines, hauts plateaux et cotes et le sud saharien, tout en limitant l'effet de ce dernier sur les régions nord de l'Algérie.

Selon [Khebibeche et Belhabib \(1998\)](#), Le climat de la steppe fait partie des régions méditerranéennes arides et semi-arides, et est marqué par :

- Une pluviométrie très irrégulière, généralement les pluies se présentant sous forme d'averses à différentes fréquences, la pluviosité moyenne annuelle est relativement faible, elle se situe généralement entre 250-300 mm/an.
- Des températures variables avoisinant les 40 °C en été et un hiver très rigoureux. L'amplitude des températures moyennes est supérieure à 20 °C.

Le réseau hydrographique du milieu steppique est fortement conditionné, à la fois par les variations de températures mais aussi des précipitations ; ainsi que le relief des régions steppiques, les oueds sont irréguliers ; secs en été des crues violentes surviennent souvent au début et à la fin de l'hivers, le plus souvent l'eau des oueds finis en se perdant dans de grandes dépressions qu'on appelle « les chotts » (Halem, 1997). Cependant les faibles ressources hydrographiques sont anarchiquement exploitées, les points d'eau sont au nombre de 6500 dont plus de 50% ne sont plus fonctionnels (Nedjraoui et Bedrani, 2008).

Sur le plan pédologique, les sols steppiques présentent deux grandes caractéristiques (Halem, 1997) :

- Une structure fragile : il y'a prédominance des sols minces à texture relativement fine, une forte présence d'accumulation calcaire, et une faible teneur en matière organique rendant la fertilité du sol relativement faible, ainsi qu'un degré de sensibilité important aux diverses formes d'érosion et de dégradation.

- L'existence de bons sols à de surfaces limitées, et dans de localisations précises le plus souvent sur les bords des lits d'oueds.

Sur le plan humain, la croissance démographique des zones steppiques est plus forte que celle enregistrée dans le reste du pays. Cette croissance a concerné aussi bien la population agglomérée que la population éparse. Cependant on note une importante régression du nomadisme ; qui ne subsiste que de façon marginale, les déplacements de grandes amplitudes ne concernant plus qu'environ 5% de la population steppique. Les pasteurs ont modifié leur système de production, en associant quasi systématiquement culture céréalière et élevage (Boukhobza, 1982 ; Khaldoun, 1995 ; Bedrani, 1996, 2001).

L'équilibre social et biologique s'est trouvé fortement perturbé par l'intensification des besoins, engendrés par la croissance démographique ; qui n'a pas été accompagnée par une création d'emplois suffisamment conséquente, pour absorber la main-d'œuvre excédentaire par rapport aux besoins d'une exploitation raisonnable des parcours naturels (Bédrani, 1998).

3.2 Problématique de la steppe algérienne

La steppe algérienne et à l'instar des zones arides et semi arides dans le monde, connaît-elle aussi un problème de désertification, néanmoins ; elle reste relativement différente et ce en raison d'un certain nombre de paramètres qui font qu'elle soit aujourd'hui, l'une des zones les plus menacées. En effet la steppe algérienne est victime en premier lieu de sa proximité vis à vis du grand Sahara , celui-ci et à travers ces conditions climatiques provoque une grande pression par rapport à la steppe ; notamment du point de vue ensablement, du moment que d'importantes quantités de sable et particules de sols fines sont emportées par les vents violents, et déposées au niveau de la zone tampon qu'est la steppe ; pour y former d'éventuelles dunes de sables ,mais aussi à travers cela contribuer à la désertification de cette écosystème.

L'action anthropique reste quant à elle, la partie la plus importante dans ce procédé de désertification de la steppe algérienne, en effet les causes retenues pour expliquer la désertification en terrains steppiques sont toutes dues à l'activité humaine, à savoir surpâturage, défrichement des terres, éradication des espèces ligneuses, surexploitation des ressources hydriquesetc.

Aussi , les menaces persistantes, de dégradation de la steppe algérienne , le risque de voir un jour l'étendu steppique en Algérie disparaître , ont fait de celle-ci un laboratoire de recherche à ciel ouvert pour essayer de déterminer les causes exactes , d'établir des diagnostic mais

aussi par la et c'est ce qui paraît important, essayer de trouver des solutions sur le long et le moyen terme ; à fin d'apporter des réponses à la problématique : comment faire face à la dégradation, et comment protéger la steppe algérienne contre ?.

4. Les différents types d'études menées sur la steppe algérienne

L'évaluation et la surveillance des parcours steppiques se font par des mesures malheureusement irrégulières, peu systématiques et surtout, non coordonnées sur l'ensemble du territoire steppique. (Seul le Sud Oranais a fait l'objet d'un suivi régulier) - quantitatives et qualitatives de la végétation ; et des caractères du milieu par l'analyse des différents paramètres socioéconomiques qui influent sur la dynamique de ces systèmes.(Nedjraoui,2008). Le fonctionnement des écosystèmes détermine l'état et le niveau de production des ressources. Le fonctionnement des systèmes socio-économiques détermine l'impact des usages et des pratiques sur ces ressources. (Bedrani ; Nedjraoui,2008).

Ce suivi à long terme dans ces régions qui a débuté dès les années 1970, et se poursuit encore aujourd'hui (CRBT, 1978 ; URBT, 1994 ; Programme ROSELT/OSS/Algérie, 2001-2005) dans des stations installées dans différentes zones steppiques, a permis d'évaluer et de cartographier leur potentialité, de quantifier l'intensité de leur dégradation et d'identifier les facteurs qui en sont responsables.

Une étude récente portant sur la réalisation de la carte nationale de sensibilité à la désertification, par l'utilisation des données satellitaires et les systèmes d'informations géographiques a été élaborée par le Centre des Techniques Spatiales d'Arzew (CTS/ASAL), en partenariat avec la Direction Générale des Forêts. La zone d'étude s'étalant sur 27 millions 435 mille hectares a concerné les douze (12) wilayas steppiques suivantes : Naama, Tlemcen, El Bayadh, Saida, Tiaret, Laghouat, Djelfa, M'sila, Batna, Biskra, Khenchela, Tébessa.

L'étude s'est concrétisée par une cartographie au 1/200.000ème sur l'ensemble des 12 wilayas steppiques, selon le niveau de sensibilité à la désertification.(**Figure 03**). Elle constitue un outil d'aide à la décision pour la mise en œuvre d'un plan d'action de lutte contre la désertification pour le programme quinquennal 2010 – 2014.

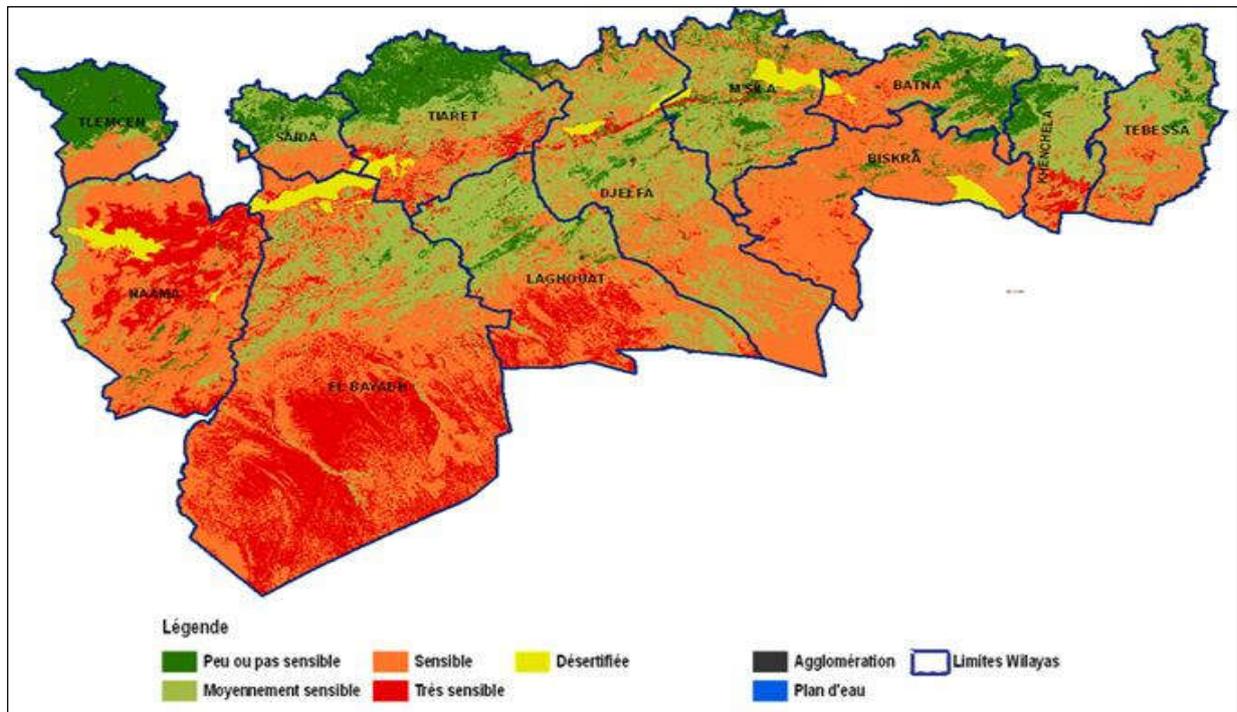


Figure n°03 : Carte nationale de sensibilité à la désertification (CNTS; 2010)

Chapitre II

Problématique des

parcours steppiques

Algériens.

L'écosystème steppique algérien se trouve confronté aujourd'hui à de graves problématiques de dégradation, divers travaux furent réalisés pour pouvoir qualifier la nature des altérations que subie la steppe algérienne, la majeure partie portant sur la désertification.

1. Définition de la désertification

Le phénomène de la désertification a fait l'objet de plus de 130 définitions (Maignuet, 1990). Par rapport à la littérature internationale, c'est Lavauden (1927) qui a été le premier à donner à la désertification un sens scientifique, pour décrire la dégradation du couvert végétal au sud tunisien « *c'est que dans toute la zone dont nous venons de parler, la désertification, si j'ose dire, est purement artificielle. Elle est uniquement le fait de L'homme. Elle est d'ailleurs relativement récente et pourrait être combattue et enrayerée.* ». Le terme désertification a été utilisé par Aubreville (1949) pour décrire la dynamique de changement du couvert végétal ;(*ce sont des vrais déserts qui naissent sous nos yeux, dans des pays où il tombe annuellement de 700 à plus de 1500 mm de pluie*). Le Houérou (1993) définit la désertification comme étant un ensemble d'actions qui se traduisent par une réduction plus ou moins irréversible du couvert végétal, aboutissant à l'extension de paysages désertiques nouveaux à des zones qui n'en présentaient pas les caractéristiques. Pour les organismes internationaux et intergouvernementaux, plusieurs définitions ont été approuvées.

Pour décrire les phénomènes de dégradation des écosystèmes, qui se manifestent par la pénétration de conditions analogues à celle des déserts, aboutissant à une diminution notable de leurs productivités biologiques, plusieurs termes ont été utilisés : *désertisation, désertification, extension des déserts, avancement des déserts.*

Le terme désertisation était préféré par les écologues francophones, (LeHouérou, 1973) alors que le terme désertification était utilisé plutôt par les écologues anglophones.

Mais la conférence des nations unies sur la désertification ; qui a eu lieu à Nairobi (Kenya) adopta le terme désertification dans le terme a été généralisé depuis, et a été traduit dans toute les langues.

Le terme extension des déserts ne peut non plus être accepté, pour décrire ces phénomènes de dégradation poussée des écosystèmes ; car il reflète plutôt le résultat de cette dégradation, quia abouti à l'extension des conditions désertiques. En outre ce ne sont pas les déserts qui s'étendent sur les zones limitrophes, mais plutôt les zones arides et semi- arides, parfois même subhumide qui les entourent qui s'altèrent et s'aridifient de plus en plus pour être confondu d'un point de vue potentiel avec les déserts, par conséquent ce ne sont pas de vrai désert, mais des zones désertifiées ou de faux déserts (Nahal, 2004).

Le terme avancement des déserts ne peut non plus être retenu, car le désert proprement dit n'est pas à l'origine de ces dégradations. Excepté les vents chauds, le désert ne fournit aucune contribution essentielle au déclenchement de ce processus. En effet, la désertification commence en général pendant les périodes sèches, dans les régions ou des terres naturellement vulnérables font l'objet d'une exploitation non planifiée, mauvaise et intense, surpassant leur potentialité écologique (Nahal, 2004).

La désertification a connu de nombreuses définitions qui ont fait l'objet de controverses intellectuelles, Au-delà des compromis politiques, une définition consensuelle du processus a été proposée par la Convention sur la lutte contre la désertification : « la désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ». La désertification concerne donc un processus de dégradation des terres lié à des facteurs naturels exacerbés par l'action de l'homme. La manifestation apparente du phénomène se traduit par une diminution de la couverture végétale, et des potentialités des systèmes écologiques, ainsi que par une détérioration des sols et des ressources hydriques.

Pour mettre en lumière l'importance des variations climatiques et les longues périodes de sécheresse qui sévissent dans les zones affectées par la désertification, la définition suivante a été acceptée sur le plan international pour la désertification, lors de la Conférence Internationale sur l'Environnement et le Développement en 1992 (chapitre 12 de l'Agenda 21):

La désertification est la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches due à des facteurs divers parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines.

La désertification doit être vue comme un processus qui est une expression intégrée de l'évolution socio-économique, et des processus naturels ou causés par l'Homme ; qui détruit les équilibres entre ressources naturelles (sol, air, eau et leur expression intégrée : la végétation) et demandes humaines, dans les zones qui subissent une aridité édaphique et/ ou climatique par l'exploitation irraisonnée de ces ressources ; La désertification est le problème environnemental le plus sérieux qui touche aujourd'hui la terre.

L'enjeu qu'est la désertification, aujourd'hui nous mène à chercher les causes favorisant le déroulement de ce processus, ou forme d'évolution régressive, ou dégradation ; en effet on peut se demander, à juste titre, si la désertification qu'on observe au Proche-Orient et en Afrique du Nord, au Sahel et dans d'autres régions du monde n'est pas le résultat d'une lente évolution du climat général, dans les zones touchées par la désertification, vers un régime plus aride (Nahal,2004).

En effet, la réponse à cette question est capitale aussi bien pour les écologues, les décideurs que pour les spécialistes responsables de l'aménagement du territoire. Car, si la désertification est due à des changements dans le climat général, qui tend lentement vers une aridité croissante, l'homme devra subir ces changements climatiques et les accepter ; ou de se chercher la problématique réelle ailleurs, car ils sont dus à des causes cosmiques. Dans ces conditions, il devra s'y adapter dans l'exploitation des ressources du milieu, et en particulier dans l'utilisation du sol, de l'eau et de la végétation. Mais si la désertification est due, par contre, à une exploitation irrationnelle des ressources du milieu, l'homme devra se convaincre d'exploiter ces ressources avec modération, en tenant compte de la nécessité d'adopter un aménagement sain et équilibré, en parfaite harmonie avec les caractéristiques potentielles de l'environnement semi-aride et aride.

2. Causes de la désertification

Les causes de la désertification sont nombreuses. La cause naturelle principale est bien connue : la sécheresse. Les causes anthropiques (démographie, surpâturages, défrichement des

parcours et leurs causes,) le sont moins. En particulier, les causes qui relèvent des effets des politiques économiques d'ensemble (politiques monétaires, sociales, du commerce extérieur, politique des investissements publics et privés,) sont peu abordées (Bédrani, 1997).

2.1. Activités humaines

Les auteurs modernes sont tous d'accord pour imputer la désertification à une surexploitation des écosystèmes par la déforestation, le surpâturage dans les terrains de parcours, la mauvaise exploitation des terres agricoles, en particulier sur les sols de pente, une mauvaise irrigation des terres arides ...Etc.

Hitti (1951), impute le déclin de la productivité des terres, la dégradation extrême des paysages ainsi que la dépopulation dans la zone intérieure de la Syrie à des causes relevant de la mauvaise exploitation des sols, au déboisement, au surpâturage et de la destruction des canaux d'irrigation en Mésopotamie. D'après le Houerou (1959), c'est l'homme qui a créé le désert dans le cas de la Tunisie méridionale, le climat n'étant qu'une coïncidence favorable. La désertification est une cause directe de la forte poussée démographique, par conséquent, une forte pression anthropique, ce qui entraîne : un surpâturage généralisé, le défrichement des pâturages naturels pour la production de céréales et une surexploitation des sols sablonneux, la destruction de la strate végétale ligneuse pour le chauffage et une extension de la culture mécanisée.

Les aspects de la désertification dans la région du proche orient arabe ont montrés que ce phénomène est due essentiellement aux causes suivantes : surexploitation des forêts, surpâturage, mise en culture des zones steppiques en milieux semi-aride, mauvaise irrigation des terres, labours des terrains de pente dans la direction de plus grande pente ...etc. (Nahal,2004).

Sheridan (1981), dans son livre « *desertification of the united state* »,admet que les principales causes de la désertification dans l'Ouest aride des états unis d'Amérique (Californie, Arizona, Nouveau Mexique, Texas) sont dues aux : surpâturage, surexploitation

des eaux souterraines, la mauvaise gestion des terres irriguées, l'urbanisation et l'exploitation abusive de la végétation forestière.

Bien que la désertification ait pu se manifester depuis l'époque historique au Proche-Orient, dans les zones sous l'action directe des populations humaines ; elle se déroulait à un rythme lent et graduel, et elle était surtout localisée dans les régions accidentées, montagneuses et lointaines étant épargnées. Depuis l'explosion et l'accroissement de la population, l'amélioration des moyens de communication et l'utilisation de nouvelles machines pour le labour, on assiste à une désertification plus accélérée un peu partout dans les zones semi-arides et arides dans le monde. Au Sahel, et dans les régions sèches d'Afrique du Nord, les facteurs socio-économiques suivant ont joué un rôle déterminant dans le déclenchement du processus de désertification (Baker, 2002).

2.1.1. Le surpâturage

Dans son livre intitulé : « *la désertification de la steppe algérienne région de Mecheria* », Kebir (2007), impute la désertification à la surexploitation des parcours steppiques à des fins pastorales. En effet, selon le même auteur, les causes de la désertification de la steppe sont, en toute évidence, dissimulées à travers un mode d'élevage extensif, c'est-à-dire l'augmentation spectaculaire du nombre d'effectif d'ovins dans les espaces steppiques ; ceci sous entend bien sûr que la végétation sur place est soumise à une forte pression d'où un faible taux de régénération et par là donc, une régression du couvert végétal soumettant le sol fragile à un fort risque d'érosion hydrique et éolienne.

Le nomadisme n'est pas un état de nature, ni une caractéristique immuable, mais une organisation sociale (Laroui, 1976). Le nomadisme est donc un mode de vie, basé essentiellement sur l'organisation de l'activité pastorale, consistant à se déplacer selon un calendrier bien précis d'une région à une autre du sud vers le nord et vice versa ou parfois même à l'intérieur de la steppe. Selon Kebir (2007), Nahal (2004) et Nedjraoui (1981), ce mode de vie tenait parfaitement compte de la stabilité écologique de l'écosystème, à travers la régénération du couvert végétale locale d'où une situation de non risque pour la steppe.

Les procédés de *achaba* et *azzaba* et autres migrations traditionnelles régulières des troupeaux s'effectuant dans le cadre du pastoralisme, respectivement en hiver et en été par les communautés nomades de la steppe algérienne sont la caractérisation parfaite du nomadisme.

Ceci permettait une disponibilité du fourrage de manière permanente, en effet l'alternance de la présence du cheptel d'une région à une autre permet et favorise la régénération et la continuité de la végétation dans les parcours steppiques, aujourd'hui la disparition de ces organisations pastorales provoque une grande concentration de troupeaux sur les parcours steppique, ou l'offre fourragère ne cesse chaque jours de régresser, laissant place à la formation d'un paysage de plus en plus désertique mais ayant aussi des conséquences directes sur les éleveurs qui se trouvent par la constraints de se chercher d'autre source de revenus, d'où alors l'extension de la céréaliculture sur les sols steppiques déjà affaiblis fragilisés et appauvris, ceci traduit, bien sûr, une forme de dégradation ou autrement dit une évolution régressive de l'écosystème steppique.

2.2. Causes liées à l'environnement aride

Le climat qui règne dans les zones arides, semi-arides et subhumides (méditerranéennes, tropicales, continentales) est un facteur aidant à la désertification, il les rend plus sensibles à la dégradation de la végétation et du sol, plus susceptibles à épuiser rapidement leurs réserves en eau et par conséquent plus sujettes à l'aridification (Nahal, 2004). En effet ces climats se caractérisent par :

- Une période de sécheresse longue et intense dépassant généralement six mois de l'année sous climat méditerranéen.
- Une grande variabilité des pluies d'une année à une autre pouvant atteindre 80% dans l'étage saharien du climat méditerranéen.
- Une intensité des pluies tombant, le plus souvent sous forme d'averses de courte durée et concentrées sur un nombre restreint de jours dans l'année. Cette forme de précipitation montre une agressivité élevée pour les sols de pente ou peu couverts par la végétation, c'est ce que l'on appelle *phénomène splash*, ce qui diminue l'effet des pluies par rapports à la végétation et accentue-leur impact sur l'érosion hydrique des sols.

Si l'action de l'homme est indéniable et largement démontrée, l'impact des conditions climatiques existe également et leurs rôles respectifs sont amplement discutés. Les

sécheresses, notamment au Sahel et dans l'étage bioclimatique aride et semi arides de l'Afrique du nord ont été les révélateurs de la désertification dans ces zones. La pluviosité moindre et sa variabilité plus grande ont accru la vulnérabilité des ressources naturelles à la dégradation, et il est devenu moins facile aux systèmes écologiques et sociaux de résister.

Cependant, on a observé que l'impact de ces sécheresses est faible ou négligeable là où l'impact humain et animal est faible ou nul (kebir, 2007).

Pour l'ensemble des auteurs, l'accentuation des phénomènes de sécheresse n'est pas à l'origine de la désertification, mais elle constitue un facteur important d'aggravation de l'effet anthropique sur la dégradation des terres en zones sèches.

En effet et comme évoqué, les écosystèmes des zones arides et semi-aride sont marquées par une irrégularité de la pluviométrie ainsi qu'une grande variabilité interannuelle des précipitations. En outre, les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. Les travaux de Hireche et *al.*, (2007) portant sur une analyse statistique de l'évolution de la pluviosité de plusieurs stations steppiques, montrent que les steppes algériennes se caractérisent par une aridité croissante, cette tendance est plus prononcée pour les steppes occidentales que les steppes orientales. La diminution des précipitations est de l'ordre de 18 à 27% et la durée de la saison sèche aurait augmenté de 2 mois entre 1913-1938 et 1978-1990 (Djellouli,1990).

3. Les conséquences de la désertification

La désertification aboutit dans les écosystèmes arides, semi-arides et subhumides à des modifications sérieuses et parfois irréversibles qui se manifestent par un ensemble de fait sur le plan écologique, économique et social, qu'on peut résumer comme suit :

3.1.Dégradation de la végétation naturelle

Il est important de signaler que la désertification a fait subir aux écosystèmes aride et semi-aride notamment les parcours steppiques de graves préjudices , à cet effet le couvert végétal est manifestement le plus important à évoquer car les conséquences sur ce dernier sont dévastatrices et d'une grande ampleur , pour l'Afrique du nord qui comptait une steppe d'Alfa évaluée à 8 millions d'hectares, plus de la moitié a disparus aujourd'hui pour cause de désertification à travers ces causes notamment anthropiques (Nahal,2004) . La dégradation de

la steppe par effet de surpâturage à provoquer la disparition de certaines espèces fourragères entre autre *Salsola vermiculata*, *Dactylis glomerata*, *Oryzopsis miliacea*, *Stipa barbata*, *Astragalus sp*, ainsi que d'autres légumineuses et graminées pour ne citer que cela et leur remplacement par certaines espèces de moindre qualité fourragère et parfois même toxiques pour le cheptel telle que *Peganum harmala*, *Carex stenophylla*, *Noaea mucronata* celles-ci sont d'ailleurs considérées comme étant indicateurs d'une dégradation avancée dans l'espace steppique (Mainguet , 1990).

Dans les terres irriguées qui se dégradent par salinisation, une végétation halophyte colonise les bordures des champs composées d'espèces appartenant aux genres *Salsola*, *Suaeda*, *Atriplex*. L'apparition de cette végétation est un indice d'une mauvaise pratique de l'irrigation dans les sols lourds, par manque de drainage. Aussi sous l'effet de la sécheresse, aggravée par la surexploitation des pâturages, la végétation naturelle s'est dégradée, à la suite de l'aridification de l'environnement, dans le sens d'un xérophytisme accru, d'une proportion croissante de végétaux non consommables, d'une densité diminuée autour des points d'eau, d'une expansion d'espèces buissonnantes et non fourragères, d'une augmentation des espèces annuelles, éphémères, aux dépens des arbres (Nahal, 2004) .

3.2- Activation de l'érosion hydrique et éolienne

Le sol est dégradé à cause de la disparition de la matière organique, de la destruction de la structure et de l'activation des érosions hydrique et éolienne. La profondeur du sol ainsi que ses réserves en eau diminuent. Dans les zones dégradées, l'érosion hydrique prend des allures catastrophiques pour la fertilité des sols, dans les steppes en voie de désertification l'érosion hydrique peut atteindre 50 tonnes par hectare et par an (FAO, 1980) sur les pentes n'ayant pas encore perdu leurs sols.

Dans les steppe balayées par des vents violents , comme c'est le cas pour la steppe algérienne pour sa proximité au grand Sahara , en assiste à une érosion éolienne sur de grande étendues c'est ainsi que dans les bioclimats méditerranéens arides tempérés et sahariens tempérés l'érosion éolienne peut emporter jusqu'à plusieurs centimètres de sols superficiels en une année en particuliers après les cultures céréalière en sols sablonneux (Le Houerou , 1959, 1968) Floret et Floch (1972) ont mesuré des pertes de sol atteignant 10 m³/ha/mois dans les conditions précitées.

L'érosion éolienne activée par la dégradation du couvert végétale et le labour des sols en steppe favorise la formation de dunes de sable assez importante qui se déplacent dans la direction des vents dominants et peuvent envahir les zones adjacentes, telle est le cas des parcours steppiques dans la wilaya de NAAMA, en Algérie ou la formation de dunes de sables est assez importante dans la région de MECHRIA (kebir, 2007).

3.3.Engorgement et salinisation des sols

L'engorgement et la salinisation des sols dans les cultures irriguées en zones arides et semi-arides constituent un indicateur sérieux de la désertification en œuvre et qui se manifeste au début par une baisse des rendements des cultures, puis par une limite du choix des cultures qui devraient résister au sel et, en définitive, par la perte de terres irrigables qui ne peuvent être remises en valeur qu'à très grand prix. C'est ce type de désertification qui est le plus difficile et le plus onéreux à combattre (Nahal, 2004). Cette salinisation secondaire qui est due à une mauvaise gestion des terres irriguées est devenue très fréquente dans les plaines irriguées de l'Euphrate en Syrie et en Irak, dans la vallée du Nil en Egypte et au Soudan, dans la plaine deltaïque du fleuve Sénégal en Mauritanie et au Sénégal, dans le bassin de San Junquin au sud de la vallée centrale en Californie, etc. En outre, l'engorgement des sols par imperméabilisation entraîne la formation de mares d'eau stagnante qui facilite la transmission des maladies liées à la présence de l'eau, telles que la bilharziose, le paludisme et la fièvre typhoïde(Nahal, 1979).

3.4.Abaissement du niveau des nappes souterraines

La surexploitation des nappes souterraines peut en faire baisser le niveau, surtout quand la région est faiblement alimentée par les eaux de pluie etsi le sur pompage de l'eau continue, un assèchement total peut avoir lieu, d'où là une nécessité d'une réglementation de l'exploitation des eaux souterraines dans les zones affectées par l'aridité.

En outre, l'abaissement du niveau de la nappe souterraine risque de provoquer de graves affaissements de terrains comme cela s'est produit dans le delta du Sacramento en Californie et à Mexico(FAO,1994).

3.5. Baisse de la productivité des terres

C'est une conséquence de la dégradation de l'environnement qui se répercute sur la fertilité des terres. Les parcours désertifiés des steppes du Proche-Orient ont vu leur capacité de charge tomber à 10 hectares par bête et par an. En outre, les parcours qui étaient favorables pour les moutons ne sont plus favorables que pour des chèvres ou des chameaux (Nahal, 2004).

L'accumulation progressive des sels mène à un changement de culture, en effet l'orge étant plus résistant aux sels que le blé, ceci se traduit par une nette régression de la culture de blé avec en parallèle une forte demande sur ce dernier, la conséquence ne peut être que négative notamment sur le plan économique et social car les premiers touchés sont les pays du tiers monde avec un plus grand taux de famine (Nahal, 2004).

3.6. Raréfaction et extinction d'espèces végétales et animales (diminution de la biodiversité)

La sévère détérioration écologique des écosystèmes arides et semi-arides aboutit à la disparition de certaines plantes et de certains animaux, qui n'y trouvent plus les conditions écologiques favorables à leur vie. C'est ainsi qu'au Proche-Orient, le déboisement intense et la chasse excessive ont amené la disparition de certains animaux sauvages tels que l'ours, le lion, l'autruche arabe, ou mettent en danger d'extinction certains autres comme la gazelle et l'oryx.

3.7. Conséquences de la désertification sur le site et loin du site

Les conséquences de la désertification peuvent se manifester aussi bien sur le site qui se dégrade que loin du site dans le bassin versant. Les dommages causés par la dégradation de la végétation sur les pentes dans un bassin versant se font sentir bien loin de la région dégradée, à la suite de l'augmentation du ruissellement et de l'activation de l'érosion du sol qui en résulte.

En outre, ces dommages loin du site sont dans certains cas comme l'érosion torrentielle, beaucoup plus importants que les dommages causés sur le site dégradé lui-même.

C'est pourquoi, dans toute étude des coûts de la désertification, il est de la plus grande importance de prendre en considération les dommages causés loin du site.

Le tableau 1 montre sur le site et loin du site la nature des dommages dus au processus de désertification (CHOU et *al.*, 1993)

Tableau n°01 : dommage de la désertification sur le site et loin du site source (Nahal, 2004)

Processus de désertification	Dommage sur le site	Dommage loin du site
Dégradation de la végétation	-perte de fourrage de bois et de la biodiversité -réduction de la productivité du sol	-pollution de l'air (tempête de poussière) - sédimentation
Erosion pluviale	-enlèvement d'éléments nutritifs du sol -perte à long terme de la productivité du sol -lessivage du sol et des cultures - formation de ravines	- dégradation de la qualité de l'eau -dépositions de sédiments sur les champs de cultures - eutrophisation des lacs
Erosion éolienne	-Enlèvement d'éléments nutritifs du sol -formation de dunes de sables - déracinement de la végétation	-Pollution de l'air (tempête de sable) - dégradation des édifices urbains (route voie ferrée etc.) - maladies respiratoires chez l'homme et l'animal

Chapitre III :
Les SIG &
téledétection.

Introduction

Compte tenu de la nécessité et l'urgence des besoins en matière de gestion de l'information géographique, dans le domaine des sciences de la nature, la communauté scientifique a été menée à rechercher des solutions, qui tout en étant pratique et facile à appliquer devaient être tout autant efficace que rigoureuse. Le progrès dans le domaine de l'informatique a fait en sorte, que les solutions proposées soient issues de l'informatique, des lors en parle des systèmes d'information géographique SIG.

1. Définition des systèmes d'information géographique

Beaucoup de définitions ont été données au terme de SIG et la littérature en regorge celant que l'on soit dans tel ou tel domaine mais nous ne donnerons ici que deux d'entre elles.

La première est américaine et émane du Comité fédéral de coordination inter agences pour la cartographie numérique (1988) qui définit le SIG comme étant un « *Système informatique, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion* » ; la deuxième est française et est donnée par M. DIDIER dans une étude pour le Conseil National de l'Information Géographique en 1990 et qui considère un SIG comme un « *Ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision* ».

Donc, un SIG peut être défini comme étant *un système complexe de moyens humains et matériels permettant à partir de diverses sources, de saisir, organiser, conserver, combiner, extraire, transmettre et afficher des données géo référencées décrivant et représentant une partie du monde réel, offrant ainsi aux professionnels les données nécessaires pour réaliser des analyses spécialisées et des modélisations spatiales pour pouvoir modifier la réalité. C'est un cas particulier de systèmes d'information ; il permet de relier des données à des entités physiques, des événements ou des activités localisées assimilables à des formes géométriques telles que le point, la ligne ou la zone. (Abdelouahab& al ;2003)*

2. Définition de la télédétection

La télédétection est un ensemble de méthodes et de techniques intervenant dans une nouvelle stratégie de l'étude et du suivi des différents phénomènes naturels ayant une incidence directe sur l'homme et son environnement, la télédétection est en fait l'analyse spatiale d'un écosystème à partir de l'utilisation et l'interprétation de photographies aériennes et/ou imageries satellitaires dans le but étant d'établir un diagnostic précis et une évaluation de l'ampleur d'un phénomène naturel, de manière à orienter les diverses actions d'aménagement requises et entrant dans le cadre du développement durable des écosystèmes (Bensaid,2006).

La télédétection permet entre autre une gestion efficace du patrimoine naturel, à travers une cartographie et un inventaire de l'ensemble des ressources disponibles sur le terrain, il est évident qu'aujourd'hui les analyses spatiales permettent une appréciation meilleure des phénomènes naturels, de mieux les comprendre, de connaître leurs processus de déroulement mais aussi d'évaluer l'ampleur de leur influence sur l'écosystème et environnement de l'homme.

2.1. Principe de la télédétection

La télédétection a pour principe l'exploitation maximale des données spatiales à savoir imageries satellitaires et photographies aériennes, ceci est appelé la photo-interprétation.

2.1.1. La photo-interprétation

La photo-interprétation est une des disciplines de la cartographie, dont le principe de base est l'utilisation, le traitement, et l'exploitation de photographies aériennes de manière à en soustraire les données disponibles caractérisant le potentiel biologique du milieu (Bensaid, 2006), celles-ci serviront à faire l'inventaire synchronique et diachronique du potentiel biologique, en s'appuyant sur une bonne connaissance des ressources en place et des conditions éco géographiques (Bensaid, 1997). En plus des données statiques, la photo-interprétation permet d'assurer un suivi dans le temps et l'espace de la dynamique de végétation des écosystèmes, surtout ceux sérieusement menacés ou affectés par les effets d'un phénomène naturel, telle que la désertification. Elle permet aussi une planification des

activités des actions, et des interventions sur terrain basées sur une connaissance plus précise et une vision plus large des processus de dégradation de la végétation.

Or, les méthodes classiques de la photo-interprétation sont coûteuses, fastidieuses et plus exigeantes en temps, surtout lorsqu'il s'agit d'étudier ou de cartographier des surfaces de grandes dimensions, de plus elles sont effectuées d'une manière ponctuelle ce qui nécessite des procédures mathématiques (interpolation) afin d'obtenir une information zonale.

Les photographies aériennes peuvent être utilisées pour l'étude et la représentation de divers paramètres d'un milieu naturel notamment la carte d'occupation du sol. Ces dernières constituent une référence de grande valeur, mais en raison de leur coût élevé, dû essentiellement au nombre des photographies que demande l'étude de vastes territoires, cette technique n'est pas appropriée pour des études de suivi régulier notamment sur les parcours steppiques. Ce qui oriente les différentes méthodologies de photo-interprétation et de télédétection vers l'exploitation de l'imagerie satellitaire (Bensaid, 2007).

2.1.2 - L'imagerie satellitaire

La télédétection permet l'acquisition à distance de scènes terrestres, à partir desquelles on peut extraire les objets d'intérêt. Ceci exige non seulement la maîtrise du processus de télédétection, mais aussi l'interaction entre le rayonnement électromagnétique incident et les objets. La portion, réfléchi de ce rayonnement et modifiée par l'atmosphère constitue l'entrée de base des systèmes de télédétection opérant dans les bandes spectrales allant du visible à l'infrarouge. (Bensaid, 2006). Grâce donc aux différents satellites en orbite autour de la terre et disposant de capteurs infrarouges, le résultat final sera une image satellitaire avec une panoplie de couleur, et dont chacune correspond à un objet bien précis sur terrain suivant le degré de réflexion des rayonnements électromagnétiques de chaque objet.

Les images satellitaires constituent un outil important dont il faut tenir compte dans le cadre de la planification et de la gestion harmonieuse des travaux concernant l'érosion éolienne.

Selon Pouchin (2001), les images sont descriptives et elles apportent une information visuelle beaucoup plus importante par rapport à l'homme. L'aspect multi spectral des données de télédétection offre un atout crucial dans la caractérisation des objets dans une large bande spectrale. Quant à l'aspect multi résolution le passage d'une échelle fine à une échelle plus

petite est tout à fait possible. De cette façon on peut décrire n'importe quel problème, d'ordre naturel ou artificiel, selon les besoins exprimés soit par la nature du phénomène à étudier (étude à l'échelle régionale) soit par le manque de documents cartographiques et thématiques à une échelle imposée par les décideurs en vue d'un aménagement local. A cet égard, l'imagerie satellitaire et à travers elle la télédétection permet :

De dégrossir la recherche des secteurs dégradés (parcours steppiques et terrains agricoles ensablés) en donnant une vue synoptique d'un territoire qu'on veut analyser et aménager.

- de comparer dans l'espace et dans le temps les différentes mutations des unités constituant les différents paysages de la région d'étude.
- de localiser les zones où la régénération est possible et les zones où il faut intervenir en urgence pour limiter et atténuer les dégâts ;
- d'obtenir des informations concernant des zones isolées ou inaccessibles.
- d'évaluer l'impact des décisions de gestion des ressources.

Selon Bardinnet (2004), le choix d'un système de télédétection est crucial et dépend de :

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

3. Les différentes études sur la dégradation des écosystèmes des milieux arides

De nombreux travaux traitant le problème de la désertification, de l'évolution de la végétation, de l'ensablement des espaces steppiques ainsi que de la sécheresse dans les zones arides et semi-arides ont été publiés ces dernières années. Nous citerons le travail de Marius (1995) qui traite le problème évolutif du phénomène d'ensablement et ses impacts négatifs sur les mangroves du Sénégal. L'étude scientifique sur la sécheresse et l'aridité et leur impact sur la désertification Rognon (1996). De même, le travail de recherche sur le développement de l'agriculture dans les régions semi-arides marocaines Yacoubi et *al.* (1998).

Dans les régions arides et semi-arides algériennes, nous citerons les travaux réalisés par Callot *et al.* (1996). Ces dernières années ont introduit une nouvelle approche basée sur le principe de la morphologie mathématique. Courel et *al.* (1999) ont travaillé sur la contribution de la télédétection à l'étude de la désertification en Afrique de l'ouest tandis que Desjardins *et*

al. (1999) ont étudié l'apport de la télédétection sur l'ensablement de palmeraies dans un secteur menacé du sud-est du Maroc.

Quant à Haboudane *et al.* (1999) ils ont utilisé des indices pour l'évaluation de la dégradation des sols d'un milieu semi-aride au sud-est de l'Espagne. De même, l'étude pour le suivi de la désertification au Maroc à partir d'images AVHRR de NOAA Lemsanni *et al.* (1999). L'équipe de Benmohammadi *et al.* (2000) a étudié l'analyse des interrelations anthropiques et naturels et leur impact sur la recrudescence des phénomènes d'ensablement et de désertification au sud-est du Maroc. Nous citons également les travaux de (Escadafal et Pouget, 1986 ; Escadafal et Pouget, 1987 ; Escadafal ; Pontanier et Belghith, 1993 et Escadafal et Bacha, 1996) qui traitaient le problème de dégradation des terres dans les pays de l'Afrique du Nord. Nous évoquons aussi le travail de Desjardins *et al.* (2005) qui a mis en évidence l'avancée des dunes dans plusieurs endroits du Sud-est du Maroc. Ces auteurs ont utilisé des images civiles et militaires de très haute résolution spatiale afin de comprendre la dynamique de l'ensablement ainsi que des mesures sur la progression des édifices dunaires sur une période de quarante ans.

En Algérie plusieurs études ont été établies, nous citons par exemple le travail de Bensaid (2006) qui a mis en évidence l'intérêt du SIG et la télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride (Naama), et le travail de Haddouche (2009) qui a traité la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride dans la région de Naama.

Il est à signaler que les travaux cités ci-dessus ont utilisé les données de télédétection pour la caractérisation du phénomène de désertification. Grâce à ces études l'outil de télédétection s'est révélé incontournable dans ce genre de recherche et d'investigation. Pour le suivi d'une manière judicieuse de la dynamique de l'écosystème steppique, il est recommandé d'utiliser des nouvelles approches et des outils performants en occurrence la télédétection, les SIRS et les ressources informationnelles. L'identification des unités constituant le paysage, en fonction de la résolution et de la fréquence temporelle des observations spatiales. Les capteurs à haute résolution spatiale (type LANDSAT, SPOT) permettent de caractériser la composition de l'occupation du sol. Mais la surveillance ne peut être envisagée en temps réel, en raison de la répétitivité peu élevée de ces satellites.

4. Critères de choix des images satellitaires

Comme convenu précédemment, le choix des images satellitaires dépend de plusieurs critères et plus particulièrement de la dimension spatiale de la zone d'étude, toutefois dans un pays en voie de développement telle que l'Algérie la contrainte majeure réside dans l'acquisition des images satellitaires, voir contrainte budgétaire et le rapport qualité/prix est un facteur important à prendre en compte lors de l'achat d'images satellitaires.

Bien que l'Algérie dispose de son propre satellite baptisé ALSAT1 et tout récemment un autre baptisé ALSAT2 , Ces images sont commercialisées par L'Institut national de cartographie et de télédétection d'Alger ou par l'agence spatial algérienne, néanmoins les images proposées par les satellites ALSAT1 et ALSAT 2 ne permettent pas une utilisation pour des besoin d'étude de l'occupation des sols , ou le suivi d'une dynamique de végétation ceci en raison de la non couverture des capteurs dont dispose ces satellites d'une large bande spectrale permettant la détermination de la végétation sur place , ainsi que la faible résolution des images comparées à celles proposées par les satellites Landsat , Spot, Modis , Terraetc.

Dans des études de l'occupation des sols, il est préférable d'acquérir des images TM et ETM+ de Landsat plutôt que des scènes spot. En effet, il est évident de travailler sur une seule scène image TM que sur huit scènes Spot. Dans le cadre de ce travail les images TM et ETM+ de Landsat sont fournies gratuitement par des organismes internationaux pour encourager les chercheurs et les étudiants à mener à bien leurs recherches scientifiques.

Chapitre IV :
Présentation de la zone
d'étude.

1. Contexte générale :

Compte tenu de sa situation géographique, la wilaya de TIARET dispose d'une diversité paysagère conséquente. Située dans la partie centre-Ouest du pays avec près des deux tiers de sa superficie de parcours steppiques (figure n°04). Le choix d'une région située dans la wilaya de TIARET permet une appréciation des aléas intervenants dans le processus évolutif de l'écosystème steppique. En effet, la région de TIARET à vocation agro sylvo pastorale ayant connu un fort taux d'accroissement de sa population, ainsi que par la nature de la pratique agricole dans la région permettent de mieux cerner la problématique abordée. Identifier la chronologie de l'évolution de la végétation steppique dans la région, permet de connaître le degré de pondération de l'action anthropique, mais aussi la résilience de la végétation steppique aux perturbations externes.



chergui dans sa partie Ouest. C'est la région où le maximum de végétation y est recensé et observé, la partie Est étant une région dépourvue de couverture végétale du fait notamment de la salinité des sols. Pour sa part le faciès de CHOTT CHERGUI est région sujette à un ensablement massif et à une diminution de la superficie de la zone humide. L'hypothèse et la connaissance des facteurs impliqués dans la dynamique de la végétation steppique semble être altérée par ce constat (ensablement, salinité des sols ...etc). De ce fait le choix de la zone d'étude fut porté sur la région de AIN DHEB.

2.Description du milieu physique :

2.1 Occupation des sols :

La région de TIARET est une région à vocation agro sylvo pastorale, une lecture de la carte d'occupation des sols (figure n°06) fait ressortir une dominance de la classe agriculture, notamment dans la partie Nord de la wilaya, les formations forestières sont constituées essentiellement de maquis dégradés, la présence de quelques peuplements constitués de vieilles futaies de chêne liège et de pistachier de l'Atlas est à noter.

La zone d'étude quant à elle est une région steppique représentant une zone de parcours, la végétation dominante est constituée de groupement à alfa (*Stipa Tenascisima*). C'est une région se caractérisant par l'élevage ovin. Cependant les changements intervenus dans les pratiques agricoles dans la région, dû notamment à la sédentarisation de la population nomade ; font état d'un changement de la pratique agricole vers la céréaliculture, dans la perspective d'assurer une source fourragère de substitution.

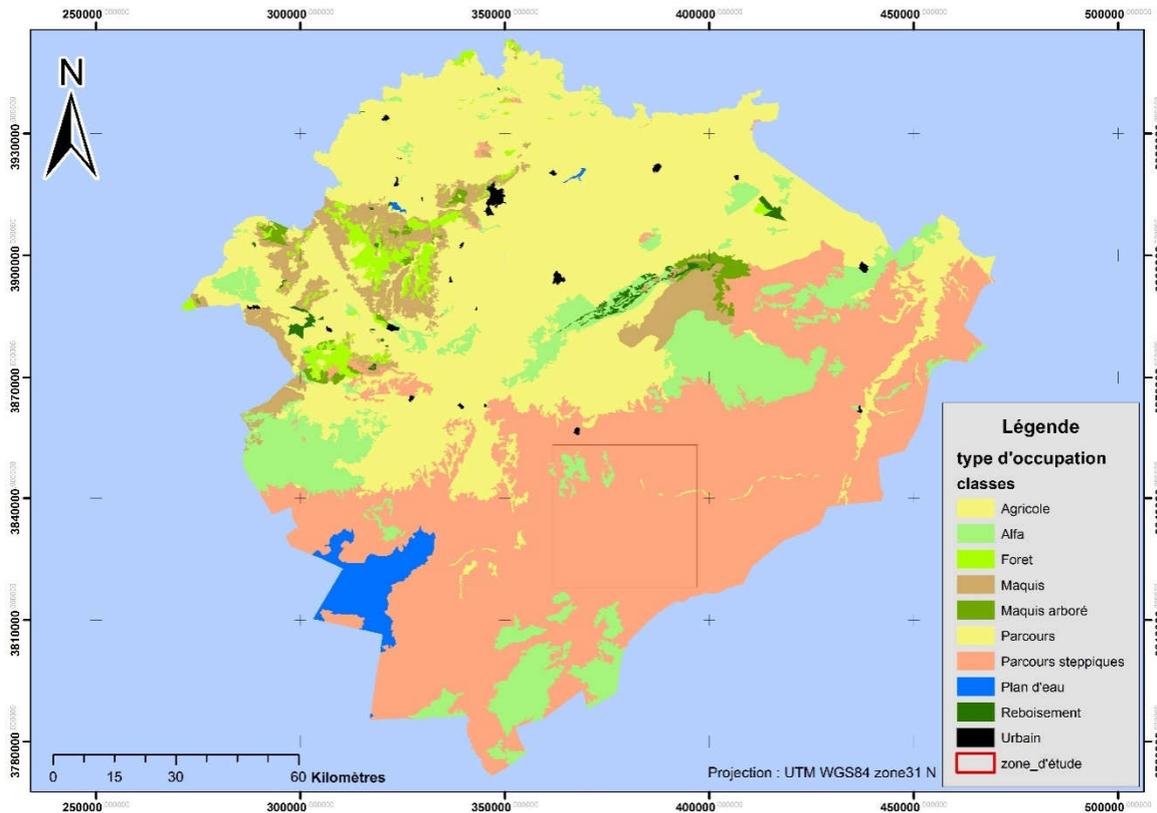


Figure n°06 : carte de l'occupation des sols de région de TIARET. (CFT2018).

2.2 Le couvert végétal :

La végétation rencontrée au niveau des parcours steppiques dans la région de Tiaret est typique des écosystèmes semi-arides, en effet on y rencontre divers groupements végétaux, c'est ainsi que l'on identifie, au niveau de la région d'étude les steppes d'alfa, les steppes d'armoïse, une végétation psamophytes.

La distribution spatiale de la végétation steppique sur l'ensemble du territoire de la zone d'étude, répond à plusieurs variables notamment édaphiques.

Plusieurs travaux de recensement des divers groupements végétaux furent entrepris par les administrations chargées de gérer l'espace steppique. Néanmoins les documents cartographiques consultés ne sont malheureusement pas mis à jour de façon périodique.

La végétation naturelle de la zone steppique est caractérisée par des sous arbustes tel que le CHOBROG (*Noaea mucronata*) qui occupe les sols à croûte calcaire et d'une steppe rase à sparte (*Lygeumspartum*)

Le couvert végétal à armoise blanche (*Artemisia herba alba*) et la couverture végétale d'alfa pure (*Stipa tenacissima*) sont très dominante dans les endroits d'apports ces associations consomment les principales végétations naturelles des parcours.

Il existe aussi d'autres types de végétation telle que les halophiles composées de *Atriplex halimus*, situées sur les sols à forte salinité, notamment vers partie Sud-Est, au prolongement de la zone humide de CHOTT CHERGUI.

Aussi il est à noter que l'on identifie un autre type de groupement végétaux, les psamophiles sont en effet identifiés sur l'ensemble des zones sableuses telle que le *tamarix gallica* ou le *retama retam*.

2.3 Lithologie de la zone d'étude :

Compte tenu l'identité écologique de la zone d'étude, les divers types de sols rencontrés manifestent certaines similitudes, dans ce sens ; la lithologie du terrain est caractérisée par des sols squelettiques pauvre en matière organique, entre autres ceux-ci sont de type calcaire (figure n°07).

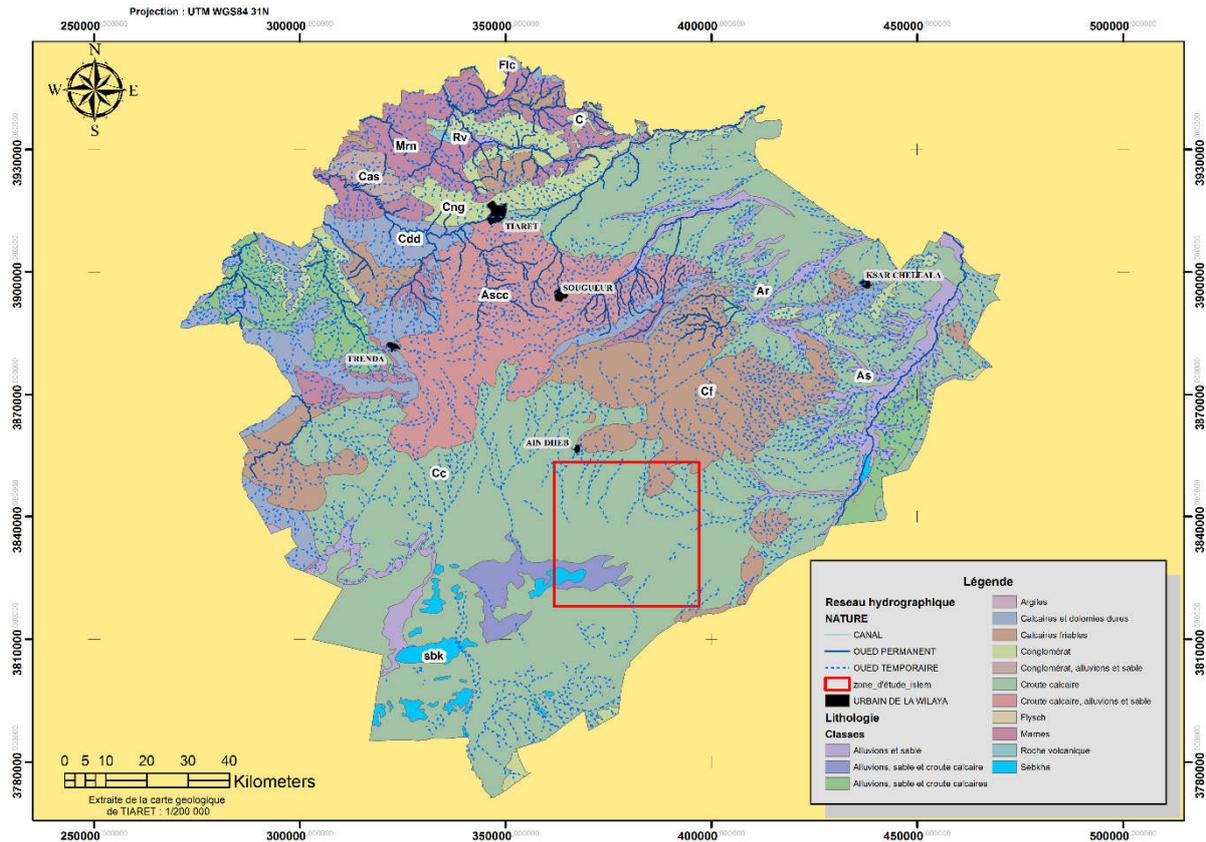


Figure n°07 : carte de lithologie de la région d'étude. (bouacha ;2019).

A noter toutefois que d'autres formations pédologiques peuvent être rencontrées, telles que les sols halo vers les sebkhas, (région de chott chergui) ou vers la région de Ksar Chellala. Aussi d'autres types de sols, à texture sableuse sont identifiés, notamment vers les régions confrontées à la problématique qu'est l'érosion éolienne.

2.4 : hydrographie et ressources hydriques :

Les parcours steppiques dans la région de Tiaret sont caractérisés par un réseau hydrographique irrégulier, en effet une grande partie des cours d'eau recensés sont des temporaires, secs par saisons sèches, et peuvent connaître une phase de crue lors des périodes de fortes intempéries. La région d'étude manifeste une dominance de cours d'eau temporaires, appelés « CHAABA » particulièrement dans la partie Nord, elle est limitée au Sud par l'Oued SOUSSELEM qui prolonge l'Oued TOUIL dans la partie Est. (Figure n°08).

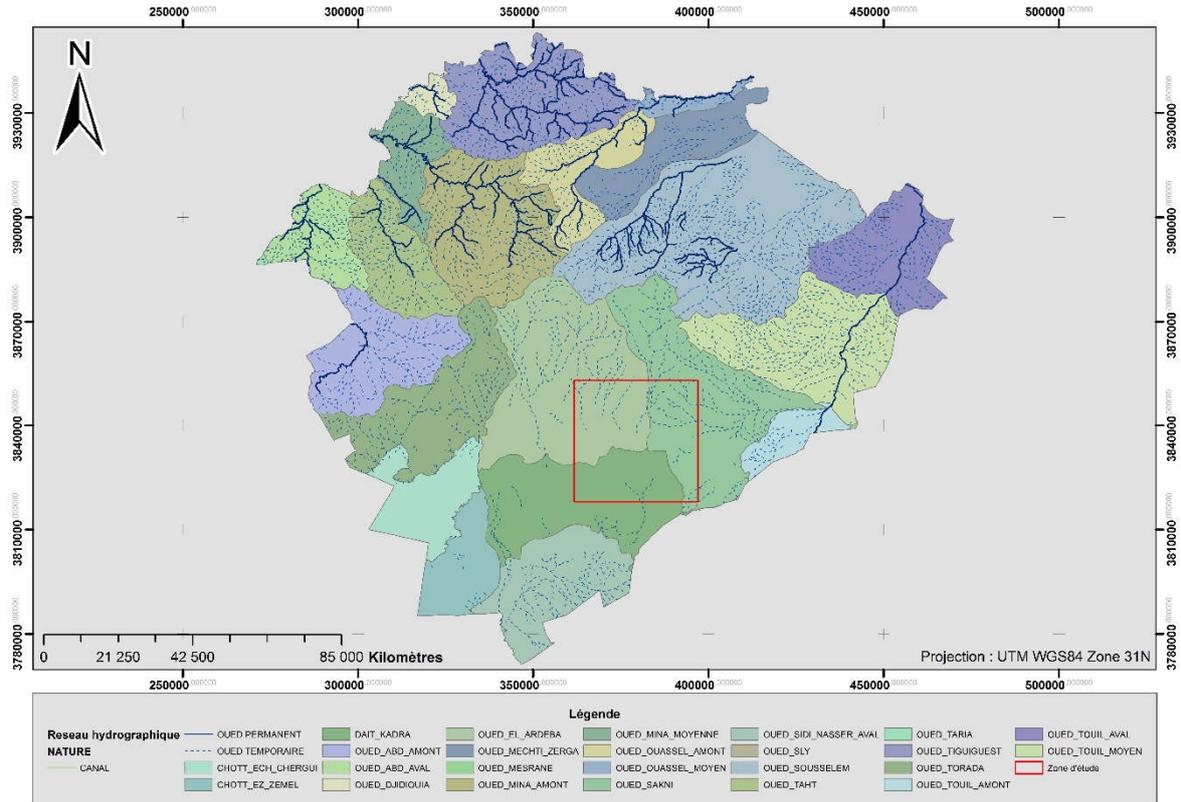


Figure n°08 : carte du réseau hydrographique de la région d'étude. (bouacha ;2019).

Néanmoins d'autres types de formation hydrique peuvent être cités, telle que les sebkhas et les chotts, à cet effet, les parcours steppiques de la région de Tiaret font état d'une importante étendu d'eau, situé dans la partie Sud-Ouest, la zone humide de CHOTT CHERGUI se situe à la limite de région d'étude. Aussi, l'écosystème steppique est connu par l'existence de dépressions « les DHAYAET » constituent en effet des régions d'épandages des eaux de crue, et sont prisées par la population pour l'agriculture du fait de leur potentiel rétention d'eau.

3. Analyse climatique :

L'analyse climatique présente une grande importance dans la connaissance de l'évolution de l'écosystème steppique, durant le travail entamé, un intérêt particulier a été accordé à l'acquisition de données climatiques représentatives de la région d'étude. Néanmoins, considération faite de l'indisponibilité de station météorologique à proximité, ainsi qu'on partant de l'hypothèse que les données climatiques disponibles pour la station météorologique de TIARET ne soient pas représentatives, le choix s'est porté sur l'exploitation des données issues de la télédétection susceptibles de répondre aux besoins de l'étude. Dans ce sens un

ensemble de données relatives à la pluviométrie et à la température furent acquises à partir de la plate-forme en ligne de google earth engine.

Google earth engine s'apparente aujourd'hui, à une alternative future en matière d'acquisition d'imagerie satellitaires et de produits dérivés. lancé en 2012 avec comme objectifs le suivi de la déforestation à l'échelle mondiale, google earth engine permet aux utilisateurs de disposer de plusieurs produits d'imagerie satellitaires, de plus; à travers un simple script en langage informatique java, il est possible de procéder à des classifications d'images, de calculer des indices ainsi que de traiter l'information à l'échelle d'un point, d'un poly ligne ou d'un polygone, facilitant ainsi aux utilisateurs les recherches et autres investigations menées dans cette perspective.

Les données climatiques acquises durant ce travail CHRIPS (*climate hasard group infrared precipitations with station data*) sont le résultat de la combinaison entre les mesures météorologiques faites directement à travers les stations météorologiques (Funk et al,2015), et des mesures au niveau des capteurs des satellites en orbite, notamment ceux de la série NOAA et METEOSAT dédiés spécialement à l'observation de la météorologie à l'échelle planétaire. Le produit proposé est une série de cartes de synthèse pouvant être télécharger directement à partir du site www.chg.geog.ucsb.edu/data/chirps. Cependant la grande quantité d'information à traiter représente une contrainte majeure, c'est pourquoi le recours à la plateforme en ligne google earth engine paraît plus judicieux.

En effet un script en langage informatique java est écrit, dont les variables à déclarer sont l'échelle spatiale, c'est-à-dire les limites de la région d'intérêt ainsi que de l'échelle temporelle. Le résultat obtenu est par la suite téléchargé sous format Excel ou graphique (courbes) avec possibilité de téléchargement de cartes au format raster.

Les résultats de cette analyse réalisée sont illustrés comme suit.

3.1 les précipitations :

Les précipitations sont un paramètre climatique dont la contribution au processus de dégradation et de désertification écosystèmes semi-arides est des plus conséquentes, les périodes de sécheresse qui caractérisent un déficit entre les précipitations et l'évapotranspiration sont pour accentuer la désertification des parcours steppiques en Algérie (Nedjraoui ;2008).

Ce travail essaye d'identifier les diverses fluctuations inter et intra annuelles, mais au-delà examiner l'évolution des périodes de sécheresse, de manière à comprendre l'influence des paramètres du climat sur le changement intervenant dans la zone d'étude.

3.1.1 régime mensuel des précipitations :

Le régime mensuel des précipitations pour la région d'étude, a atteint (350,26 m) durant la période allant de 1981 à 2016, avec un maximum de 33.11 mm durant le mois de mai et un minimum de 2,66 mm durant le mois de juillet. (Figure n°09).

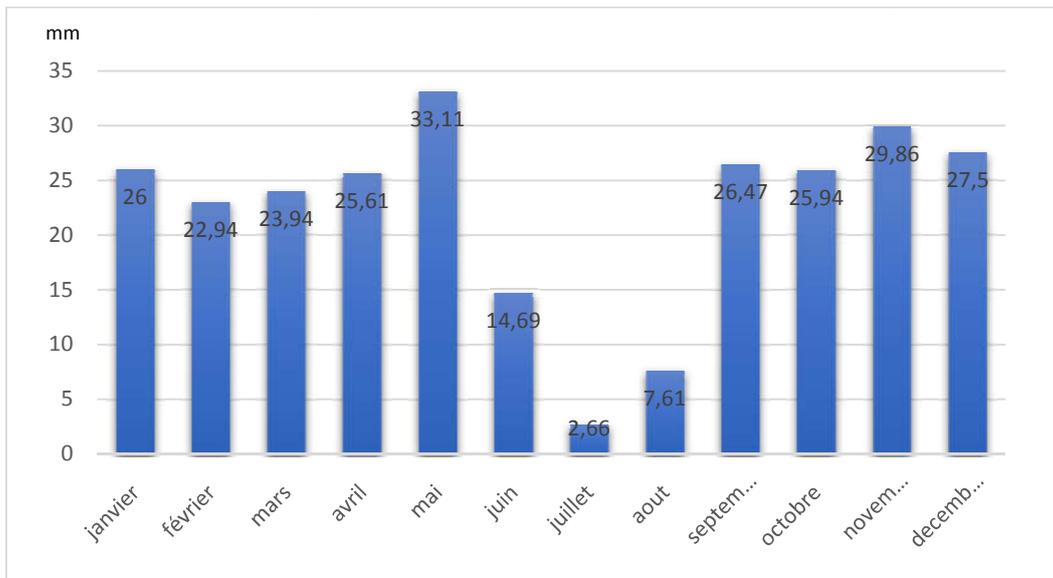


Figure n° 09: précipitation moyenne mensuelle pour la période allant de 1981 à 2016.

3.2.2 Irrégularité des précipitations :

L'irrégularité des précipitations la période 1981-2016 se traduit manifestement par la fluctuation des précipitations annuelles (figure n°10), l'on enregistre un minimum de 153,4 mm pour l'année 1985, avec un maximum de 542,54 mm pour l'année 2009. Cette irrégularité est caractéristique des zones semi-arides, et ce constat est confirmé dans divers travaux des auteurs cités précédemment.

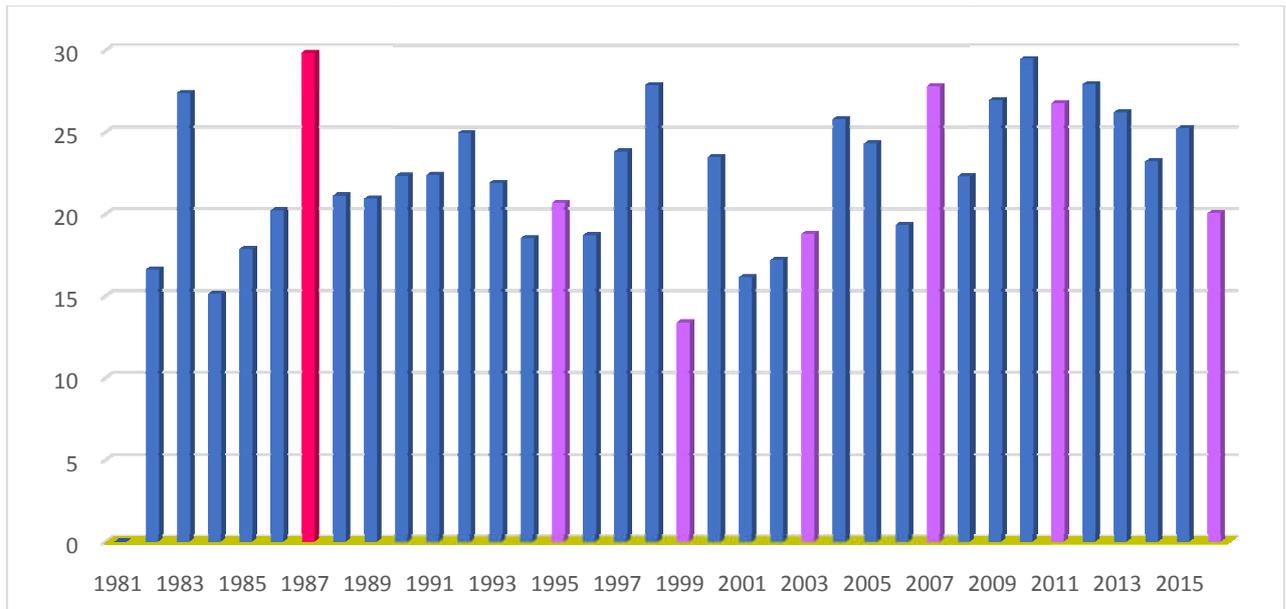


Figure n°10 : précipitations moyenne annuelle de la période allant de 1981 à 2016.

3.2.3 la température :

A l'instar des précipitations, la température s'avère un facteur important pour la végétation, néanmoins l'augmentation de celle-ci dépassant un seuil de tolérance peut avoir des conséquences néfastes sur la végétation et son comportement.

Il est utile de noter que la température est un facteur climatique essentiel d'ayant une incidence directe sur l'aridité du climat (greco ,1966 inHadouche ;2009), cependant l'irrégularité des températures moyennes ne peut être considérée comme étant un facteur direct sur l'évolution de la végétation , sachant qu'en milieu semi-aride l'effet de l'amplitude thermique est le plus récurrent.

3.2.4 Température moyenne annuelle :

La moyenne des températures annuelles enregistrées pour la période de 1981-2016 a enregistré un maximum de 11,33 °C pour l'année 1987 et un minimum de 09,01 °C. pour l'année 1992 à l'opposé des précipitations qui connaissent une évolution irrégulière, les températures manifestent une tendance à la hausse (figure n°11).

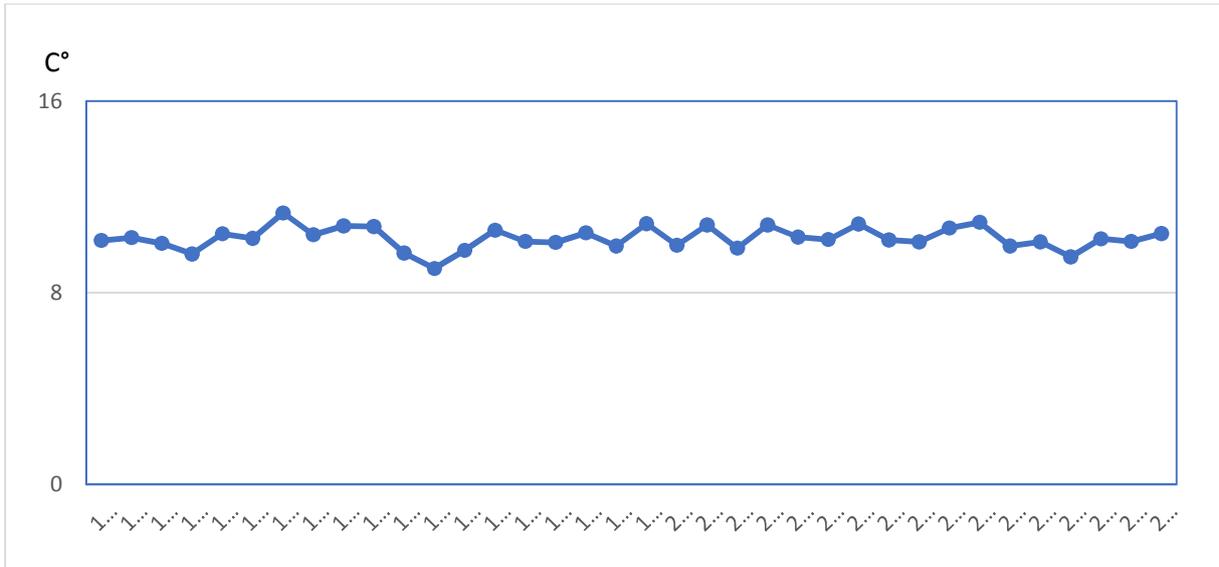


Figure n°11 :évolution de la température moyenne annuelle pour la période allant de 1981 à 2016.

3.2.5 Moyennes des températures minimales et températures maximales :

Sur l'ensemble de la période 1981-2016, le mois de janvier demeure le plus froid avec une moyenne de 1,99 °C avec un minimal de -0,5°C. le mois le plus chaud est celui de juillet avec une moyenne de 20,79°C atteignant un maximal de 22,85 °C (figure n°12).

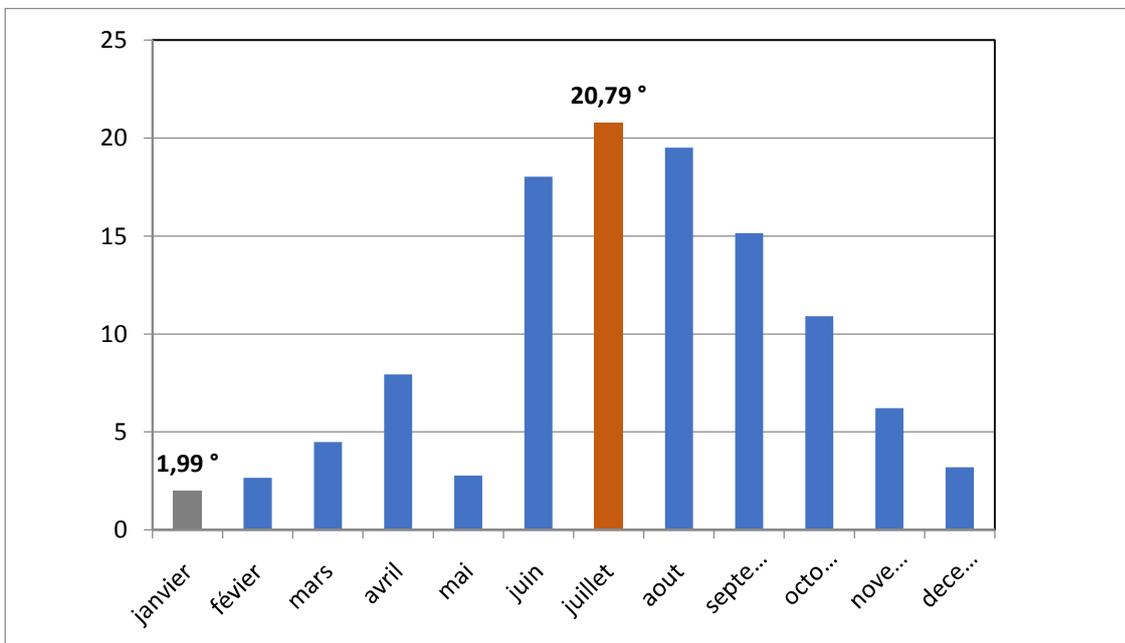


Figure n°12 : température moyenne mensuelle pour la période allant de 1981 à 2016.

3.2.6 Evolution températures-précipitations :

-diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN

Une comparaison évolutive entre la température et les précipitations permet de comprendre le comportement du climat dans notre région.

La figure n°, illustre le diagramme xérothermique de la région d'étude pour la période 1981 à 2016 D'un point de vue globale, l'on remarque que la période sèche pour l'ensemble de la période d'observation s'étend sur 05 mois, à partir du mois de mai mois jusqu'au mois de septembre.

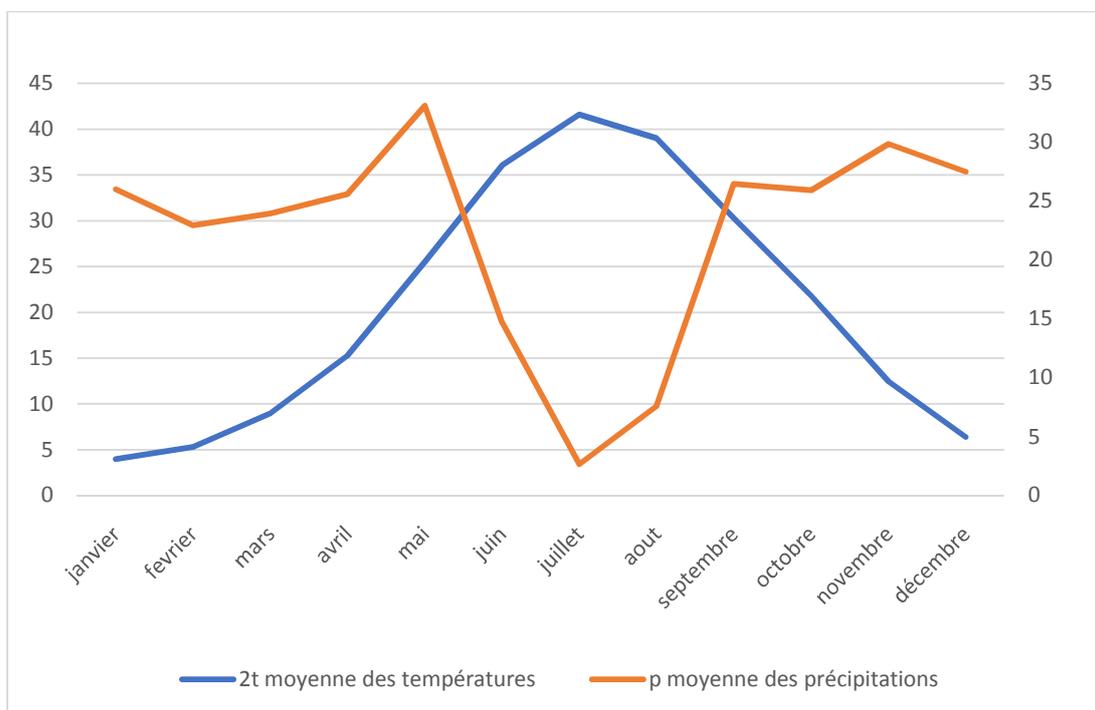


Figure n°13 : diagramme ombrothermique pour la période allant de 1981 à 2016.

3.2.7 Coefficient pluviométrique d'Emberger (Q2) :

Le coefficient pluviométrique d'Emberger permet de classer les différents types de climats méditerranéens. (Dajoz, 2006).

Basé sur les critères liés aux précipitation annuelles moyennes (P en mm), la moyenne des minima du mois le plus froid de l'année(m) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud(M), cet indice est décrit selon la formule suivante :

$$Q2 = 2000P / M^2 - m^2 \quad (\text{Quezel et Médail, 2003})$$

Où :

P : Moyenne des précipitations annuelles en mm

M : Moyenne des Maxima du mois le plus chaud en ° K

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en ° K

$$Q2 = 3.43 P / M - m$$

Le résultat obtenu et les étages bioclimatiques sont représentés comme suit (figure n°14).

Tableau n°02 : situation bioclimatique de la région d'étude.

Nom de la station	T max (K)	T min (K)	P (mm)	Q2	Etage bioclimatique
Zone d'étude	295,04	274,6	267,47	45,9434606	Semi-aride à hiver frais

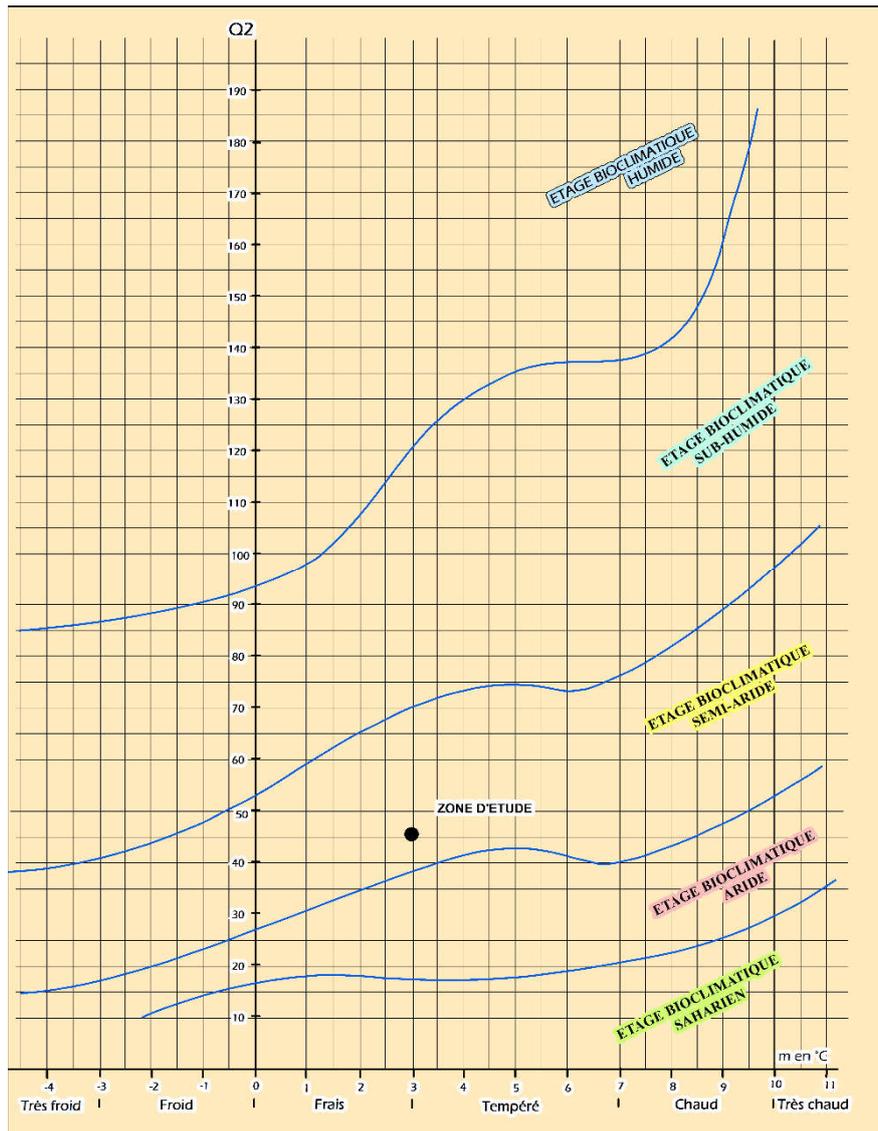


Figure n°14 : climagramme d'emberger pour la période allant de 1981 à 2016.

4. Analyse socio-économique :

Sur le plan administratif, les parcours steppiques dans la région de Tiaret parcourent le territoire de 13 communes. La population dans ces communes a manifestement connu une évolution assez importante durant la période 1987-2010, cet accroissement exprime une tendance à la sédentarisation et un passage du nomadisme, qui autrefois caractérisait la steppe algérienne, vers une concentration de la population dans les régions urbaines de la steppe.

La population de la région steppique du Sud de la wilaya de TIARET a connu un accroissement conséquent à partir de l'année 1988 à 1998 en passant d'un total de 114499 habitants à un total de 165906 habitants (RGPH, 2008) celui-ci atteindra un total de 196730 habitants, (SNADDR, 2009). Figure n°15.

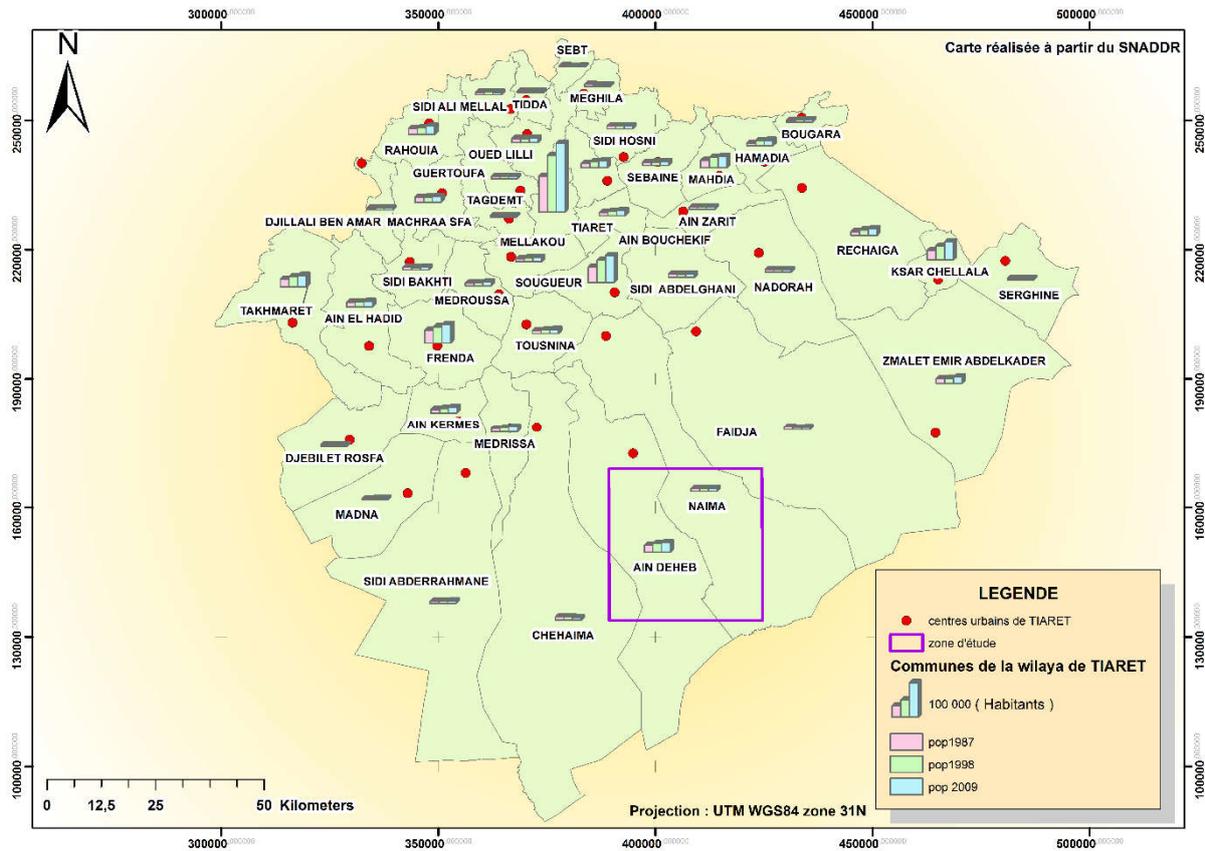


Figure n°15 : carte de l'évolution démographique de la région de TIARET.(bouacha ;2019).

L'analyse de la concentration des populations rurales en milieu steppique à travers une lecture de la base de données établie dans le cadre du programme de renouveau rural (PPDRI) démontre que les parcours steppiques de la région de TIARET connaissent une sédentarisation de la population, comme illustré à travers la figure n°16, faisant ressortir les agglomérations rurales au niveau de la région de TIARET.

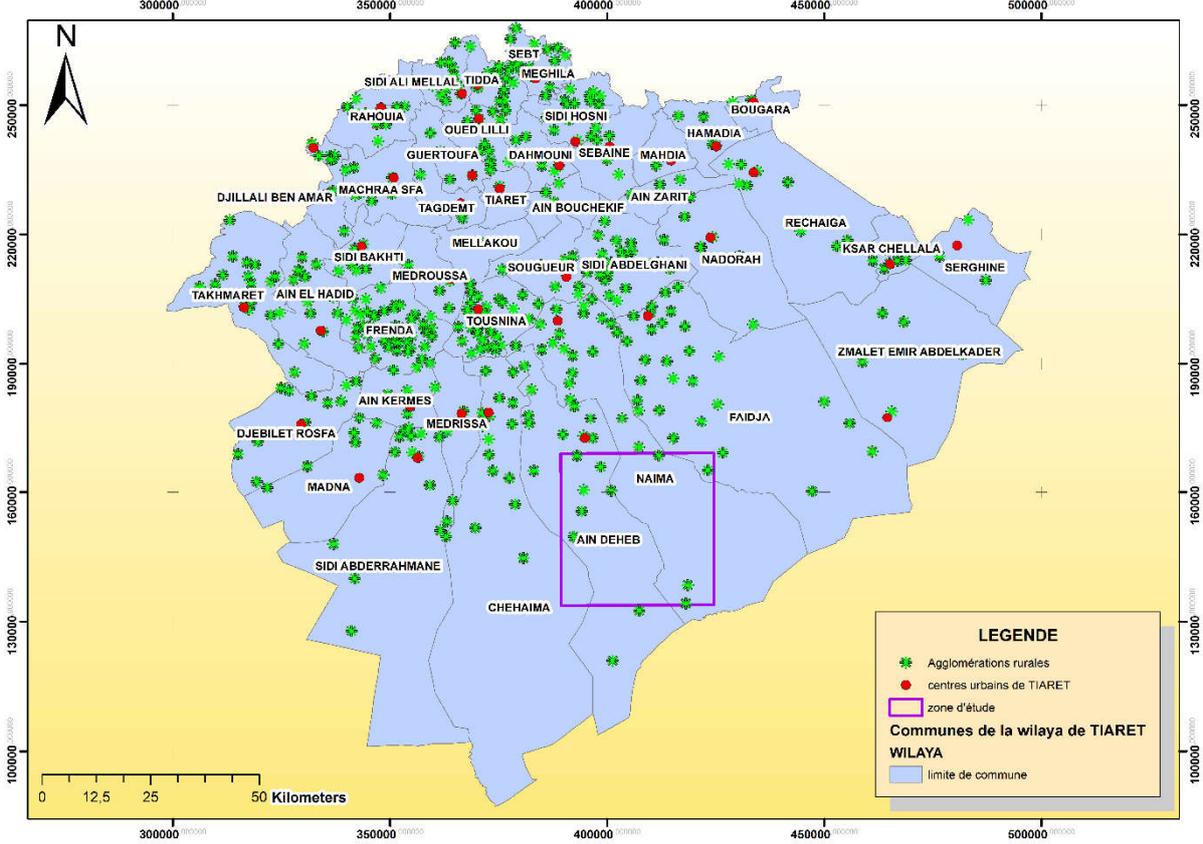


Figure n°16 : carte des agglomérations rurales de la région de TIARET.(bouacha ;2019).

Chapitre V :
Méthodologie de
travail.

La présente étude a pour objectif l'identification de l'évolution spatiotemporelle de la végétation des parcours steppiques dans la région de Tiaret. Il s'agit de connaître la chronologie de la dynamique de la végétation en place, mais au-delà, permettre la compréhension des facteurs et mécanismes intervenant lors de cette évolution.

Ce travail s'articule autour de l'usage et l'analyse des données de la télédétection à différentes dates. La télédétection en tant qu'outil d'analyse permet des alternatives aux méthodes classiques d'étude de la végétation. L'objectif étant d'arriver à mettre en place une base de données géographique devant faciliter l'identification de l'évolution du couvert végétal durant un intervalle de temps définie. De plus, l'analyse spatiale des phénomènes naturels et de l'évolution des composantes écosystémiques doit faire ressortir les aléas du milieu naturel, les facteurs incriminés dans tout processus de dégradation des terres, telle que la désertification des parcours steppiques. Dans cette optique, la méthodologie adoptée et axée autour du traitement numérique des images satellitaires, tient compte de la possibilité de caractériser les composantes environnementales dans laquelle évolue la végétation steppique : le climat (précipitation température) le sol (salinité, humidité).

Le traitement des images satellitaires utilisées devra faire suite aux divers paramètres du milieu physique de manière à ce que l'information contenu dans les images satellitaires puisse être optimisée au mieux.

1. Traitement numériques et analyse des données :

1.1 Données numériques utilisées :

L'étude menée a pour principe le recours à l'analyse d'images satellitaires pouvant permettre l'atteinte des objectifs assignés. Dans ce sens, nous avons utilisés un ensemble d'images *landsat* TM et Oli à diverses dates, à partir de 1981 jusqu'à 2016.

Les images *landsat* sont issues des capteurs des satellites de la série *landsat* lancés par l'agence spatiale américaine dans le cadre d'un programme d'observation de la terre et de l'environnement. Celles-ci sont les plus utilisées dans diverses études de suivi et diagnostic des écosystèmes à travers le globe.

Compte tenu de l'ancienneté du programme *landsat*, c'est en rapport à la disponibilité de données à dates antérieures que le choix des images s'est imposé, en effet il s'agit d'une base de données conséquente s'étalant sur 38ans d'acquisition d'images multispectrales, pour les besoins de notre travail de recherche, les données sélectionnées sont celles correspondants à la

période comprise entre 1987 et 2016 périodes d'observation de 29 ans. À noter aussi que celles-ci sont mises gratuitement en ligne à disposition des utilisateurs via diverses plateformes de téléchargement en ligne (www.earthexplorer.org / www.glovis.usgs.gov).

1.2 Critique de l'utilisation des données *Landsat* pour l'analyse de la dynamique :

Bien que les images satellitaires des capteurs *Landsat* soient mises en ligne gratuitement, et disponible sur une grande échelle chronologique, certaines ambiguïtés peuvent être soulevées notamment la disponibilité des images pour chaque année successive ; en effet identifier la dynamique d'une variable écosystémique doit permettre une continuité de l'observation à l'échelle temporelle. Pour les besoins de la recherche menée, nous avons été confrontés à l'indisponibilité d'imagerie à certaines dates, notamment celle correspondant à la décennie 1990-2000 où seule 03 scènes sont disponibles pour notre la zone d'étude.

Ce constat a orienté les divers travaux de recherche entrepris dans la thématique abordée, vers une méthode d'analyse simplifiée : l'analyse diachronique.

En télédétection, l'analyse diachronique correspond à une comparaison d'une même variable spatiale à deux dates différentes. C'est en soit une lecture simplifiée de l'évolution d'un écosystème dans la mesure où les changements susceptibles d'intervenir dans le résultat d'une comparaison entre deux images à différentes dates. Or, ce genre de méthodologie n'est pas pour répondre à un besoin d'analyse de la dynamique. Étudier la dynamique doit permettre la connaissance des différentes étapes d'un processus évolutif, par conséquent, une analyse diachronique ne peut être considérée comme analyse de l'évolution, car elle ne permet pas de connaître la chronologie des changements intervenus entre les deux dates et à quel moment.

Afin de mieux cerner la problématique abordée, l'ensemble des images disponibles pour la période allant de 1987 à 2016 ont été utilisées. Les images acquises sont acquises à travers les divers satellites de la série *landsat*.(Tableau n°03).

Tableau n°03 : scènes *Landsat* utilisées et dates d'acquisition.

Année	Capteur	Date d'acquisition
1987	<i>Landsat</i> TM	07/07/1987
1995	<i>Landsat</i> TM	18/06/1995
1999	<i>Landsat</i> TM	18/09/1999
2003	<i>Landsat</i> TM	06/06/2003
2007	<i>Landsat</i> ETM+	15/08/2007
2011	<i>Landsat</i> TM	14/06/2011
2016	<i>Landsat</i> Oli	08/06/2016

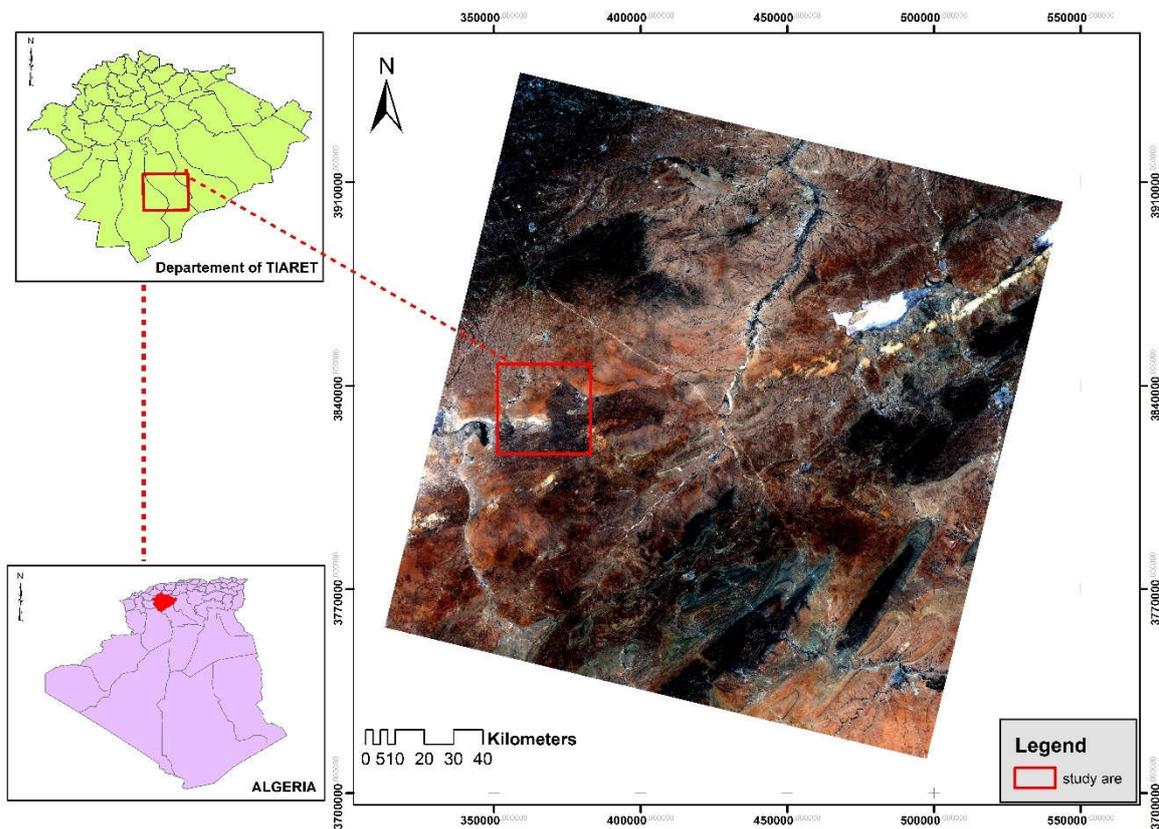


Figure n°17 : situation de la zone d'étude par rapport aux scènes *landsat* utilisées.

L'image satellitaire est en soit, un document contenant diverses informations relatives à des objets sur le sol, dans ce sens le traitement effectué est tel que l'information propre à l'occupation des sols et à la végétation puisse être mise en évidence.

A travers l'utilisation de programmes informatiques appropriés, une série de traitement numérique des images est réalisée, l'objectif initial étant la réalisation de carte d'occupation des sols, ou il est possible d'identifier les différentes classes de végétation présentes, ainsi que les caractéristiques paysagère de la zone d'étude (type de sols, utilisation de l'homme, indicateurs physique de dégradation, disponibilité d'eauEtc.).

2. Traitement numérique des images :

La télédétection est aujourd'hui un moyen de diagnostic des écosystèmes terrestres à grandes échelles, diverses approches peuvent être adoptées dans le but de comprendre la dynamiques des ressources naturelles, dans notre cas, l'objectif de cette étude était d'arriver à mettre en place une méthodologie simple, pouvant caractériser les interactions entre la végétation et son milieu naturel, il s'agit en effet d'une caractérisation qualitative des composantes du milieu steppique de la région de Tiaret.

Les images satellitaires *Landsat* sont un produit brute disponible à un niveau de prétraitement facilitant leurs utilisation directe, en effet celles-ci sont calibrées et géo référencées.

Toutefois, compte tenu de la résolution moyenne des images ainsi que la nature de la végétation étudiée, le passage de l'image satellitaire à la carte de végétation parait plus ou moins complexe.

2.1 Traitement des images :

Bien qu'elles puissent être calibrées et géo référencées, les images *landsat* dont nous disposons pour notre étude comportent un nombre de défauts, des distorsions géométriques, c'est pourquoi il est primordial de corriger les images satellitaires avant leurs utilisations.

2.2 La correction géométrique :

Pour le suivi de la radiométrie sur images à différentes dates, les images doivent être corrigées des distorsions géométriques qu'elles comportent (Collet 1992), celles-ci sont dues à l'instrument d'enregistrement des données et à la courbe de l'écran sur le quelle les images ont été photographiées. Le principe de la correction géométrique est d'assimiler les diverses scènes dont nous disposons à un système de projection spatial référentiel, lors de notre étude nous avons retenu le système UTM WG S84 zone 31 Nord.

Pour pouvoir arriver à cela, rectifier les images géométriquement s'est fait en trois étapes essentielles :

2.2.1 Identification ou choix de l'image référence :

Chaque image est testée à part, la précision de points localisés sur terrain à travers des relevés GPS, sur carte d'état-major au 1 100000 (urbain, routes, intersections de chemin et pistes.) et sur l'image conditionnera le choix de l'image référence, pour notre cas, la scène correspondant à 2016 (*Landsat8 OLI*) est retenue. Celle-ci étant la plus récente et mieux indiquée pour rectifier géométriquement la série d'image dont nous disposons.

2.2.2 Localisation des points d'amers :

La correction géométrique est une transformation spatiale qui s'appuie sur le changement de coordonnées d'un objet qu'on appelle point d'amers (Godard, 2005), celui-ci est identifié sur l'image à corriger puis sur l'image référence, le calcul de l'écart entre les coordonnées sur l'image à corriger et sur l'image référence permettront à l'aide d'une fonction polynomiale la correction de l'image.

Cette étape a été facilitée dans le cas de notre étude par l'étendue de la superficie la zone couverte par les scènes *Landsat*, entre autre une disponibilité, et une homogénéité de la répartition d'un plus grand nombre de points d'amers, en effet nous sommes basés sur les points urbains (intersections de route, petites agglomérations ...etc.).

Le nombre de points d'amers reste très important car plus celui-ci est grand et plus la correction tend vers la précision, le nombre de points d'amers retenu pour notre cas est de 13 points. La correction géométrique est validée après calcul de l'erreur moyenne carrée

(RMSE) si la valeur est inférieure ou égale à 0.5 pixel. Le tableau n°04 illustre les valeurs de la RMSE obtenues pour l'ensemble des images utilisées.

Tableau n°04 : valeurs de la RMSE après correction géométrique.

Image	1987	1995	1999	2003	2007	2011
2016	0.25	0.22	0.25	0.25	0.36	0.17

2.3 Conversion des comptes numériques en valeurs de réflectance :

Les détecteurs d'un satellite sont des dispositifs qui mesurent le courant électrique en fonction de l'énergie lumineuse reçu et prenant des valeurs allant de 0 à 255 l'ensemble est conçu pour qu'il soit proportionnel à la luminance reçu (Hadjit 2009).

Ainsi les capteurs en télédétection sont des radiomètres mesurant la luminance réfléchi de façon simultanée par l'ensemble terre atmosphère, le signal mesuré dépend dès lors de la réflectance de la surface de la terre ainsi que l'éclairement incident de l'effet de l'atmosphère. Les images *landsat* utilisées lors de notre étude sont pourvues de valeurs de luminance, celles-ci ne requièrent donc aucune calibration en luminances, toutefois la conversion vers des valeurs de réflectance se fait par le moyen du logiciel de traitement. Tout autant qu'une correction atmosphérique des images que nous utilisons à travers la formule suivante :

2.4 Analyse des images :

Une fois les images corrigées, une nouvelle image est générée pour l'ensemble de la série utilisée, ceci se fait à travers l'application d'un masque correspondant à la zone d'étude. Les images masquées serviront par la suite à la réalisation des cartes d'occupation des sols à travers la classification des images utilisées.

3. Classification des images et cartographie de l'occupation des sols :

L'objectif de la classification est de produire à partir de mesures radio métriques une image thématique qui est la représentation des objets associés aux mesures. Il s'agit d'obtenir des classes telle que deux pixels de la même classe se ressemblent le plus possible et deux pixels de classes distinctes se ressemblent le moins possible.

Le processus de classification passe par l'attribution à chaque objet sur terrain de sa signature spectrale sur l'image, dans ce sens la fiabilité des résultats dépend fortement de l'échantillonnage réalisé, le choix des échantillons doit être représentatif de l'ensemble de l'image à classifier.

Nous avons opté pour une classification dirigée ou supervisée, par la fonction maximum de vraisemblance.

La classification par maximum de vraisemblance suppose que les statistiques pour chaque classe dans chaque bande sont normalement distribués et calcule la probabilité qu'un pixel appartient à une classe donnée sauf si un seuil de probabilité est sélectionné, tous les pixels sont classés et chaque pixel est associé à la classe dont la probabilité qu'il lui appartienne est la plus élevée.

3.1 Choix des classes et échantillonnage sur image :

La pertinence des résultats de la classification, et la fiabilité de la carte d'occupation des sols réalisée sont tributaire des échantillons identifiés sur l'image. En effet, en préalable à la classification des images satellitaires, un ensemble de régions appelées parcelles d'entraînements ou ROI (*region of interest*) doivent être identifiées sur l'image satellitaire à classer, de plus leurs correspondances sur terrain doivent être connues. Pour la cartographie de l'occupation des sols et une identification de la couverture végétale en place, un travail de terrain est réalisé durant la période de maximum de végétation (du mois de mars au mois de mai). Bien que la période ne corresponde pas à la celle de l'acquisition des images (période estivale), il n'en demeure pas moins que cela ne peut porter atteinte à l'avènement du travail entrepris.

3.1.1 Problématique de l'utilisation des images *landsat* dans l'identification de formations végétales :

Le recours à l'analyse des données des capteurs *landsat* semblent ne pas mettre à l'unanimité divers auteurs, en effet plusieurs problématiques liées aux images à moyenne résolution que celles dont nous disposons, furent soulevées, particulièrement lorsqu'il s'agit de la distinction entre les formations végétales.

(Bensaid,2006) affirme que l'utilisation des images de type *landsat* pour des fins d'identification qualitative de la végétation semble être une opération assez compliquée dès lors qu'il s'agit de se référer uniquement en comportement spectrale du végétale, cette procédure est pour induire l'opérateur en confusion ; en effet certaines espèces semblent avoir des caractéristiques morphologiques semblables et par conséquent le signal radiométrique mesuré peut être assez proche pour deux espèces distinctes (ex : *Legeum Spartum* , *Stipa Tenacissima* et *Stipa Parviflora*). De plus, les steppes à graminées se caractérisent par une végétation

éréctophiles, avec une disposition verticale de leurs feuillages et en effet de la réponse spectrale du sol sur celle de la végétation.

Par ailleurs, Amaouche Idriss (2010), El Zerey& al (2009), dans des travaux sur les parcours steppiques algériens, ont utilisé des images des capteurs *landsat* pour la cartographie de la végétation en place, et ce à travers des méthodologies qui, bien qu'elles puissent être différentes, aboutissent à une cartographie de la végétation en milieu steppique. Cependant et compte tenu des caractéristiques spectrales des images et de la végétation steppique, la réalisation de carte de végétation par l'utilisation des images *Landsat* est impossible, du fait notamment de la similarité du profil spectral de la végétation steppique, d'où l'impossibilité d'une séparabilité parfaite entre classes lors de la classification des images.

Durant le cadre de cette recherche, un travail de terrain fut réalisé et un ensemble de onze classes a été retenu :

La végétation steppique :

La classe de végétation a été subdivisée en trois sous classes, en fonction du recouvrement et de la densité.

Végétation steppique dense : correspond à la végétation steppique manifestant un taux de recouvrement supérieur à 50%, celle-ci se rencontre essentiellement au niveau des dhayas et des périmètres de mise en défens. La végétation steppique dense se caractérise par une dominance du sparte (*Legeum Spartum*) dont la remontée biologique se fait au détriment des nappes alfatières en place, ce phénomène de vicariance indique une situation de dégradation de l'écosystème steppique au niveau de la zone d'étude.

Végétation steppique de moyenne densité : correspond à la végétation steppique dont le taux de recouvrement est compris entre 25% et 50%. Elle correspond à des formations à base d'armoise blanche (*Artemesia Herba Alba*) et d'alfa (*Stipa Tenascicima*). Constituant la zone de parcours ou le pâturage y est constamment pratiqué.

Végétation steppique éparsse : végétation steppique dont le recouvrement est inférieur à 25% , elle correspond à des nappes alfatière reliques , assez dégradées, ainsi qu'à des formations végétales à base d'artiplex (*Atriplex Halimus* et *Atriplex Canescence*) espèces indicatrices de salinité , car en effet située dans la partie Sud-Ouest au prolongement de la zone humide de CHOTT CHERGUI. A noter aussi que la végétation steppique éparsse est représentée par une

végétation se développant sur les formations sableuses existants au niveau de la zone d'étude, la végétation psamophytes se caractérise par la dominance des groupements de *Retama Retam*

Végétation forestière : durant le travail de terrain, certaines plantations forestières ont été identifiées, des alignements de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) à proximité des infrastructures routières sont présents bien que dégradée. Aussi des formations de tamarix (*tamarix gallica*) sont identifiées au niveau des zones humides existants formant des peuplements arbustives dense.

Eléments non chlorophyllien :

Les éléments non chlorophylliens correspondent aux différentes unités paysagères existantes notamment les différentes formations édaphiques.

Sol nu : dépourvu de toute formation végétale.

Sol nu calcaire : les sols calcaires caractérisent l'écosystème steppique, les sols steppiques sont des sols squelettiques fragiles et soumis à un fort processus de dégradation (érosion éolienne notamment).

Terrain rocheux : sont des affleurements produits de l'érosion éolienne et hydrique.

Dune de sables instables : l'ensablement caractérise les parcours steppiques en Algérie, du fait de la proximité de la steppe avec le grand Sahara au Sud, le processus continu d'ensablement aboutit à la constitution de formations sableuses au niveau des parcours steppiques. Les formations sableuses instables sont formées par des cordons dunaires récemment installés.

Dunes de sable stables : les dunes de sable stables sont des édifices sableux constitués à des dates antérieurs et fixés par la succession de formations végétales psamophytes.

Zone humide : les zones humides représentent les zones d'épandages et de rétention de l'eau, notamment dans la partie Sud-Ouest constituant le plus prolongement de la zone humide de DHAYA EL KHADRA et de CHOTT CHERGUI.

3.2 Identification des parcelles d'entraînements :

Un ensemble de zone est identifiées sur les images satellitaires à classer, à travers des polygones. Ces régions d'intérêt doivent répondre à deux critères essentiels en préalable à la classification des images :

3.2.1 Représentativité des échantillons : les parcelles d'entraînement doivent être identifiées sur l'image de manière qu'elles soient représentatives, à cet effet les polygones des parcelles d'entraînements identifiés sur l'image satellitaire ont été validés après une analyse de la variabilité entre les valeurs minimales, maximales et moyennes de la réflectance pour chaque classe à part (figure n°18,19).

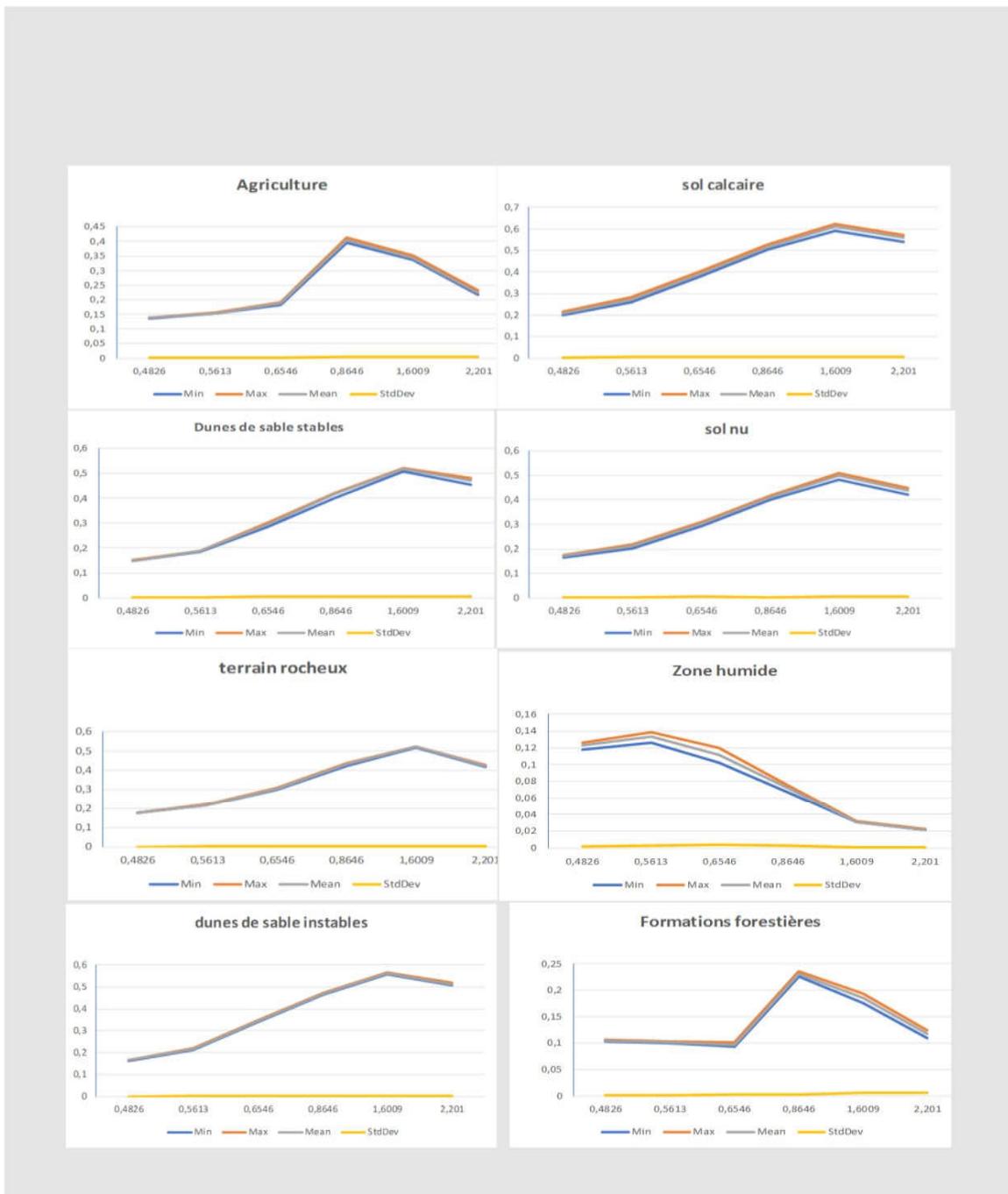


Figure n°18 : profils spectraux des régions d'intérêt choisis.



Figure n° 19: profils spectraux de la végétation steppique.

3.2.2 Séparabilité interclasses :

La séparabilité entre les classes est calculée sur les régions d’entraînement, celle-ci a pour objectif de permettre la validation des échantillons désignés sur l’image satellitaire pour la classification. Elle permet d’éviter que des pixels de classes différentes soient regroupés en une même classe. Les programmes de traitement numérique des images satellitaires comprennent un certain nombre de fonctionnalités qui permettent la réalisation des calculs nécessaires, notamment la séparabilité des classes. Faisant intervenir les valeurs minimales, maximales, moyenne et écart type des valeurs de réflectance sur l’ensemble des canaux de l’image.

La valeur de la séparabilité est comprise entre :

0 et 1 : pas de séparabilité

1 à 1.99 : bonne séparabilité

1.99 à 02 séparabilité parfaite.

Le calcul de la séparabilité des régions d’intérêt sur l’image *landsat 8 Oli* démontre que les parcelles d’entraînement choisis sont parfaitement différentes les ‘unes des autres avec une valeur de séparabilité de 02 pour l’ensemble des classes, sauf pour la classe de végétation

éparse et dunes de sable stable ou la séparabilité égale à 1.99, sans pour autant qu'il n'y est nécessité de redéfinir les deux régions sur l'image. (Tableau n°05).

Tableau n°05 : valeurs de séparabilité des régions d'intérêts

Classes	SN	SC	DS	DI	TR	VD	VMD	VE	ZH	FR	AGR
SN	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SC	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DS	2	2	0	2	2	2	2	1,99	2	2	2
DI	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2
TR	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2
VD	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2
VDM	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2
VE	2	2	1,99	2	2	2	2	0	2	2	2
ZH	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2
FR	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2
AGR	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0

*SN : sol nu, SC :sol calcaire, DS : dunes de sables stables, DI : dunes de sable instables, TR : terrain rocheux
VD : végétation steppique dense, VMD : végétation de moyenne densité, VE : végétation éparse, ZH : zone humide, FR : formations forestières, AGR : agriculture.

3.3.3 Classification des images :

La classification consiste à regrouper les pixels d'une image satellitaire en classes, et ceux en fonction de leurs similitudes spectrales. L'existence de plusieurs types de classification doit alerter l'utilisateur quant au choix de l'algorithme à choisir, bien qu'il ne soit pas affirmé que chaque méthode de classification soit appropriée pour une analyse en particulier. Cela doit être fait suite à l'appréciation de l'utilisateur, qui tenant compte des caractéristiques spectrales des images et des entités à classer, choisit le type de classification convenable.

Durant ce travail, nous avons opter pour la classification supervisée par la méthode de maximum de vraisemblance. La classification par maximum de vraisemblance suppose que les statistiques pour chaque classe dans chaque bande sont normalement distribuées et calcule la probabilité qu'un pixel appartient à une classe donnée sauf si un seuil de probabilité est sélectionné, tous les pixels sont classés et chaque pixel est associé à la classe dont la probabilité qu'il lui appartienne est la plus élevée.

4. Caractérisation du milieu physique :

Etudier la cinétique d'un phénomène, ou la dynamique d'une composante éco systémique revient à identifier la chronologie de son évolution dans un espace donné, mais aussi connaître les facteurs du milieu physique ayant conditionner l'évolution au cours d'un intervalle dans temps. La végétation steppique est une variable spatiale qui est soumise à diverses contraintes écologiques. En tant qu'indicateur biologique de dégradation de l'écosystème steppique, elle évolue en fonction de la variabilité des paramètres du milieu (climat, sol, action anthropique).

Les études classiques de dynamique paysagère de l'écosystème steppique aboutissent le plus souvent à un constat qui permet d'émettre un certain nombre de conclusion, relatives aux effets des facteurs naturels sur le fonctionnement de l'écosystème, sans cependant permettre l'identification du facteur incriminé ayant eu un effet direct sur les changements susceptibles d'intervenir.

Les perspectives d'une analyse spatiale d'un phénomène intervenant dans un écosystème à travers le recours aux outils de la télédétection sont aujourd'hui diverses. Le traitement des images satellitaires ne se résume pas seulement en de simples opérations de cartographie de l'occupation des sols, il permet aussi de générer de nouvelles informations en rapport avec le milieu naturel, à travers le calcul d'indices.

En télédétection, les indices sont le résultat de traitements numériques caractéristiques d'une information particulière (salinité, végétation, albédo, humidité ...etc.).

Dans le cadre de cette étude, les paramètres les plus évoqués dans divers travaux de recherche ont été traités de façon à permettre de mieux comprendre l'évolution de la végétation. Il s'agit entre autres de la dégradation des sols à travers la salinité, de leur capacité de rétention d'eau ainsi que de la pluviométrie. Les indices calculés sont les indices de salinité SI, l'indice d'humidité des sols NDWI, les données CHIRPS serviront à calculer la précipitation annuelle cumulée pour chaque date correspondant aux images utilisées.

4.1 Calcul des indices :

L'indice de salinité SI :

En télédétection, il existe de nombreux indices pouvant être calculés directement sur les images satellitaires, dans notre cas nous avons retenus l'indice de salinité (SI) (Douaoui, 2006) développé est calculé comme suit :

$$\mathbf{SI = b2*b3/b1.}$$

Où **b1**, **b2** et **b3** sont les canaux du visible

Les données de l'indice de salinité SI, sont acquises directement à travers Google earth engine à des dates correspondant à la période d'observation.

L'indice de salinité prend des valeurs allant de -1 à 1 avec une forte salinité des sols quand SI=1.

L'indice d'humidité NDWI :

L'indice d'humidité NDWI est un indicateur de l'humidité des sols, il est calculé comme suit :

$$\mathbf{B4-b5/b4+b5}$$

Où : b4 et b5 correspondent au canal rouge et proche infrarouge de l'image satellitaire.

Dans le cas de notre étude, l'interrogation sur l'utilisation de l'indice d'humidité NDWI peut être évoquée, en effet pourquoi utiliser un indicateur de l'humidité des sols comme variable explicative, alors que des données relatives aux précipitations sont utilisées ?

Les précipitations indiquent si une station écologique est suffisamment pourvue en apport hydrique, l'indice d'humidité s'avère utile dans ce cas, dans la mesure où il peut indiquer sur l'aptitude et la capacité d'un sol ou d'une station écologique à retenir l'eau.

L'indice d'humidité NDWI pour la zone d'étude est obtenu via la plateforme Google earth engine, le choix de téléchargement direct des indices est dicté par la vitesse et rapidité d'acquisition.

Précipitation cumulée CHIRPS :

Les cartes de précipitations utilisées sont le produit CHIRPS, ces données sont mises en ligne gratuitement et disponible sur une longue période d'observation (à partir de 1981), téléchargeables à partir de la plateforme google earth engine. Les données relatives à la zone d'étude sont générées à travers l'écriture d'un script java sous la console google earth engine, les cartes correspondant à la requête peuvent être télécharger et utilisées par la suite.

Une série d’image grille est alors utilisée pour le calcul de la précipitation annuelle cumulée correspondant à chaque date d’acquisition des images.

4.2 Création d’une base de données géographique :

Pour permettre une meilleure connaissance de la dynamique de végétation dans la région d’étude, et pour nous permettre de mieux cerner les facteurs intervenants dans le processus évolutif, le résultat de la classification, ainsi que l’ensemble des indices et cartes utilisés sont convertis au format vecteur. Une opération de croisement des couches vecteur à travers des intersections est ensuite réalisée de manière à obtenir une table attributaire qui est une base de données géographique devant servir à identifier le type de dynamique (figure n°20).

Aussi, la base de données géographique devra permettre l’analyse statistique des données générée de telle sorte que les interactions entre le milieu naturel et la végétation steppique soient connus. De plus, il s’agit de connaitre quel facteur détermine et influence l’évolution de la végétation en milieu steppique.

GM_LAYER	LAYER	COS1999	Class Id 2	Parts 12	Length 12	Area 12	GM_LAYER 1	LAYER 1	COS2003	Class k
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu (calcaire & M)	1	1874	1053840	15265,4	Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu (calcaire)	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	zone humide	2	85	51120	541,62	Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu (calcaire)	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	zone humide	2	85	51120	541,62	Unknown Area Type	Unknown Area Type	zone humide	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	2	8	12940	66,6				
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	80	64380	203,22	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu (calcaire & M)	1	2	17040	74,00	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	551	358380	1397,16	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu (calcaire & M)	1	4	6420	31,66	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	formation forestière	6	156	60900	345,24	Unknown Area Type	Unknown Area Type	formation forestière	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	72	43660	164,43	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetation steppique M	10	249	165340	712,17	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetation steppique M	10	36	26940	86,49	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	160	64980	328,59	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	124	67420	269,91	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	124	67420	269,91	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	124	67420	269,91	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	0	171	120000	427,5	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetation steppique M	10	4203	2346300	15574,5	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	171	128680	427,5	Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	513	335220	1023,84	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	171	128680	427,5	Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	2390	1263300	4177,26	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	513	335220	1023,84	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	171	128680	427,5	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	2390	1263300	4177,26	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	2390	1263300	4177,26	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	70	56640	143,46	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	2390	1263300	4177,26	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	261	175680	566,84	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	24	13660	31,23	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	24	13660	31,23	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	

Figure n°20 : Base de données géographiques générée pour l’identification de la dynamique.

D'un point de vue globale, la démarche méthodologique adoptée paraît appropriée à la cartographie de l'occupation des sols, bien que bon nombre de traitement doivent être réalisés, la méthodologie décrite se caractérise par une tendance à la recherche de la pertinence de l'information contenue dans l'imagerie satellitaire, de plus la difficulté à travailler avec des images satellitaires ne pouvant permettre la cartographie exacte de la végétation (par type de groupement végétal) constitue une contrainte. La figure n°21 résume la démarche méthodologique adoptée durant cette recherche.

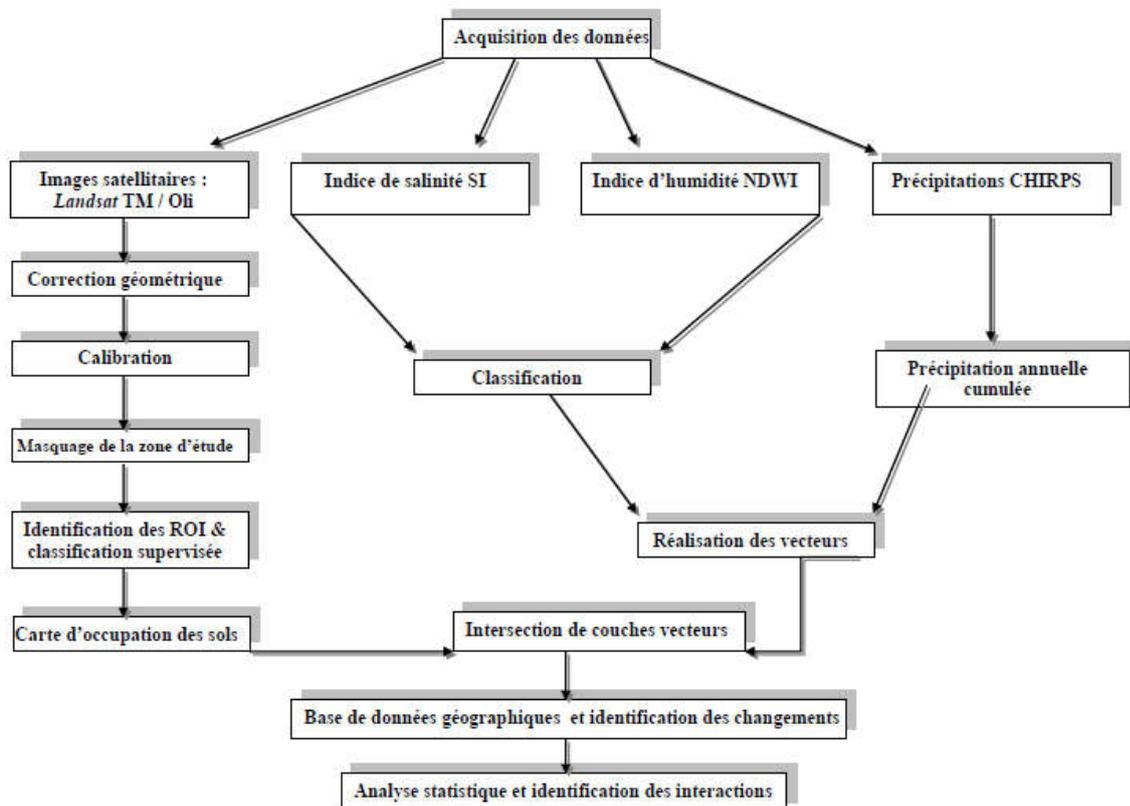


Figure n°21 : organigramme de la méthodologie adoptée.

Chapitre VI :
Résultats &
discussions.

1. Carte d'occupation des sols :

La classification supervisée des images satellitaires utilisées a permis la réalisation des cartes d'occupation des sols pour l'ensemble de la période d'observation.

La lecture des cartes d'occupations des sols laisse entrevoir une région caractérisée par un ratio élément chlorophyllien/ élément non chlorophyllien en faveur des éléments non chlorophyllien, avec notamment une dominance des sols nus. Il en ressort aussi que la région d'étude connaît une problématique d'ensablement ainsi qu'un phénomène de salinisation des sols. La végétation steppique est essentiellement de moyenne densité avec une répartition spatiale hétérogène.

1.1 Carte d'occupation des sols de l'année 1987 :

Le résultat de la classification supervisée de l'image satellitaire *landsat TM* a permis de faire ressortir pour chaque classe d'occupation des sols la superficie occupée au niveau de la zone d'étude (Figure n°22,23)

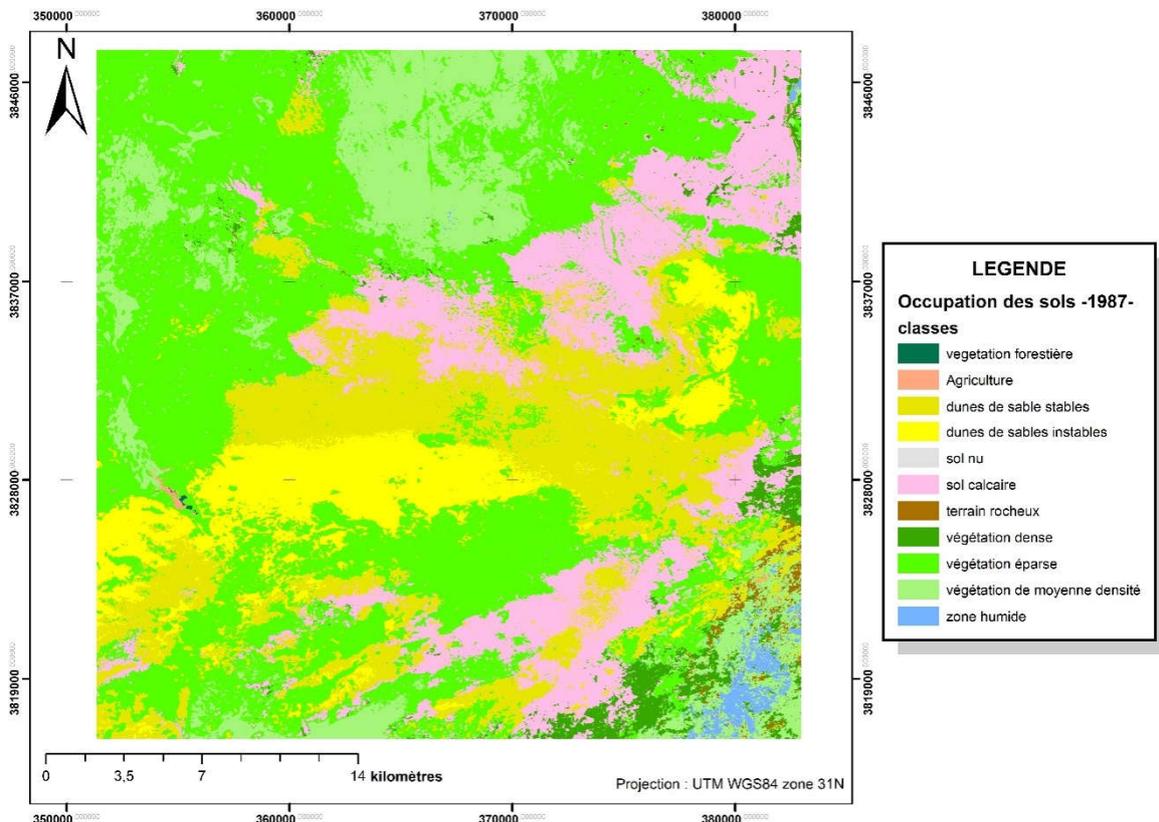


Figure n° 22: carte d'occupation des sols de 1987.

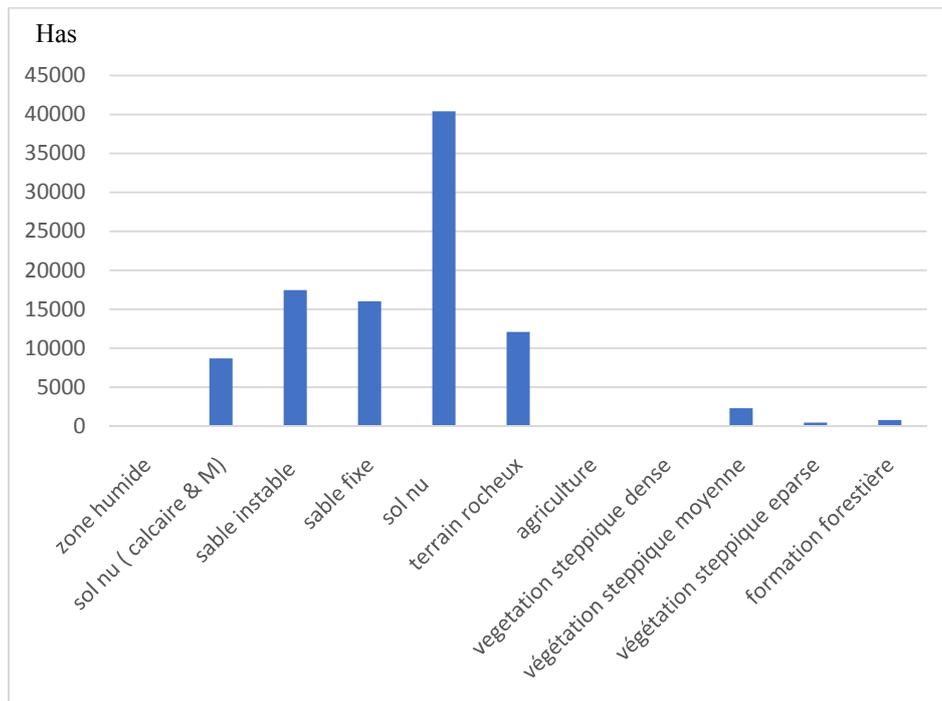


Figure n°23 : répartition des superficies par classe d'occupation des sols pour l'année 1987.

La carte d'occupation des sols établie laisse présager une dominance de la classe sol nu pour avec un totale de 41,03% par rapport à la superficie de la zone d'étude, indiquant une vulnérabilité de la zone à l'action de l'érosion éolienne ainsi qu'une présence d'une couverture végétale dégradée. Ce constat est confirmé par la superficie des formations sableuses instables dont la superficie est estimée à 17487 Has soit 17,74% de la superficie totale permettant de dire que la région steppique du Sud de la wilaya de TIARET connaît un phénomène d'ensablement. Par ailleurs la végétation steppique en place se caractérise par une moyenne densité ; en effet celle-ci occupe une superficie de 2328 Has correspondant à 2.36% de la superficie de la région d'étude, aussi les classes de végétation steppique dense et éparse ne représentent qu'un faible pourcentage de 0.05%, 0.4%.

La carte d'occupation des sols établie nous permet d'émettre l'hypothèse quant à la situation écologique de la zone d'étude, car les données obtenues démontrent une tendance à la dégradation faisant intervenir des processus d'ensablement pouvant intervenir ultérieurement et une forte pression subie par la végétation steppique en place à une période antérieure. Bien que des conclusions soient hâtives, les données présentées sur la carte d'occupation des sols

permettent une appréciation préliminaire quant à la situation globale des parcours steppiques de la région de TIARET et leurs vulnérabilités.

1.2 Carte d'occupation des sols pour l'année 1995 :

La classification de l'image satellitaire correspondant à l'année 1995 a permis de réaliser la carte d'occupation des sols (figure n°24), dont les résultats sont illustrés comme suit (figure n°25).

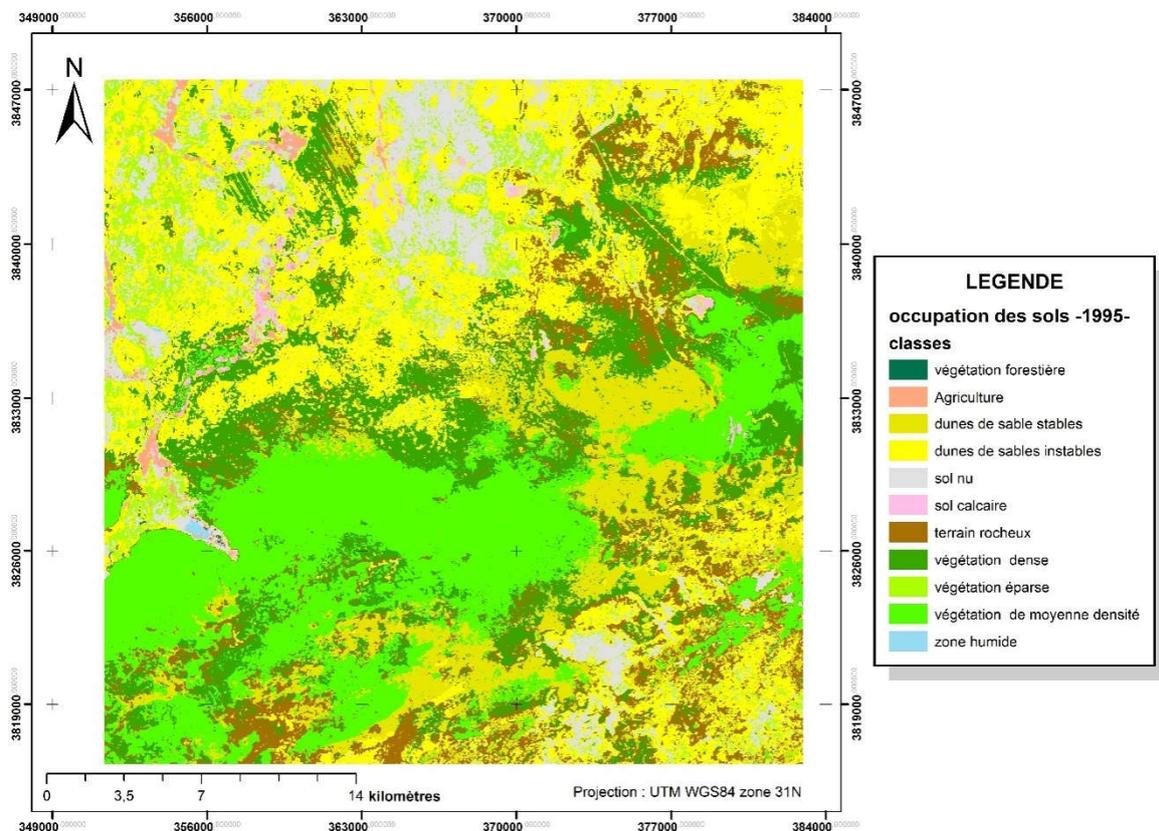


Figure n°24 : carte d'occupation des sols de l'année 1995.

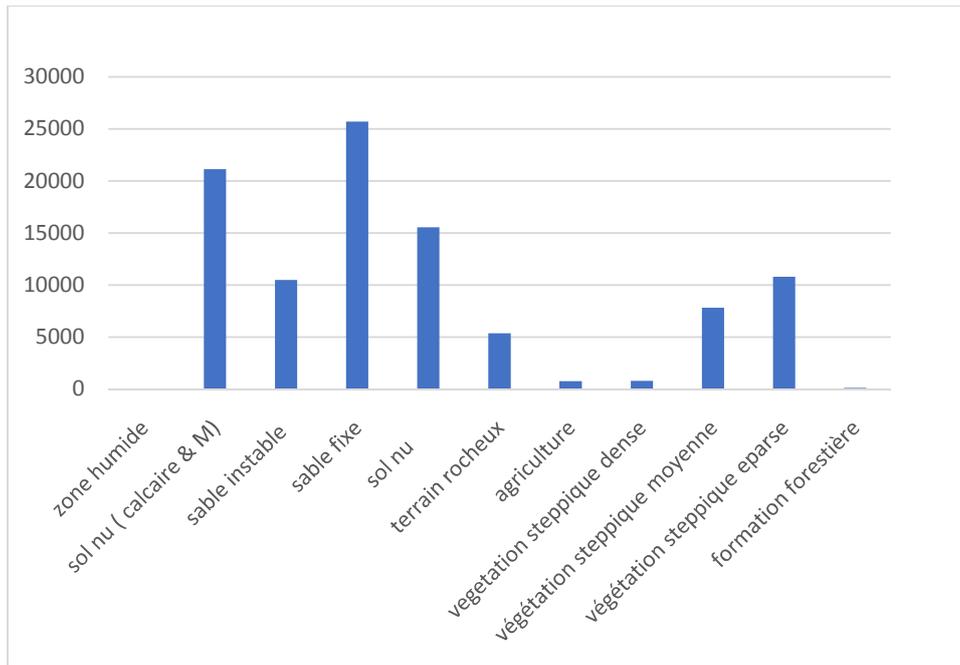


Figure n° 25: répartition des superficies par classe d'occupation des sols pour l'année 1995.

Les résultats obtenus pour l'année 1995 font ressortir deux grands faits remarquables :

- La remontée biologique de la végétation steppique pour l'année 1995 par rapport à la date précédente, telle qu'illustré par la superficie occupée par la végétation steppique de moyenne densité (7,93%) ainsi que celle de la végétation steppique éparse (10,95%). Une comparaison faite entre les classes de végétation de l'année 1995 et 1987 permet de conclure à une situation de progression. Bien que celle-ci soit quantitative, dans la mesure où la superficie de la végétation steppique dense reste faible 0,8%.
- L'effet continue de l'érosion éolienne, illustré par la classe des formation sableuses instables avec un pourcentage de 10,65% bien que celui-ci soit inférieur au pourcentage enregistré pour l'année 1987.

Par ailleurs, la carte d'occupation des sols réalisée fait ressortir une dominance des sols nus et sols calcaires avec une tendance à l'utilisation des sols en milieu steppique pour la pratique agricole (céréaliculture). Cependant, il est à noter la régression de la classe des zones humides laissant présager, une situation de sécheresse des eaux de surface.

Une lecture préliminaire, et une brief comparaison entre les cartes d'occupation des sols pour les dates de 1987 et 1995 font ressortir une situation de progression, favorable à la remontée de la végétation steppique, toutefois bien que cette progression soit appréciable d'un point de vue quantitative, la faible proportion de la couverture végétale steppique

dense conforte l'hypothèse des conditions du milieu naturel défavorable à la pérennité du couvert végétale et à sa diversité. La pratique agricole en milieu steppique s'intègre dans une vision de sédentarisation et de changement des modes de vies habituels (pastoralisme) ce qui mène à dire que les parcours steppiques du Sud de la région de TIARET n'offre plus la possibilité à la population locale en matière de besoins fourragers.

1.3 Carte d'occupation des sols pour l'année 1999 :

La figure n°26 correspond à la carte d'occupation des sols obtenue après classification de l'image satellitaire de l'année 1999, les résultats de l'estimation des superficies sont illustrés à travers la figure n°27

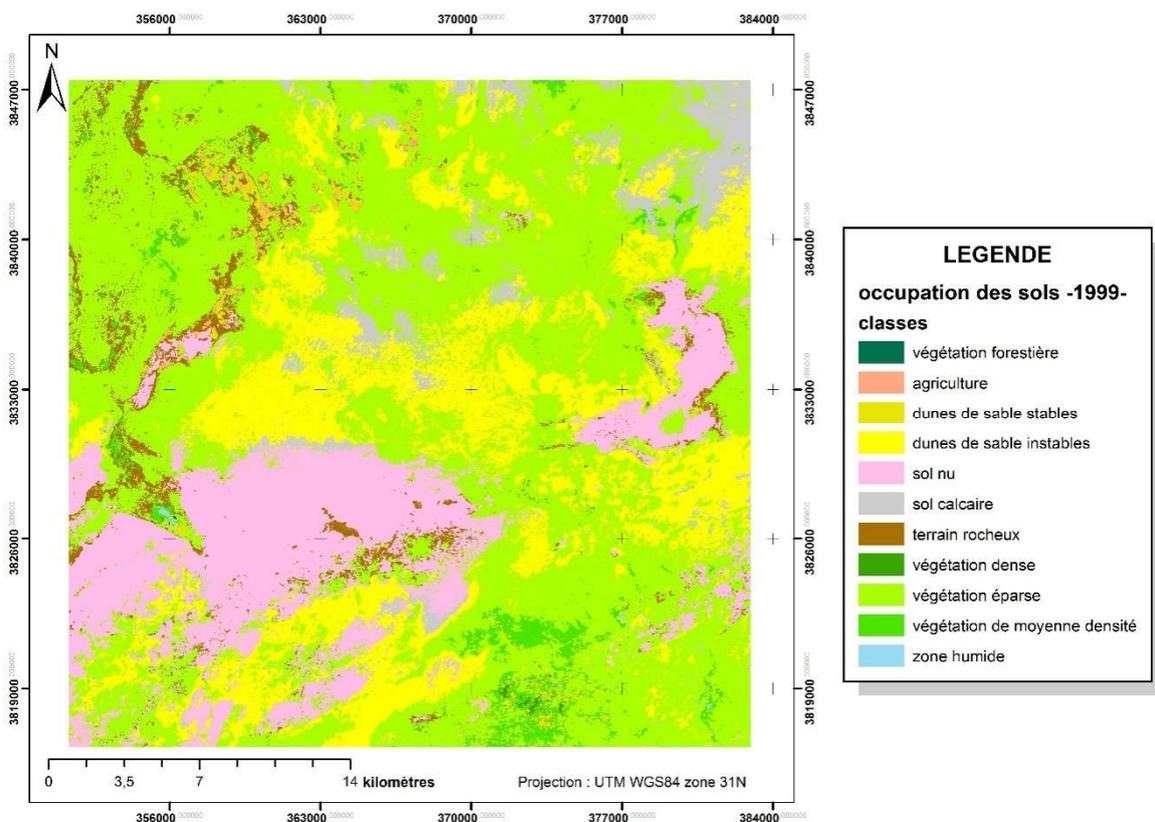


Figure n°26 : carte d'occupation des sols pour l'année 1999.

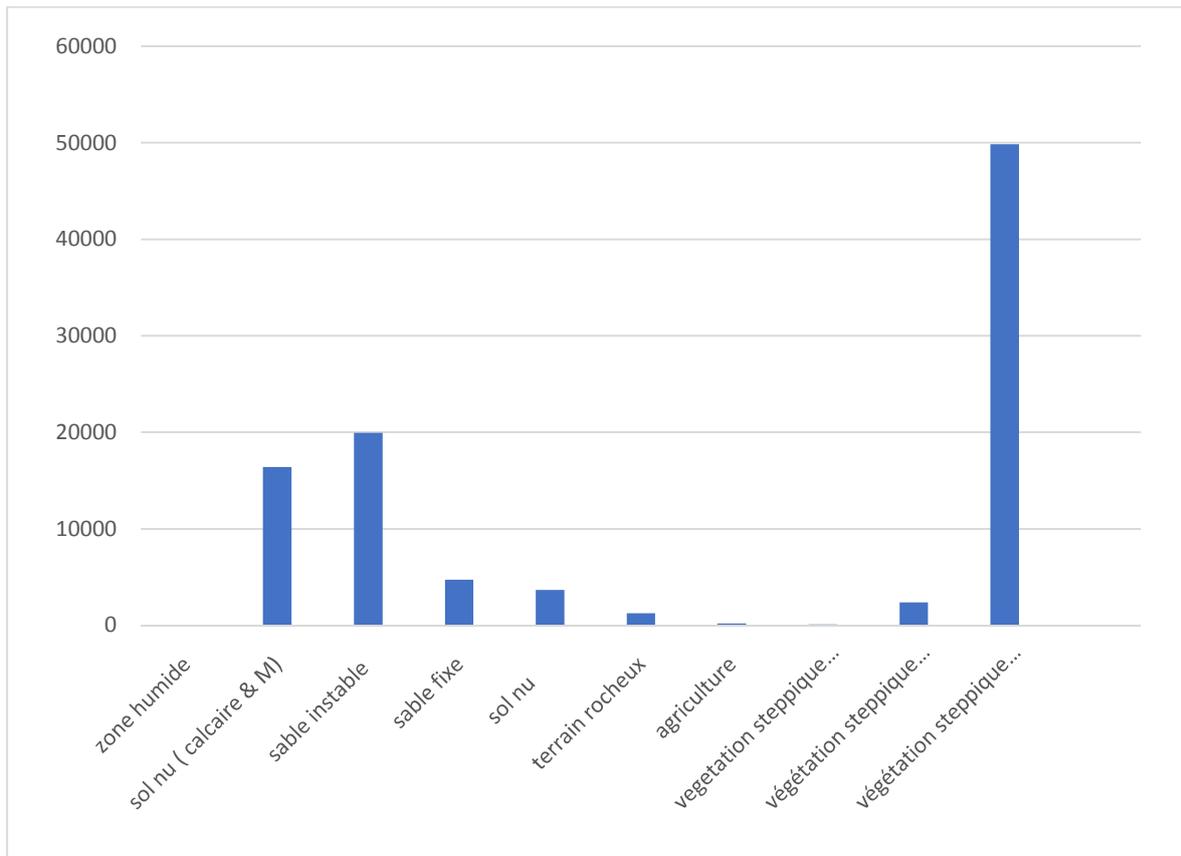


Figure n°27 : répartition des superficies des classes d'occupation des sols de l'année 1999.

Durant l'année 1999, la végétation steppique éparsse a connu une période de progression avec un totale de 49841 Ha soit 50% de la superficie de la zone d'étude. Ce constat est conforté par la régression des superficies occupées par les classes de sols nus et formations sableuses avec des valeurs de 3.72% et 20.22%. Néanmoins, bien que la végétation steppique ait connu une progression, les classes de végétation steppiques dense et de moyenne densité laisse présager une fragilité continue de la région steppique aux aléas de l'environnement, car à travers une comparaison avec les cartes d'occupation des sols réalisées pour les dates antérieures, il en ressort une faible présence de formations steppiques denses avec un totale de 0.11% par rapport à la superficie de la région.

Les résultats obtenus pour l'année 1999 sont la continuité du constat fait pour l'année 1995, ou la région steppique du Sud de la wilaya de TIARET a connu une phase de progression, avec notamment une remontée biologique de la couverture végétale en place, de plus les résultats obtenus pour l'année 1999 démontrent que la végétation steppique connaît une reprise au niveau des sols dépourvu de couverture végétale, la régression et la diminution de la superficie de la classe des formations sableuses instables et l'augmentation de la classe

formations sableuses stables , permettent d'identifier une couverture végétale steppique psamphyte s'étant installée au niveau des sols sableux.

1.4 Carte d'occupation des sols pour l'année 2003 :

Les résultats de la classification de l'image satellitaire de l'année 2003 sont illustrés comme suit (Figure n°28,29 et) :

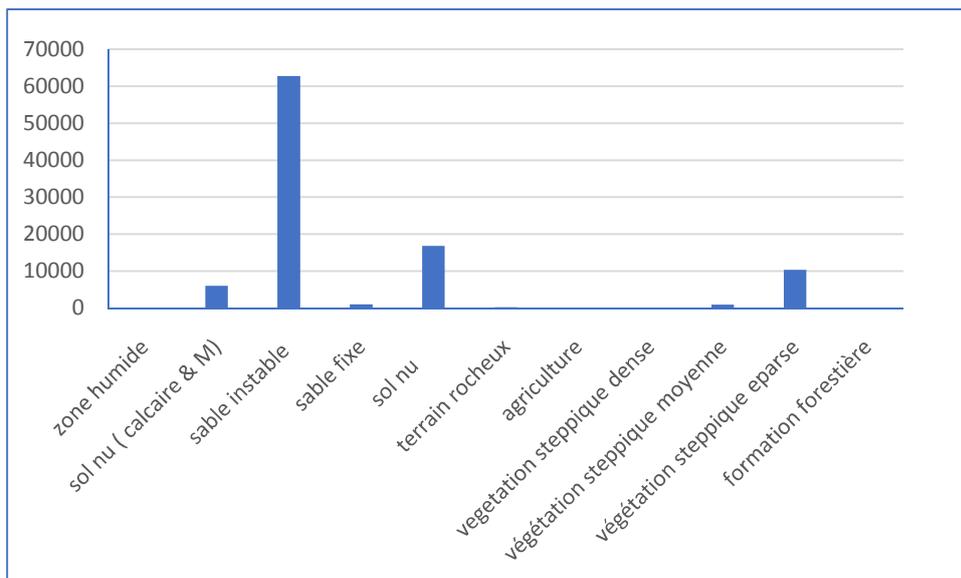


Figure n°28 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2003.

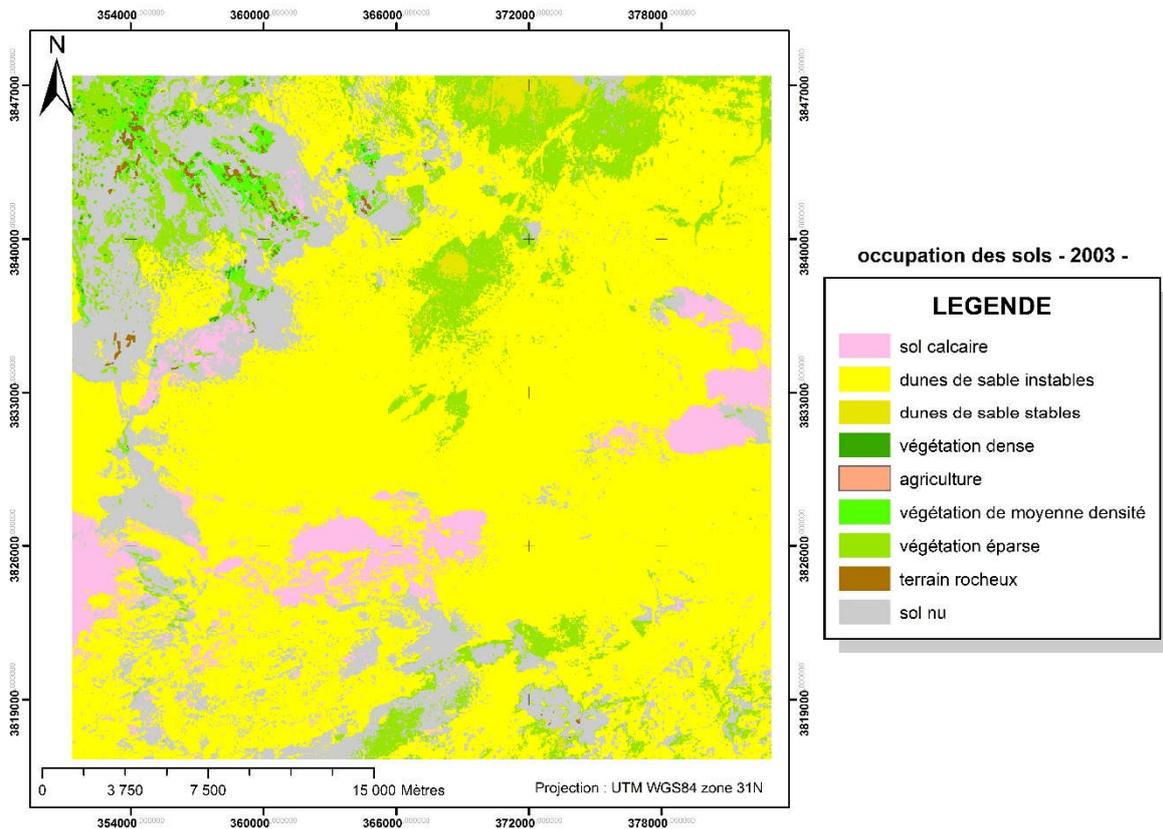


Figure n°29 : carte d'occupation des sols de l'année 2003.

Une lecture préliminaire de la carte d'occupation des sols fait ressortir une dominance de la classe représentée par les formations sableuses (dunes de sables stables & instables), celles-ci se concentrent essentiellement dans les parties Sud et Est de la région d'étude avec un pourcentage de 63% pour les dunes de sables instables. Elles indiquent une situation d'ensablement massif ayant intervenu durant la période allant de 1999 à 2003, aussi l'on dénote une régression de la couverture végétale steppique. Avec un totale de 10,47%. La carte d'occupation des sols pour l'année 2003 indique une situation de forte dégradation de l'écosystème steppique de la région de TIARET. Cette dégradation se traduit une action d'érosion éolienne ayant abouti un la formation de dunes de sables instables sur de grandes superficies et à différentes parties de la région d'étude.

Une comparaison entre les cartes d'occupation des sols pour l'année 2003 et les dates antérieures permet de statuer sur la grande sensibilité et vulnérabilité de la région steppique de TIARET aux conditions extrêmes du milieu naturel. La faible couverture végétale éparse présente ainsi que les vents dominants favorisent l'ensablement continue de la région

1.5 Carte d'occupation des sols pour l'année 2007 :

Le traitement de l'image satellitaire correspondant à l'année 2007 a permis de réaliser la carte d'occupation des sols illustrée dans la figure n°30. La figure n°31 illustre la répartition des superficies des classes d'occupation des sols.

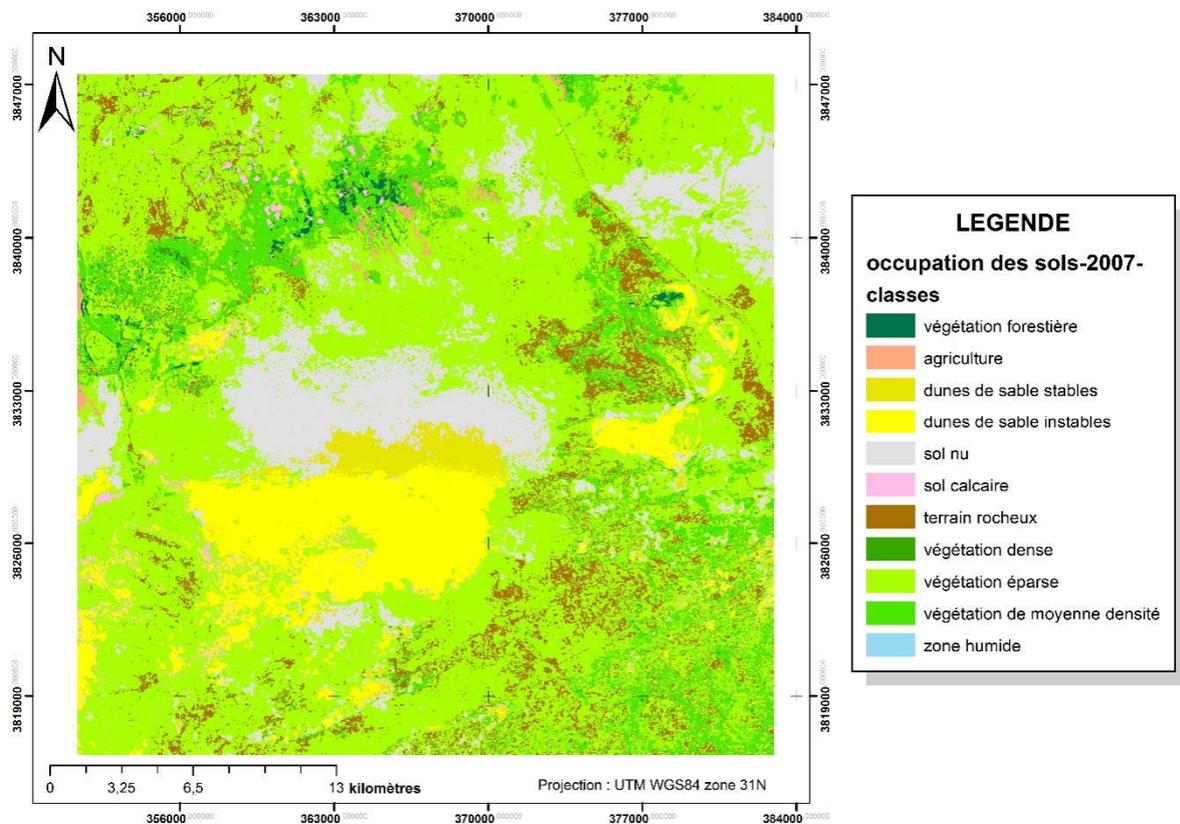


Figure n°30 : carte d'occupation des sols de l'année 2007.

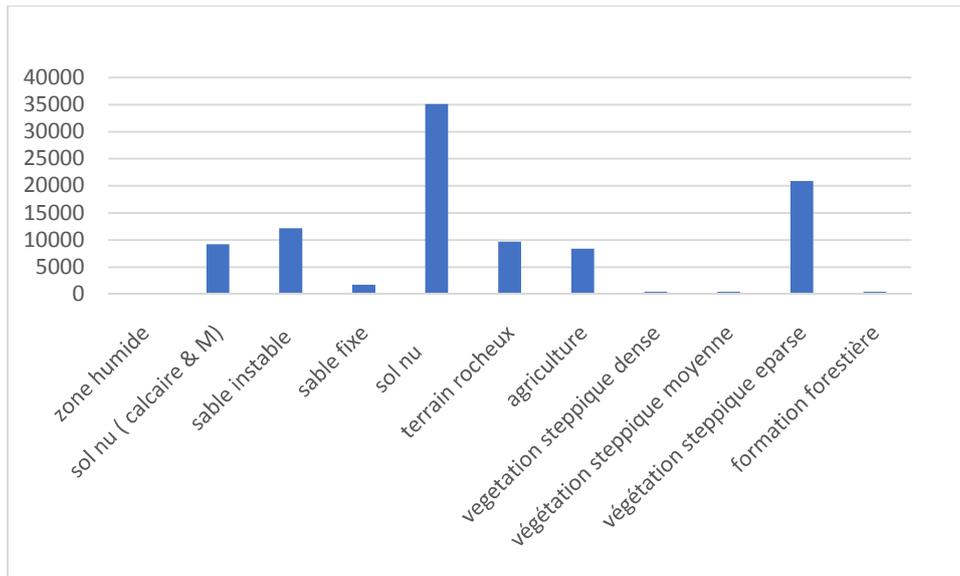


Figure n°31 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2007.

Les résultats obtenus font état de la dominance de la classe représentée par les sols nus, avec un pourcentage de 35,60%, suivie de la classe de végétation steppique éparse avec un totale de 30,29%, traduisant une situation de progression de la couverture végétale steppique durant la période allant de 2003 à 2007, aussi la carte d'occupation des sols pour l'année 2007 fait ressortir une tendance de l'utilisation des parcours steppiques par l'homme, en effet les parcelles occupées par la pratique agricole correspondent à 8.52% de la superficie de la région d'étude. En comparaison avec l'ensemble des cartes réalisées pour les périodes précédentes, il est à constater une nette augmentation de la classe agriculture, ce brusque changement conforte l'hypothèse de la sédentarisation de la population en milieu steppique mais aussi, une exploitation abusive et un changement de vocation des parcours steppique de la région de TIARET. Par ailleurs la végétation steppique en place se caractérise par la dominance de la végétation steppique éparse, les classes de végétation steppiques de moyenne densité et dense n'occupant que peu de superficies avec des pourcentages de l'ordre de 0.96% et 24%. Le regain de la végétation steppique de moyenne densité durant la période de 2003 à 2007 intervient dans le cadre du plan d'action national de lutte contre la désertification ou une série d'action de conservation in situ a été préconisée, particulièrement à travers des actions de mise en défens.

1.6 Carte d'occupation des sols pour l'année 2011 :

La carte d'occupation des sols réalisée pour l'année 2011 (figure n°32) fait ressortir une situation de remontée biologique de végétation steppique dans la région, en effet il est à constater une réappropriation des superficies dépourvues de végétation par une végétation steppiques éparse et de moyenne densité avec des valeurs de l'ordre de 30% et 24 % (figure n°33). Ce qui démontre une très grande tendance de l'écosystème steppique à changements paysagers, mais une situation d'évolution progressive par rapport aux années précédentes. la régression des superficies de sols sableux avec un pourcentage de 1.68% et 5.75% corrobore avec l'hypothèse d'une remontée biologique d'une végétation steppique psamophyte. La comparaison entre les cartes d'occupations précédemment décrites et celle de 2011 laisse entrevoir une alternance entre les situations de régression et de progression de la couverture végétale dans la région d'étude. De plus l'année 2011 marque la période durant laquelle un maximum de végétation a été identifié.

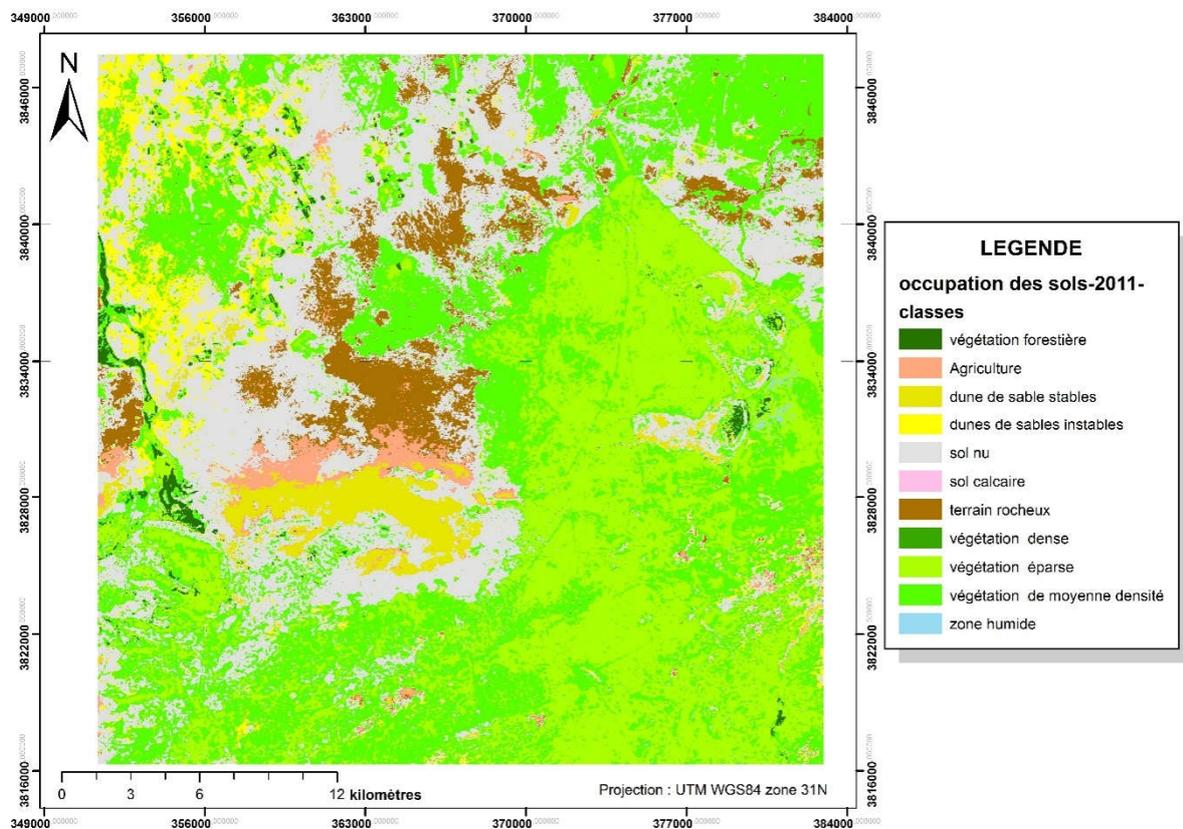


Figure n°32 : carte d'occupation des sols de l'année 2011.

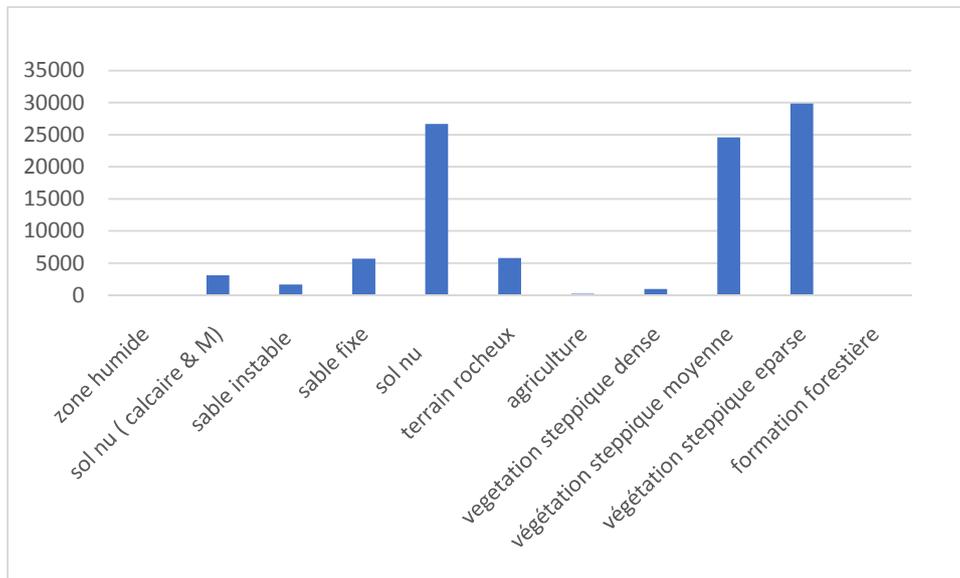


Figure n°33 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2011.

1.7 Carte d'occupation des sols pour l'année 2016 :

La carte d'occupation des sols établie pour l'année 2016 est réalisée à partir de la classification de l'image satellitaire *landsat* 8 Oli (figure n°34). Les résultats obtenus sont illustrés comme suit (figure n°35).

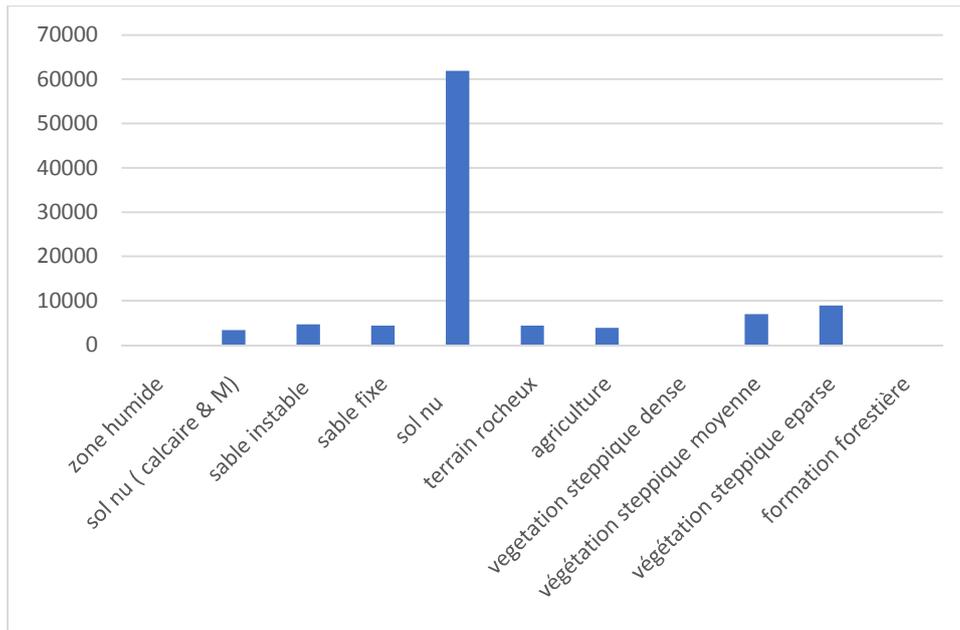


Figure n° 34: répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2016.

Les résultats de la cartographie de l'occupation des sols pour l'année 2016 démontrent une régression de la couverture végétale steppique par rapport à l'année 2011 avec des valeurs de l'ordre de 7.5% et 9.04% pour les formations végétales de moyennes densité et les formations végétales éparse. Les résultats démontrent une forte dominance de la classe des sols nus avec un totale de 61916 Has par rapport à la superficie totale de la région d'étude, de plus en remarque une certaine hétérogénéité entre la répartition des autres classes identifiées, avec notamment 4.78% pour les formations sableuses instables. La superficie réduite des formations sableuses est indicatrice de ralentissement du processus d'ensablement sans pour autant que le phénomène en question ne soit de moindre envergure. Aussi l'on remarque l'instabilité paysagère en milieu steppique. En effet, à travers une comparaison entre les différentes cartes d'occupation des sols réalisées, il en ressort une différenciation temporelle et une répartition spatiale hétérogène des classes d'occupation identifiées. Ce constat permet de conclure des fortes interactions entre la végétation en place et les conditions du milieu naturel au niveau de la zone d'étude.

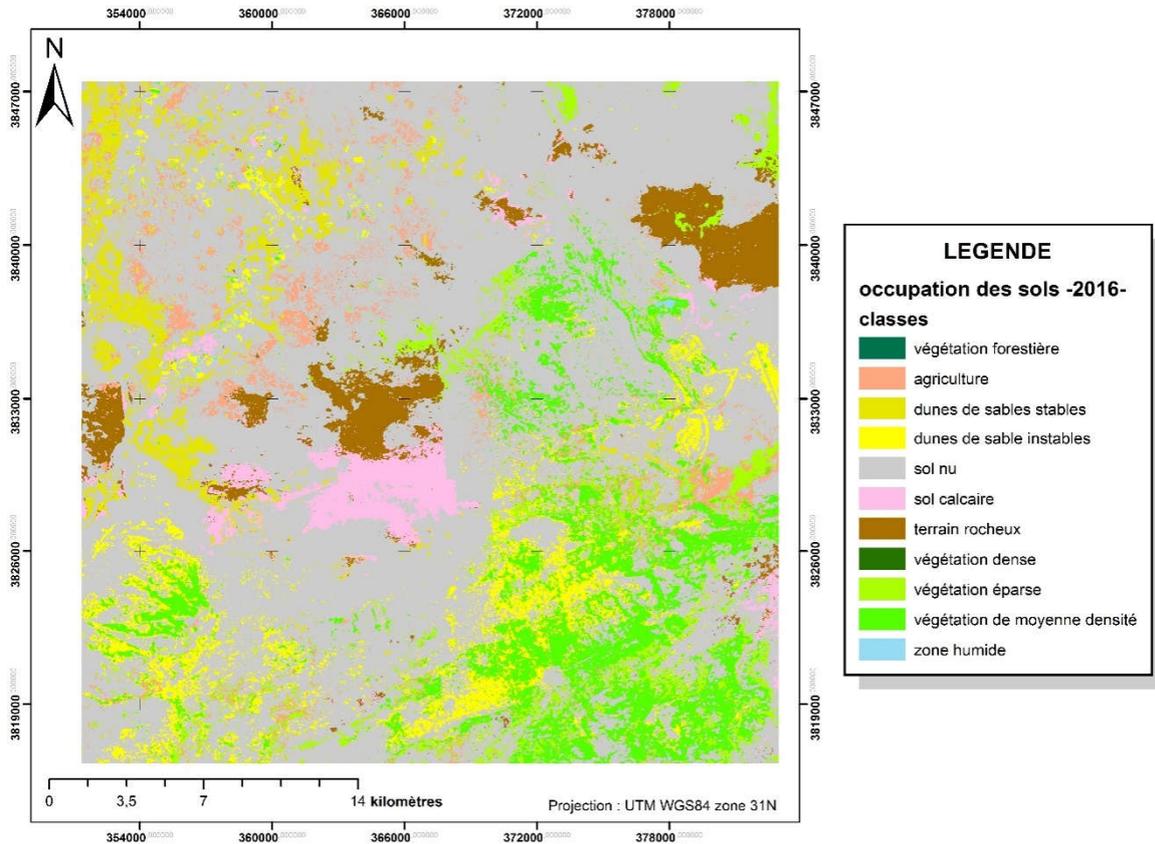


Figure n°35 : carte d'occupation des sols pour l'année 2016

2. Les indices :

Les résultats obtenus pour les indices calculés, indice de salinité SI et indice d'humidité NDWI sont illustrés comme suit :

2.1 Indice de salinité SI :

L'indice de salinité SI prends des valeurs allant de -1 à 1, ou une valeur de SI correspondant à 1 décrit une situation de forte salinité. Toutefois l'inconvénient des indices en télédétection réside dans l'indisponibilité d'intervalle définissant des seuils et des classes, le principe des indices est que la description de l'information contenue dans chaque indice calculé, est tributaire de la valeur de l'intervalle vers laquelle la valeur de l'indice tend.

L'acquisition des données relatives à l'indice de salinité SI à travers la plateforme de téléchargement google earth engine a permis de générer des cartes de salinité estimée à partir des images issues des capteurs landsat. Celles-ci sont illustrées comme suit :

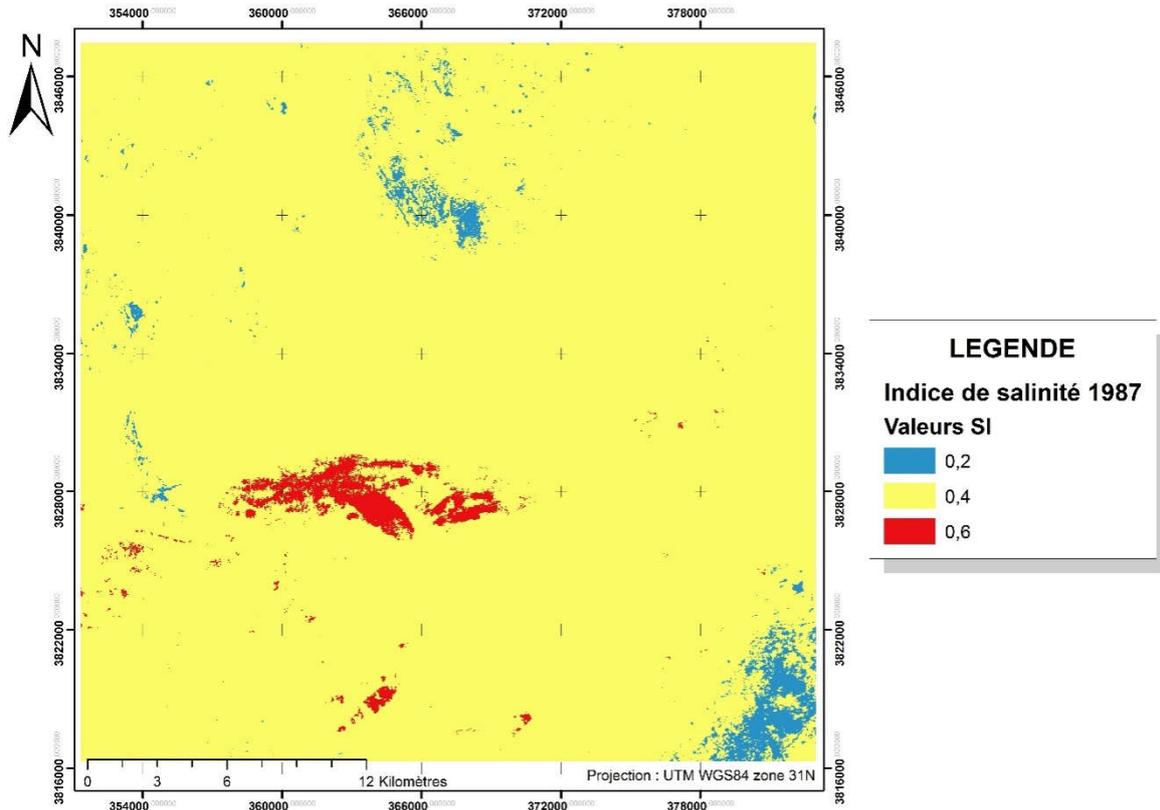


Figure n°36 : indice de salinité SI de la région d'étude pour l'année 1987.

Les valeurs de l'indice de salinité pour l'année 1987 sont comprises entre 0.2 et 0.6, elles indiquent des sols salins au niveau de la région d'étude, ou SI= 0.6 correspond à des régions de forte salinité. La carte de l'indice de salinité SI fait ressortir une dominance de la classe SI=0.4 correspondant à une salinité moyenne.

La figure n°37 correspond à l'indice de salinité SI de l'année 1995, les valeurs obtenues oscillent entre 0 et 0.12 démontrant ainsi une diminution de la salinité des sols , dû notamment à la progression de la couverture végétale. La comparaison entre les valeurs de SI pour l'année 1987 et l'année 1995 font état d'une légère diminution de l'indice calculé.

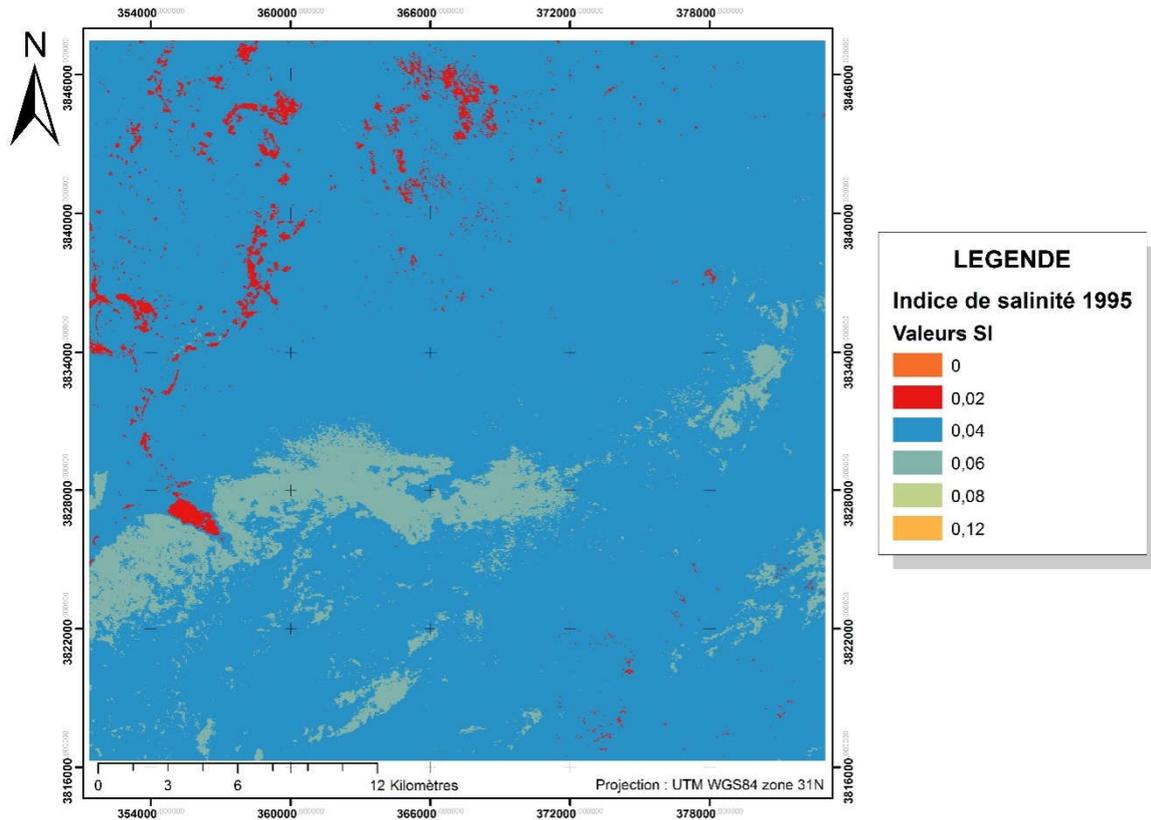


Figure n°37 : Carte de l'indice de salinité SI pour l'année 1995.

Les valeurs de l'indice de salinité SI obtenues pour l'année 1999 sont comprises entre 0 et 0.06, soit une légère ou absence de salinité sur la majeure partie de la région d'étude, de plus une comparaison avec l'indice de salinité calculé pour l'année 1995 démontrent un changement marginal, une régression des valeurs maximal de 0.12 à 0.06 indiquant ainsi l'absence de forme de dégradation des sols par salinisation durant la période allant de 1995 à 1999.

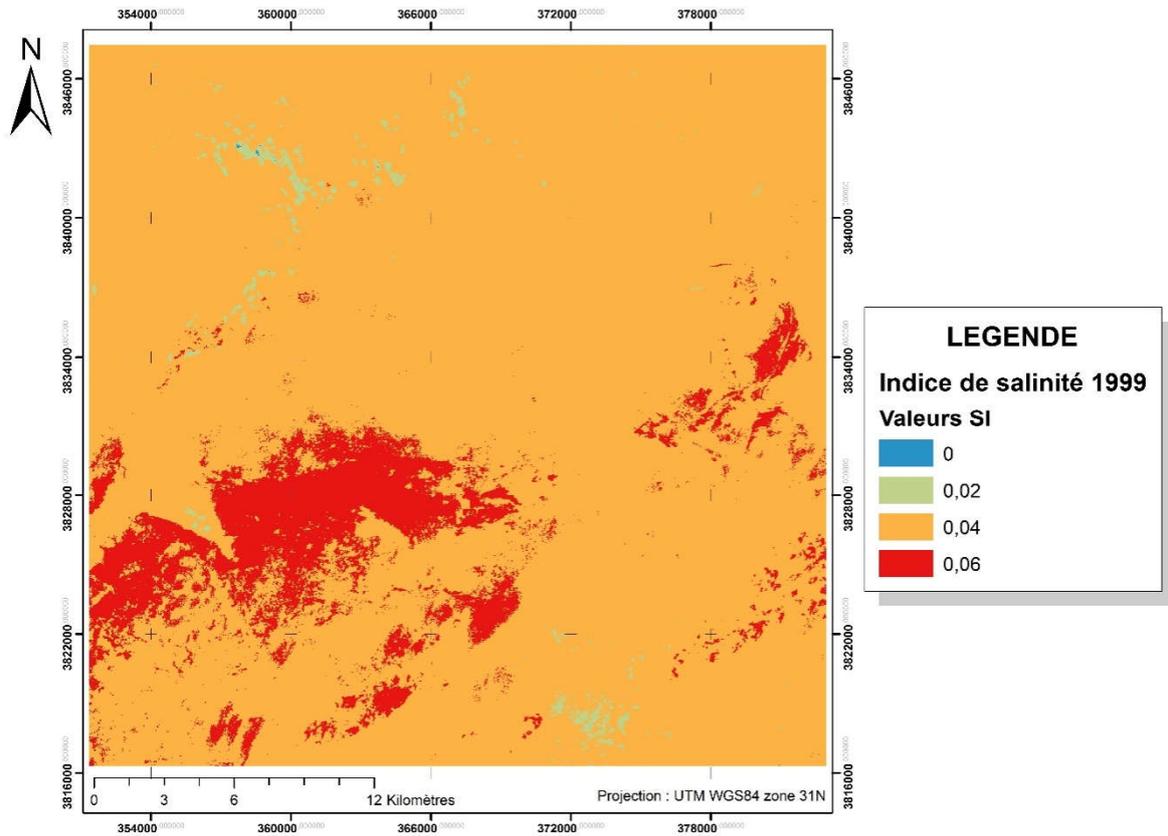


Figure n° 38: Carte de l'indice de salinité pour l'année 1999.

L'indice de salinité pour l'année 2003 prend des valeurs comprises entre 0 et 0.06 (figure n°39) comme pour l'année 1999 indiquant que la salinité des sols n'a pas évoluée. Cependant l'on remarque une concentration des pixels dans les valeurs maximales sont de SI=0.06 au niveau de la partie Centre et Ouest au prolongement de la zone humide de CHOTT CHERGUI

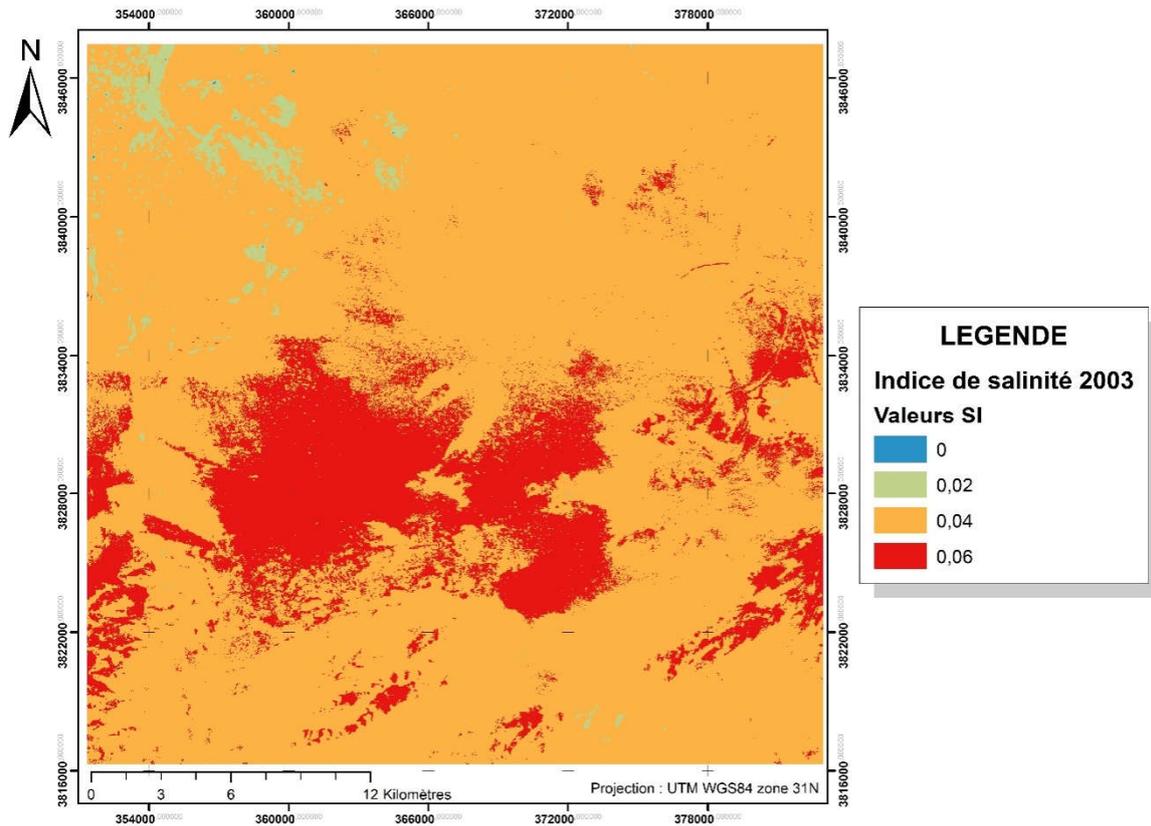


Figure n°39 : carte de l'indice de salinité SI calculé pour l'année 2003.

L'indice de salinité obtenu pour l'année 2007 comprend des valeurs comprises entre 0.02 et 0.06 tout comme pour les années 2003 et 2007, cependant il est à noter la dominance des pixels ayant des valeurs de SI=0.04 soit une diminution de la salinité par rapport aux dates antérieures

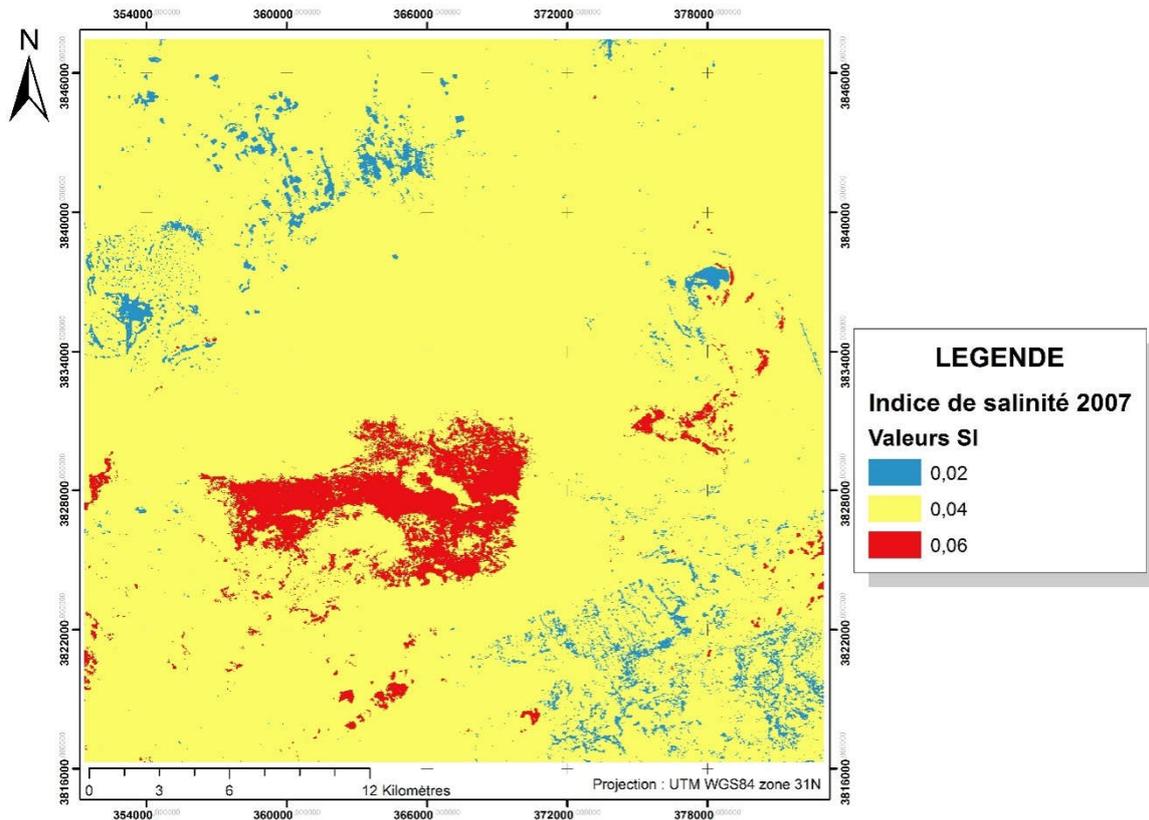


Figure n° 40: carte de l'indice de salinité de l'année 2007.

Les valeurs de l'indice de salinité obtenues pour l'année 2011 (Figure n°41) vont de 0 à 0.06 indiquant une très faible salinité. Celles-ci correspondent aux mêmes valeurs obtenues pour les dates précédentes, cependant, il en ressort une dominance de la classe de SI= 0.02 particulièrement dans la partie Est de la zone d'étude, de plus les valeurs élevées de l'indice de salinité SI=0.06 se situent dans la partie centre et Sud de la région d'étude, la comparaison avec les cartes de salinité obtenues permet de dire que la zone en question est la région la plus exposée et manifestant une grande aptitude de salinisation.

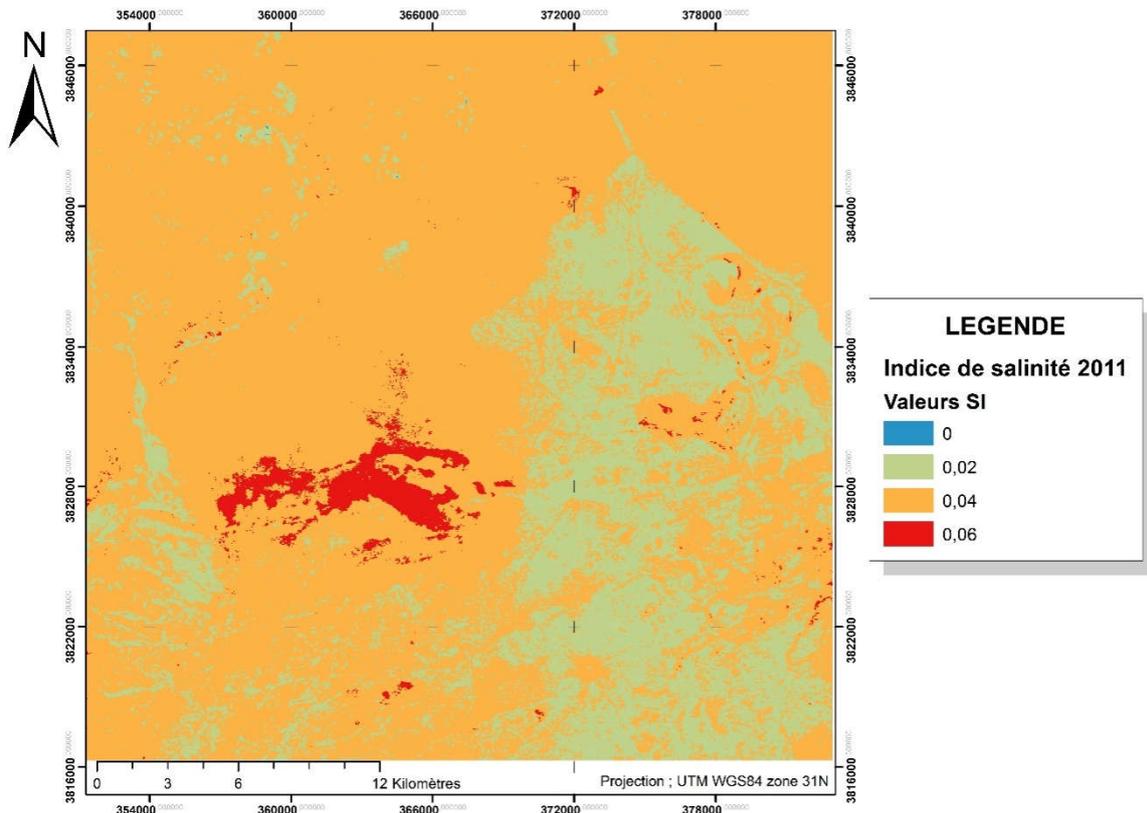


Figure n°41 : carte de l'indice de salinité SI pour l'année 2011.

L'indice de salinité calculé pour l'année 2016 (Figure n°42). Fait ressortir des valeurs allant de 0.2 à 0.6 laissant entrevoir une situation de salinisation intervenant au niveau de la région d'étude, les valeurs maximales de $SI=0.6$ se concentre essentiellement dans la partie centre de la région d'étude, de plus une appréciation globale permet de conclure à une légère salinisation des sols dans la région d'étude avec des valeurs de $SI=0.2$ se concentrant essentiellement dans la partie Est de la région d'étude.

L'indice de salinité SI calculé pour la région d'étude sur l'ensemble des années fait ressortir une constance du phénomène de la salinisation des sols, durant la majeure partie de la période d'observation. L'année 2016 indique que les sols de la région ont connu durant la période 2011-2016 une légère augmentation de la salinité

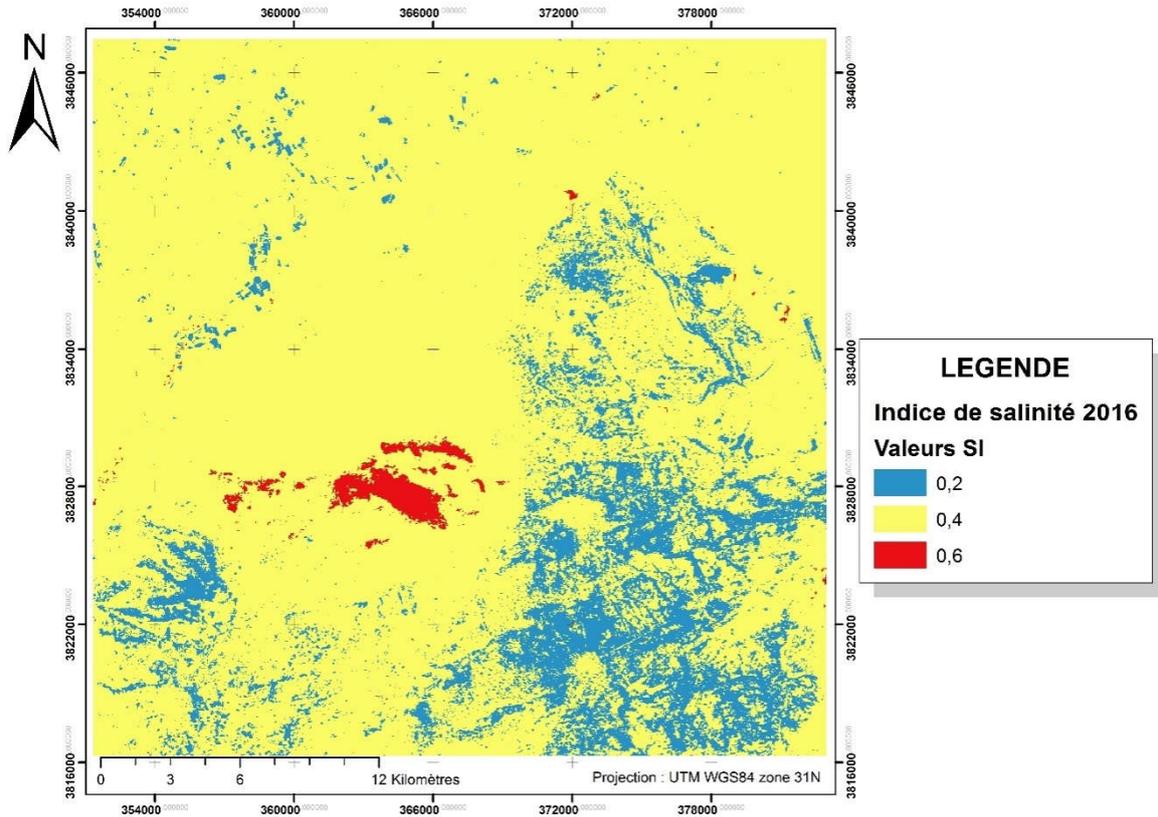


Figure n°42 : carte de l'indice de salinité SI pour l'année 2016.

2.2 L'indice d'humidité NDWI :

L'indice d'humidité NDWI indique une sécheresse sévère si la valeur de NDWI égale à -1 et une bonne humidité du sol quand la valeur égale ou tend à 1.

Les valeurs de l'indice d'humidité NDWI obtenues indiquent une disparité spatiale et temporelle de l'humidité des sols, laissant présager que la région steppique du Sud de la wilaya de TIARET connaît de forte saison de sécheresse.

Les valeurs de l'indice d'humidité pour l'année 1987 (figure n°), vont de -0.4 à .02. la lecture de la carte de l'indice NDWI établie dans ce sens , permet de dire que la région d'étude a connu durant la période une sécheresse accrue avec une dominance des sols avec des valeurs de NDWI=-0.04 , l'ensemble de la région parait sujet à une forte sécheresse , les quelques régions avec des valeurs de NDWI =0.2 se concentrent essentiellement dans la partie centre de la région et sont représentées par des dépressions , les dhayas.

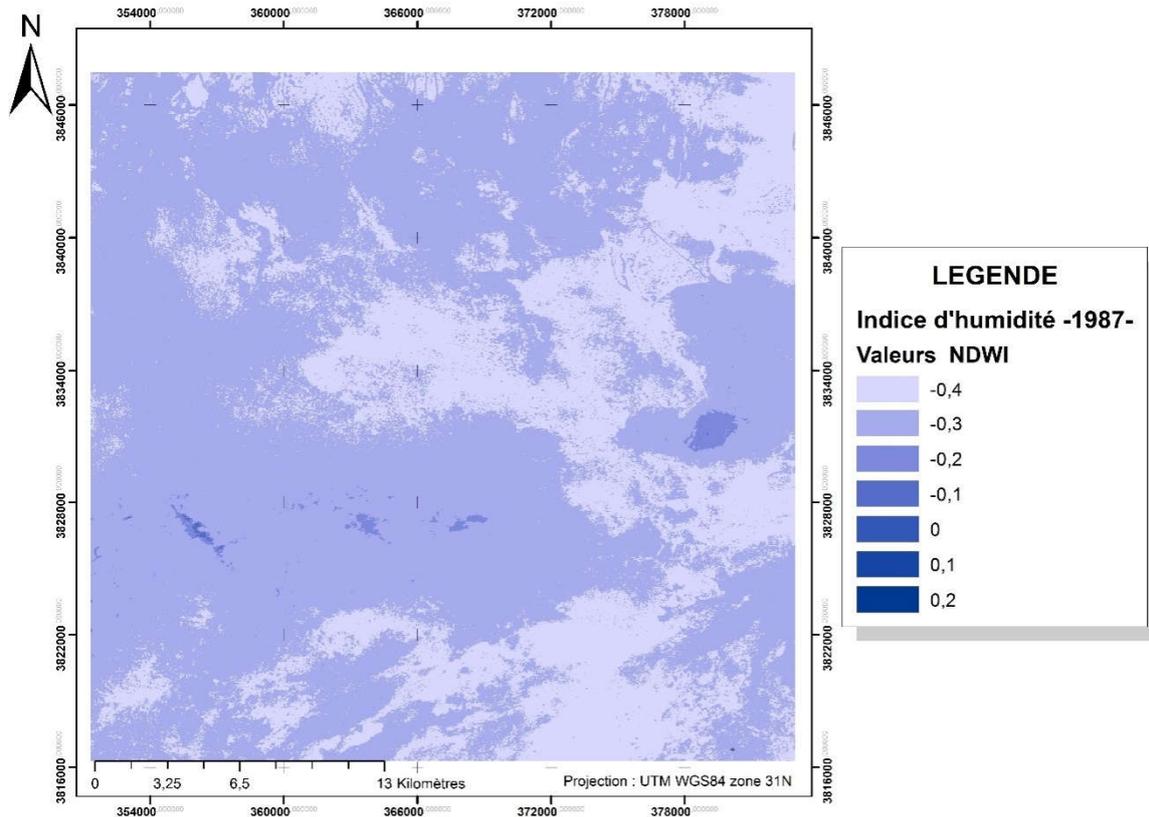


Figure n°43 : carte de l'indice d'humidité NDWI pour l'année 1987.

L'indice d'humidité calculé pour l'année 1995 (Figure n°44). fait ressortir des valeurs allant de -0.8 à 1. L'interprétation de la carte de l'NDWI établie permet de dire que la région d'étude connaît un accroissement de la sécheresse durant l'année 1995, les valeurs de l'indice dominantes se situent autour de -0.5 et -0.1. Les valeurs maximales de l'indice d'humidité sont faiblement représentées et se situent au niveau des dhayas, ou la possibilité d'une bonne capacité de rétention d'eau, celles-ci se situent essentiellement dans la partie Centre de la région d'étude.

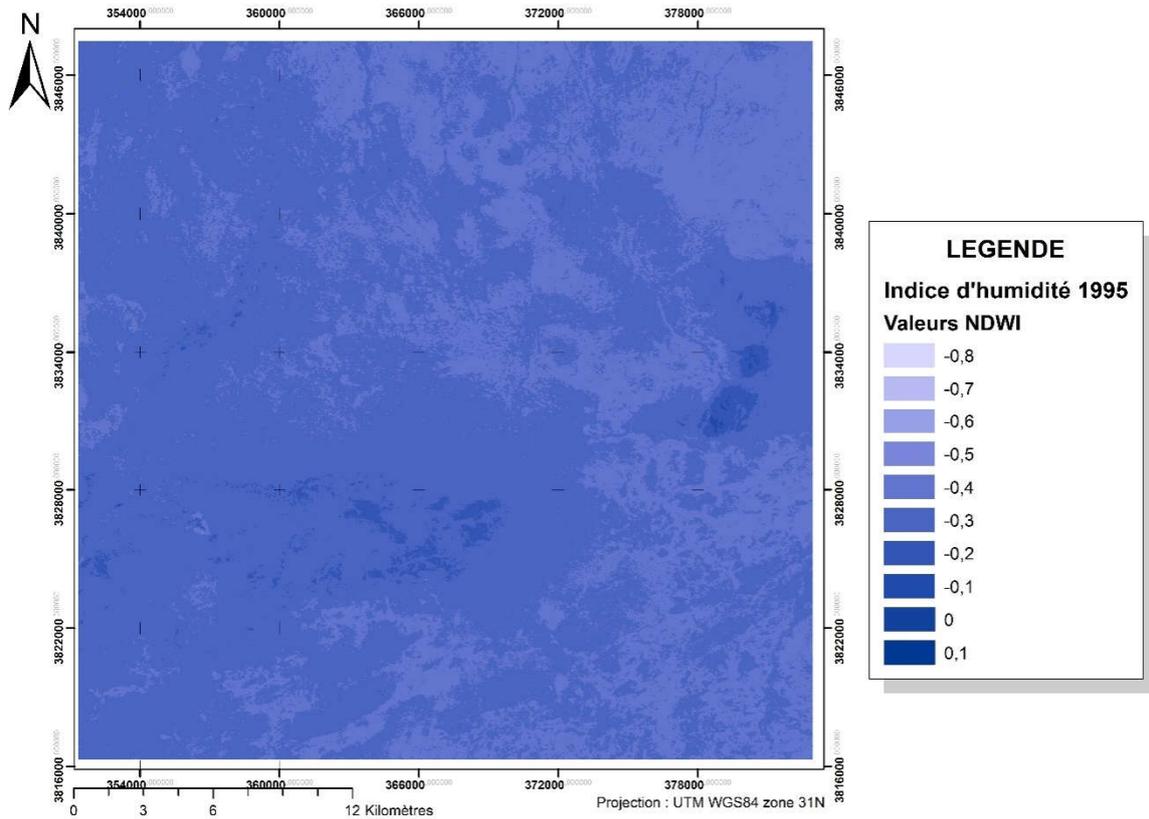


Figure n°44 : carte de l'indice NDWI pour l'année 1995.

La région d'étude manifeste des valeurs de NDWI pour l'année 1999 (figure n°45) allant de -0.5 à -0.1, décrivant une sécheresse absolue étant intervenue au niveau de la zone d'étude, de plus les résultats obtenus démontrent une dominance des pixels ayant une valeur de NDWI=-0.5 ce qui démontrent que la région a connu durant cette phase une sécheresse sévère. La comparaison de l'indice NDWI de l'année 1999 avec les cartes précédemment établies démontre que l'année 1999 marque un maximum de sécheresse intervenue et fait suite à une évolution progressive la sécheresse durant la période allant de 1987 à 1999.

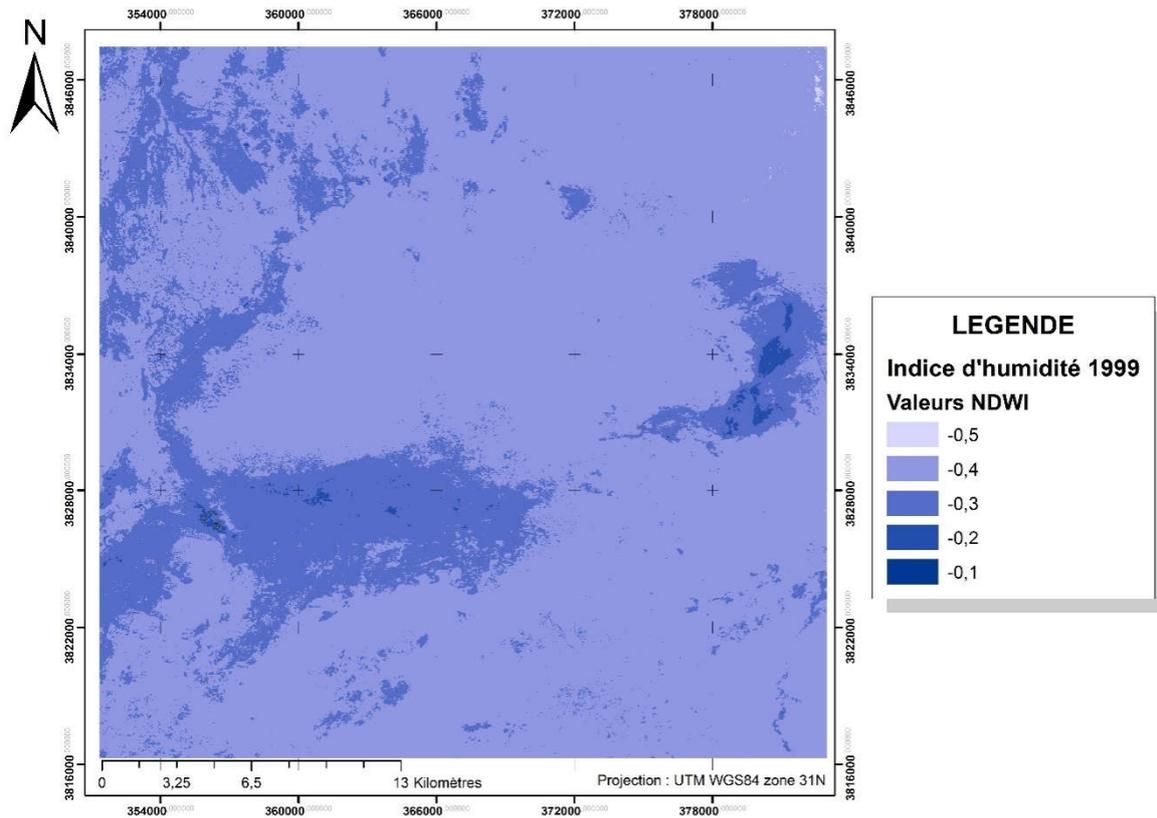


Figure n° 45: carte de l'indice d'humidité NDWI pour l'année 1999.

L'indice d'humidité NDWI pour l'année 2003 fait ressortir des valeurs comprises entre -0.5 et -0.1 , les classes dominantes sont celles avec des valeurs allant de -0.4 à -0.3

Tout comme les indices NDWI pour les cartes établies, l'humidité des sols caractérisée pour l'année 2003 démontre la sécheresse caractéristique de la zone d'étude. La région steppique du Sud de la wilaya de TIARET manifeste les caractéristiques climatiques des écosystèmes semi-arides.

L'interprétation de la carte permet de conclure à une hétérogénéité de la répartition des classes de l'indice NDWI avec notamment une dominance d'une seule classe pour l'ensemble des années de la période d'observation.

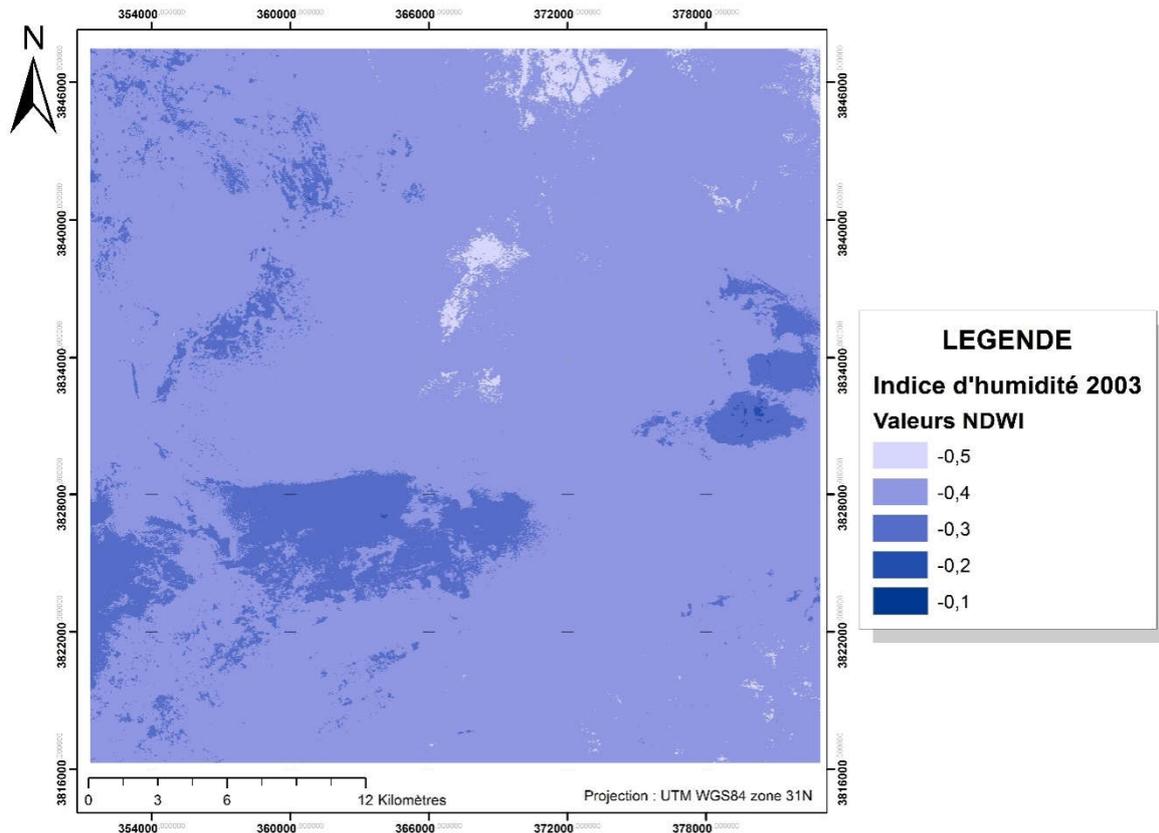


Figure n°46 : carte de l'indice NDWI de l'année 2003.

L'acquisition des données de l'indice d'humidité pour l'année 2007 a permis la réalisation de la carte correspondant (figure n°47).

D'après les résultats obtenus, il en ressort que la région d'étude connaît une légère amélioration de l'humidité des sols, avec des valeurs comprises entre -0.4 et 0.5. Cependant il en ressort une dominance des classes de NDWI correspondant à des zones sèches, en effet les classes dominantes sont celles avec des valeurs de NDWI= -0.4 jusqu'à -0.1. les valeurs de l'indice NDWI= 0.5 correspondent tout comme les cartes établies aux dates antérieures , à des dépressions ou la possibilité d'une bonne humidité des sols est indiquée.

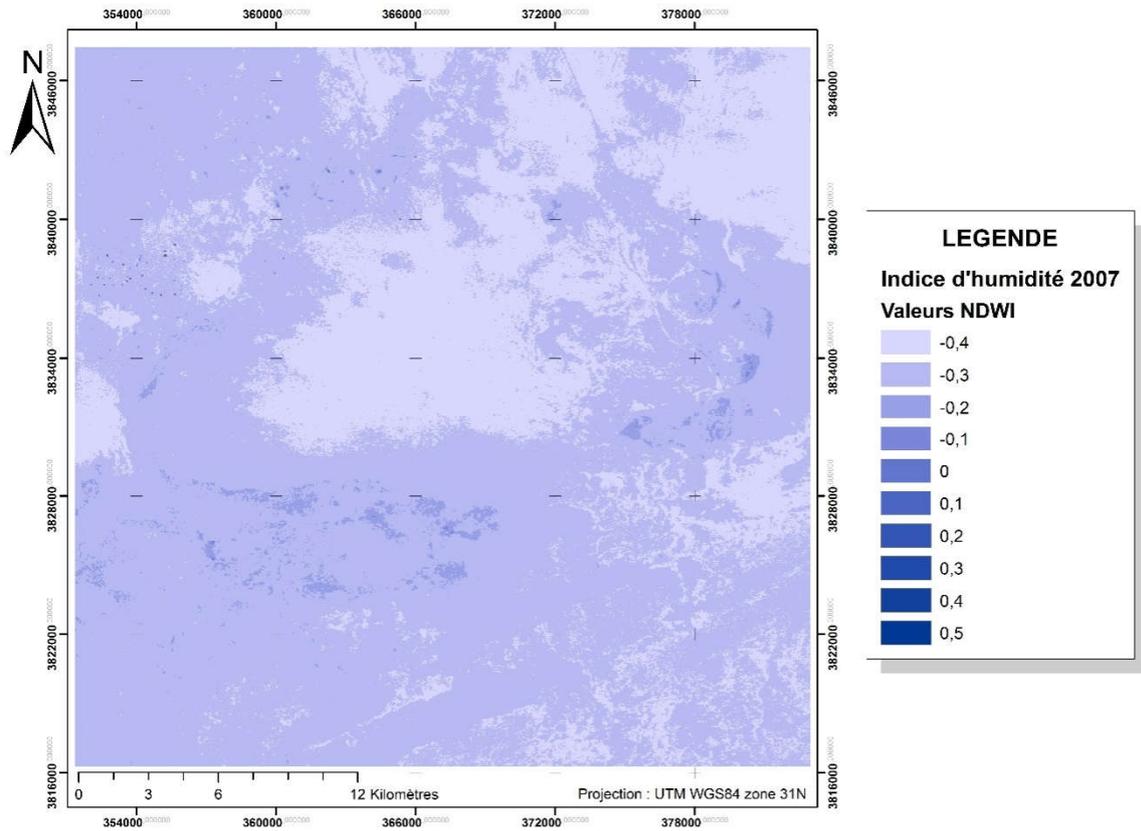


Figure n°47 : carte de l'indice NDWI pour l'année 2007.

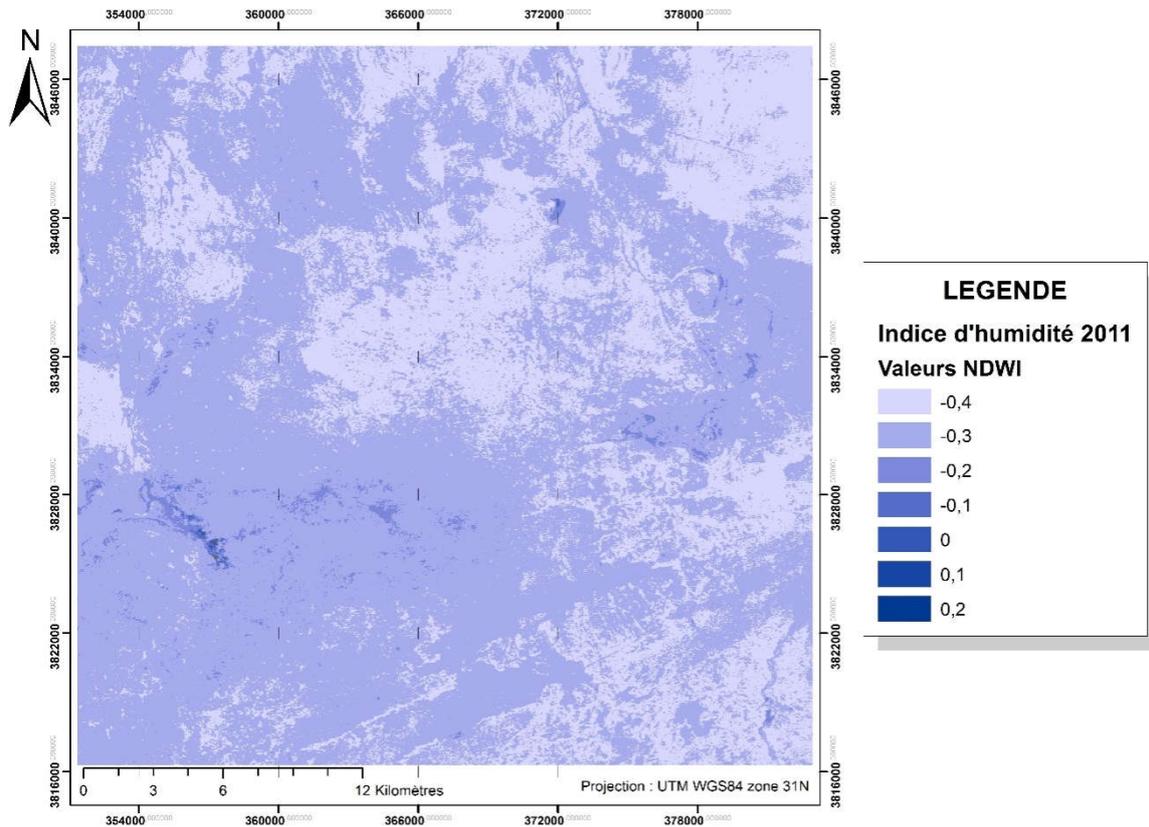


Figure n°48 : Carte de l'indice NDWI pour l'année 2011.

La carte de l'indice d'humidité pour l'année 2011 (figure n°48) démontrent des valeurs qui oscillent entre -0.4 et 0.2. L'indice NDWI obtenus pour l'année 2011 manifeste une similarité avec l'année 2007 ou l'on enregistre une dominance des classes dont les valeurs de l'NDWI sont celles comprises entre -0.4 et -0.1, avec une légère régression des valeurs maximale ou l'on enregistre une valeur maximale de 0.2 correspondant aux dhayas situées dans la région d'étude.

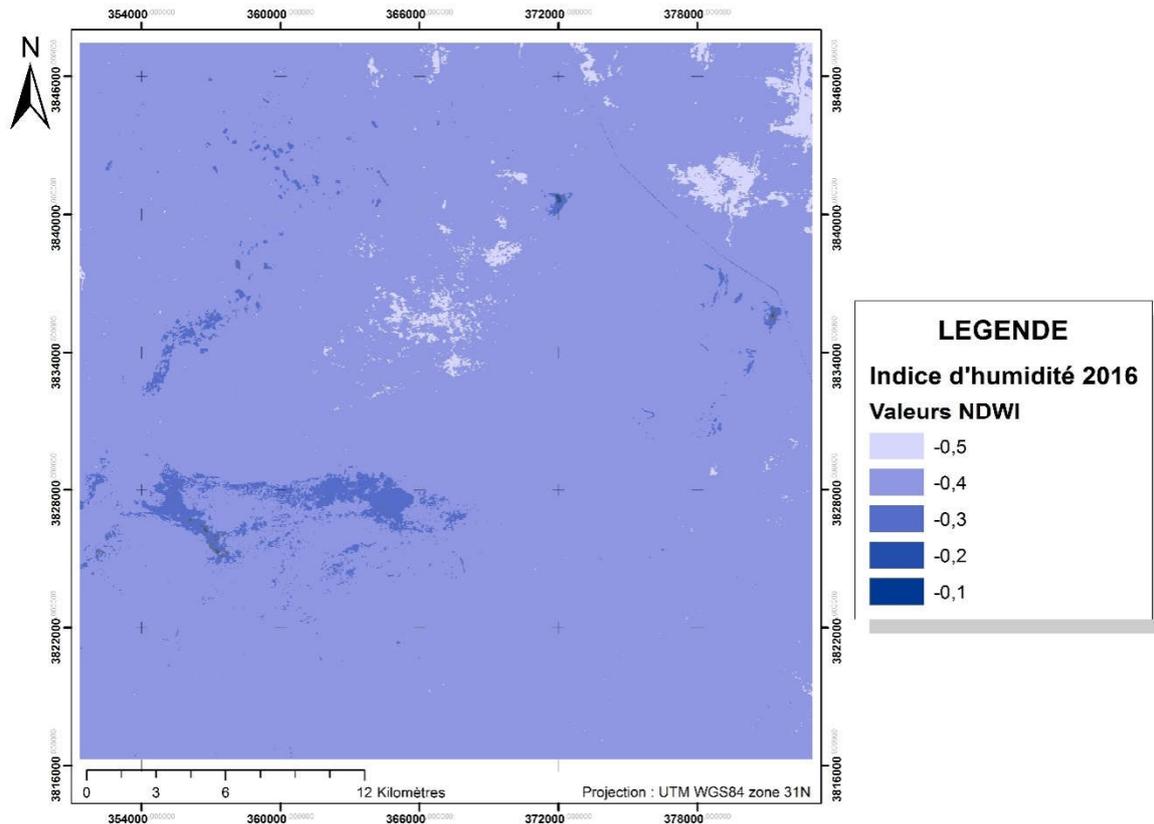


Figure n°49 : Carte de l'indice NDWI pour l'année 2016.

L'indice NDWI obtenu pour l'année 2016 fait ressortir une situation de sécheresse intervenue au niveau de la zone d'étude, avec des valeurs de NDWI comprises entre -0.5 et -0.1, la comparaison de l'indice d'humidité entre 2016, 2011 et 2007 démontre que la sécheresse s'accroît durant cette période, avec une dominance des classes dont la valeur de l'NDWI est comprise entre -0.4 et -0.3.

L'indice d'humidité NDWI calculé pour l'ensemble de la période d'observation permet d'identifier une région caractéristique des écosystèmes semi arides, avec une sécheresse permanente durant l'ensemble de la période d'observation. De plus, il en ressort une faible présence des classes dont les valeurs de l'NDWI correspondent à une bonne humidité des sols, et qui se concentrent essentiellement dans les Dhayas et à la limite des zones humides.

2.3 Précipitation cumulée :

Le calcul de la précipitation cumulée pour chaque année répond au besoin de connaître l'apport pluviométrique annuel au niveau de la région d'étude. Aussi, il fait suite à la problématique de connaître le degré de représentativité de l'indice d'humidité des sols NDWI obtenu pour la région d'étude. Les faibles valeurs de l'indice NDWI sont elles pour démontrer une région sèche ?

Le calcul de la précipitation annuelle cumulée à partir des données CHIRPS, permet à travers une comparaison avec les cartes de l'indice d'humidité NDWI de statuer sur la sécheresse de la région d'étude, ou de la faible capacité de rétention d'eau des sols steppiques de la région. Le tableau n°, illustre les résultats obtenus.

Tableau n°06 : précipitations annuelles cumulées pour la période de 1987-2016.

Année	1987	1995	1999	2003	2007	2011	2016
Précipitation cumulée (mm)	274,36	226,66	280	300	195	325	220

Il en ressort que les précipitations annuelles cumulées varient de 195 à 300 mm, la valeur minimale enregistrée correspond à l'année 2007 avec un maximale de 325 mm pour l'année 2011. La fluctuation des valeurs de précipitations caractérise les écosystèmes semi arides. La région steppique. Le calcul de la précipitation annuelle cumulée servira de fait à faire ressortir les interactions existantes avec l'évolution de la végétation steppique en place.

3.Détection des changements et dynamique de la végétation steppique :

La détection des changements est une procédure permettant d'identifier les passages survenus d'un état vers un autre. En télédétection, il existe diverses méthodes de détection des changements, les plus évoquées sont la comparaison entre 02 images successives. Or, détecter des changements entre deux images à part suppose la négligence du caractère de succession chronologique de plusieurs images et ne peut que permettre la connaissance des changements entre deux dates seulement.

Dans ce sens, et pour une meilleure appréciation des changements intervenus, nous avons procédé à une méthode simple, basée sur l'estimation des superficies de chaque classe d'occupation des sols.

Un suivi de l'évolution, de chaque classe durant la période d'observation, a permis, à travers une analyse de corrélation, de connaître quelles peuvent être les classes dont les changements dans le temps sont liés les uns aux autres.

La réalisation des cartes d'occupation des sols permet de calculer la superficie de chaque classe, son taux d'accroissement et le tracé sa courbe évolutive durant la période 1987-2016 (Figure n°50).

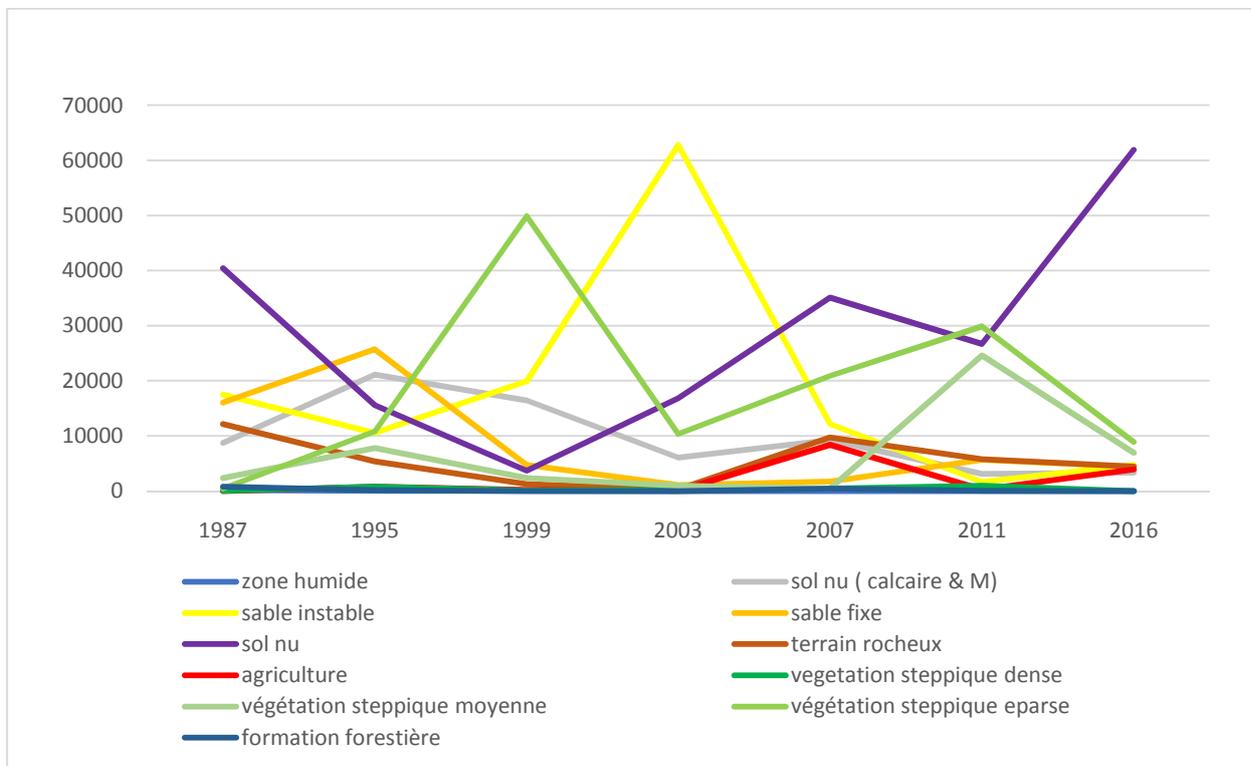


Figure n° 50: évolution des superficies des classes d'occupation des sols entre 1987 et 2016.

Les données d'évolution présentées indiquent une irrégularité de la dynamique des classes d'occupation des sols. En effet, la classe des sols nus présente une tendance à la progression, indiquant une situation d'évolution régressive de la zone d'étude. Aussi, les résultats obtenus font état d'une période d'ensablement massif durant la période allant de 1995 à 2007 avec un maximum durant l'année 2003, renseignant ainsi sur un processus d'érosion éolienne conséquent ayant intervenu au niveau de la région.

La végétation steppique manifeste une irrégularité d'évolution, ainsi qu'une passivité par rapport aux autres classes d'occupation confortant ainsi l'hypothèse d'une très grande vulnérabilité aux aléas du milieu physique.

Il en ressort que le couvert végétal steppique a connu trois phases évolutives distinctes :

De 1987 à 1999 : la superficie de la végétation steppique a connu une évolution progressive, avec un taux d'accroissement de la végétation steppique dense de 12% pour l'année 1995 et 0.9% pour l'année 1999. La végétation steppique moyenne enregistre un taux d'accroissement de 2.53% pour l'année 1995 et 0.02% pour l'année 1999, par ailleurs la classe de végétation steppique éparse présente un taux d'accroissement de 22,03% pour l'année 1995 et 105,35% pour l'année 1999.

De 1999 à 2003 :

Les taux d'accroissement calculés pour la période allant de 1999 à 2003 démontrent un déclin de la couverture végétale, en effet la classe de la végétation steppique dense qui manifestement présente un taux d'accroissement de 0.9% par rapport à l'année 1987, a connu une évolution régressive par rapport à l'année 1999. Ce constat d'évolution régressive est d'autant plus consolidé par le taux d'accroissement enregistré pour la classe de la végétation moyenne qui enregistre un taux de - 0.58% pour l'année 2003 par rapport à l'année 1987. L'évolution de la végétation éparse avec un taux d'accroissement de 21.03% est un indicateur sur l'évolution qualitative de la couverture végétale, démontrant ainsi que le couvert végétal durant la période 1999-2003 a connu une évolution régressive.

De 2003 à 2011 :

L'analyse des taux d'accroissement des classes de végétation démontrent une évolution progressive ayant intervenue. En effet la classe de végétation steppique dense enregistre un taux d'accroissement de 2.7% pour l'année 2003 et 6.7% pour l'année 2007 avec un maximum de 15.6% pour l'année 2011. La végétation steppique moyenne présente un taux d'accroissement de 0.81% pour l'année 2007 et 9,56% pour l'année 2011. La classe de la végétation steppique éparse enregistre des taux d'accroissement de l'ordre de 43.57 % pour l'année 2007 et 62,7% pour l'année 2011.

De 2011 à 2016 :

Durant cette période, il en ressort que la couverture végétale a connu une phase évolutive régressive. Les taux d'accroissement enregistrés pour les trois classes de végétation font état d'un taux de -0.9% pour la classe de végétation steppique dense, 1.98% pour la classe de végétation moyenne et un taux d'accroissement de 18,01% pour la classe végétation steppique éparse. Le type d'évolution a été identifié en comparaison avec les taux obtenus durant l'année 2011.

Les résultats de la lecture préliminaire des évolutions des classes de végétation font état d'une évolution irrégulière avec des phases d'évolution progressive et régressive.

La recherche des raisons et causes ayant abouti à cette conclusion, implique une comparaison interclasses, entre les différentes classes d'occupation des sols. La confrontation des évolutions des classes d'occupation des sols permet d'aboutir à des indicateurs sur les raisons ayant conditionner l'évolution de la couverture végétale durant la période 1987-2016.

Tableau n°07 : matrice de corrélation entre les classes de végétation et les classes d'occupation des sols.

	ZH	SN	SNC	SI	SS	TR	AGR	FR	VM	VE	VD
VD	-0,4061	-0,3223*	0,1646	-0,334	0,325	0,0618	-0,0692	-0,2097	0,7225	0,1539	1
VM	-0,3064	0,0431	-0,314	-0,506	0,078	-0,0119	-0,2769	-0,3566	1	0,1979	0,72
VE	-0,2587	-0,5848	0,2296	-0,151	-0,37	-0,4377	-0,0564	-0,4572	0,1979	1	0,15

ZH : zone humide/ SN : sol nu / SNC : sol nu (calcaire) / SI : sable instable/ SS : sable stable/ TR : terrain rocheux/

AGR : agriculture/FR : formation forestière/ VM : végétation steppique moyenne / VE : végétation steppique éparse/

VD : végétation steppique dense.

La matrice de corrélation générée (tableau n°07) pour identifier les relations interclasses permet de cerner liaisons entre les classes de végétations et les unités d'occupation des sols pouvant expliquer et argumenter les 04 phases évolutives de la végétation steppique durant la période d'observation.

Classe de végétation dense :

Les coefficients de corrélation obtenus font état d'une forte corrélation négative entre la classe de végétation dense et la classe sol nu avec $r = -0.32$. L'évolution de la classe de végétation dense est aussi fortement corrélée à l'évolution de la classe sable instable, avec un $r = -0.33$. et la classe sable stable avec $r = 0,32$ par la matrice de corrélation fait état d'une forte corrélation

négative entre les classes de zone humide et formation forestière et la classe de végétation dense.

Classe de végétation moyenne :

La classe de végétation moyenne manifeste de fortes corrélations négatives avec les classes de zone humide ($r=-0,30$), sable instable ($r= -0,5$), sols nus calcaire avec un coefficient $r=-0,31$ ainsi qu'avec la classe agriculture ($r=-0.27$).

Classe de végétation éparsé :

La matrice de corrélation fait apparaître une forte corrélation négative entre la classe de végétation éparsé et les classes de zone humide ($r= -0,25$), sols nus ($r= -0,58$), sable stable ($r=-0,37$) et la classe formation forestière avec un coefficient de corrélation $r= -0,45$.

Par ailleurs, la végétation steppique éparsé présente une forte corrélation positive avec les classes de terrains rocheux ($r= 0,43$) et la classe sols nus calcaire avec un coefficient $r= 0,22$. L'analyse de la matrice de corrélation permet de définir les types de changements survenus au niveau de la région d'étude. L'analyse de corrélation renseigne sur l'évolution de la végétation steppique et les changements qui s'opèrent dans les zones qu'elles occupent.

4. Dynamique de la végétation steppique :

4.1 Evolution progressive :

Les résultats obtenus montrent que les situations d'évolution régressive interviennent dans les régions, ou les classes sols nus et classe sols nus (calcaires et minéraux), connaissent des régressions, indiquant une remontée biologique de la couverture végétale steppique. Aussi, les évolutions progressives de la couverture végétale steppique s'opèrent dans les régions ou les formations sableuses des classes sable fixe et sable instable régressent, on parle dès lors d'une remontée biologique du couvert végétale, ou celui-ci est qualifié de communautés pionnières. Aussi, la végétation steppique évolue progressivement lorsque les surfaces des zones humides diminuent, c'est-à-dire que la végétation steppique s'installe après assèchement surfacique des zones humides.

4.2 Evolution régressive :

Les situations d'évolutions régressives interviennent essentiellement lorsque la végétation est de type moyenne et éparsé. En effet la matrice de corrélation permet d'identifier des régressions écologiques passant de végétation moyenne et éparsé, à formations sableuses, en conséquence à l'érosion éolienne que connaît la région.

Aussi l'analyse de la corrélation interclasses permet de constater une autre forme de régression du couvert végétale, sous l'effet de l'action anthropique, où les classes de végétation moyenne et éparse présentent des corrélations avec la classe agriculture, démontrant ainsi que l'action de l'homme contribue à la dégradation du couvert végétal en place.

Les résultats obtenus confortent l'hypothèse d'une dégradation de l'écosystème steppique. En effet, plusieurs auteurs évoquent une tendance de la végétation steppique à la dégradation, notamment dues à des problématiques liées à l'action de l'érosion éolienne (Bensaid, 2006), l'ensablement massif de l'écosystème steppique en Algérie est dû essentiellement à la proximité de cet écosystème avec le Sud désertique. D'autres paramètres interviennent aussi dans les évolutions régressives de la végétation, notamment l'effet de l'action anthropique (Haddouche, 2009), qui est le plus souvent soulevée et qui peut expliquer la disparition du couvert végétal et son remplacement par des terrains nus, du fait notamment du surpâturage (Maestre, 2004) et du défrichement des terres.

5. Interactions végétation-milieu physique :

Les résultats obtenus constatent une irrégularité de l'évolution de la couverture végétale dans la région d'étude ; il en résulte une série d'évolutions progressives et régressives ayant intervenus durant la période 1987-2016. Cependant, une étude de la dynamique de la végétation doit permettre d'identifier les facteurs ayant affectés ces évolutions. Le besoin exprimé de répondre à la question : pourquoi ces types d'évolutions ont eu lieu ? et quels sont les facteurs ayant un effet direct sur le couvert végétal en place ? nécessite d'intégrer à l'investigation une analyse permettant d'intégrer les paramètres du milieu physique comme variables explicatives de la dynamique.

Dans ce sens, les données collectées, via google earth engine, notamment les indices de salinité, l'indice d'humidité des sols ainsi que les données climatiques font l'objet d'une confrontation avec les classes de végétation. (Tableau n°08).

Tableau n°08 : variables biophysiques pour chaque classe de végétation.

Année	Végétation dense (Has)	Végétation moyenne (Has)	Végétation éparsé (Has)	Précipitation cumulée (mm)	Salinité	Humidité du sol	Température moyenne (°)
1987	56,88	2328	468,63	274,36	0,35	-0,35	16
1995	794,7	7816	10795	226,66	0,04	-0,34	14
1999	109,71	2373,66	49841,91	280	0,05	-0,33	15
2003	210,71	967,23	10327,05	300	0,05	-0,36	16
2007	423	424,62	20887,11	195	0,03	-0,34	15,5
2011	948,51	24585,75	29853,81	325	0,03	-0,34	18
2016	0,27	6956,19	8910,54	220	0,27	-0,38	17

Les données illustrées sur le tableau ci-dessus, correspondent à l'analyse statistique pouvant permettre d'identifier le degré de pondération de chaque paramètre de milieu physique sur le type de végétation, et de ce fait permettre de comprendre quels peuvent être les conditions de l'environnement dans lesquels évolue la végétation steppique, qui conditionnent les situations d'évolution progressive et régressive. L'analyse canonique des correspondances ACC peut apporter des réponses aux interrogations soulevées.

Tableau n°09 : résultat du test de permutation.

Permutations	500
Pseudo F	0,3907
p-value	0,9400
alpha	0,0500

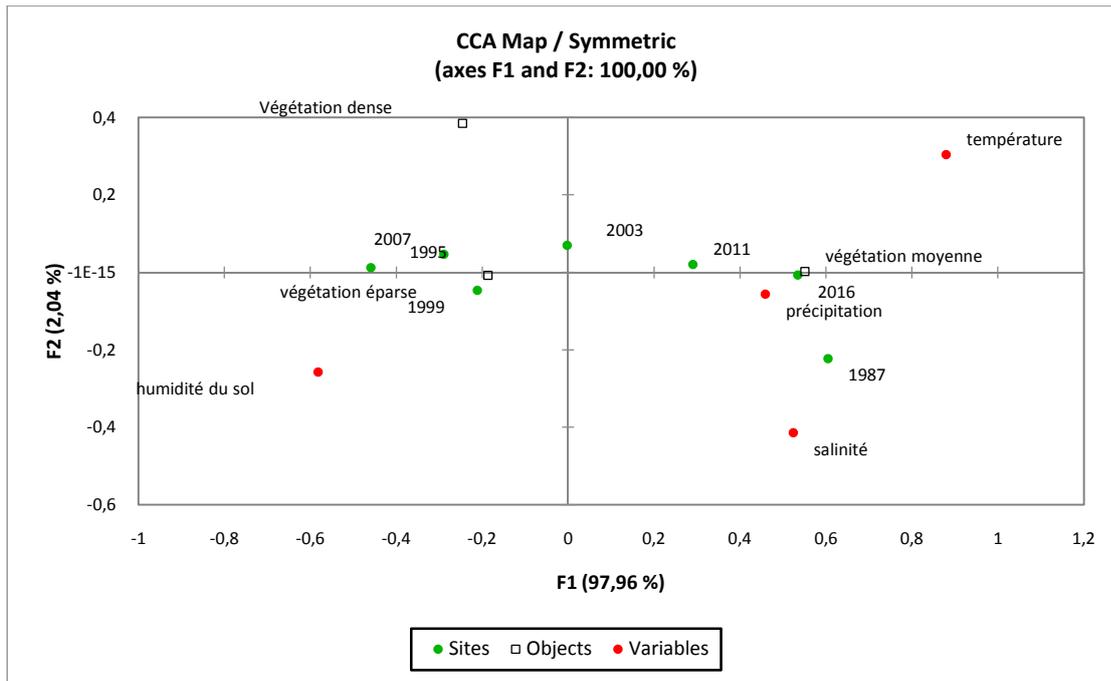


Figure n°51 : analyse canonique des correspondances reliant les classes de végétation et les paramètres de salinité, humidité des sols et précipitations cumulées.

D'après les résultats de l'ACC obtenus, il en résulte que la végétation steppique moyenne est favorisée par de fortes valeurs de précipitations ainsi que de faibles valeurs de salinité.

Nous constatons également que la végétation steppique éparse s'associe à des conditions du milieu physique avec une humidité des sols moyennes lors de faible apports pluviométriques.

Le graphique obtenu permet aussi de conclure que la végétation dense s'associe à de faibles valeurs des variables explicatives. La salinité des sols reste un facteur prépondérant dont la mesure où les trois classes de végétations s'associe à un faible taux d'humidité.

Les résultats obtenus, constatent l'effet la précipitation et de la salinité comme étant des facteurs prépondérants ayant un effet direct sur la couverture végétale. La salinité des sols étant un facteur intervient directement sur le processus de désertification (Nahal,2004), c'est une variable environnementale qui conditionne l'installation d'une couverture végétale sur les sols salins, notamment en milieu steppique, les résultats obtenus concordent avec les travaux de plusieurs chercheurs qui avancent l'hypothèse que la salinité est un facteur contraignant l'installation et la pérennité de la couverture végétale. (Azabdaftari& Sunarb,2016 ; Abbas et al,2007;Allbed& Kumar,2013).

Le facteur climatique, à travers ses deux variables (précipitations et températures), s'est positionné comme étant un paramètre conséquent ayant une incidence directe sur la couverture végétale (Saidi and Gintzburger,2013).

. L'utilisation des données de précipitations cumulées a permis de mettre en évidence la relation avec le couvert végétale, qui dans des conditions favorables et à travers un apport hydrique suffisant peut connaître une progression en milieu semi-aride. Néanmoins, la température moyenne ne semble pas être une variable explicative sachant que celle-ci présente une faible variabilité tout autant que la variable humidité des sols.

La méthodologie adoptée tout au long de ce travail a permis d'identifier les formes d'évolution écologique durant une période d'observation s'étalant de 1987 à 2016. Les résultats de la cartographie de l'occupation des sols à différentes dates ont abouti à l'identification des unités d'occupation des sols ainsi que de la connaissance de la dynamique de la couverture végétale. Google Earth Engine facilite l'acquisition de données descriptives des écosystèmes terrestres, l'utilisation des produits des indices de salinité SI, de l'indice d'humidité des sols NDWI ainsi que les données climatiques, ont permis de connaître l'influence des paramètres cités sur l'évolution de la couverture végétale. Les résultats obtenus permettent de constater l'irrégularité de l'évolution de la végétation steppique de la région de TIARET, mais aussi de connaître l'influence des facteurs impliqués notamment climatiques et édaphiques, ou le facteur de la salinité des sols est présenté comme une réelle problématique à traiter dans une perspective de mettre en place des stratégies de développement des ressources biologiques en milieu.

Conclusion Générale

Conclusion générale

La connaissance des transformations actuelles des surfaces et les interactions entre les différents facteurs du milieu, représente un enjeu important pour l'évaluation des problèmes environnementaux. Ainsi, les dynamiques spatio-temporelles, de l'occupation et de l'utilisation des sols constituent un des critères essentiels à prendre en compte dans la mise en œuvre de décisions fondées sur le concept de développement durable, tant à une échelle globale qu'à une échelle régionale et locale.

En outre, l'observation des changements actuels et passés des modes d'occupation des sols, de la végétation steppique en place ainsi que la compréhension des facteurs qui les produisent permettent, dans le cadre d'études prédictives ou prospectives, de simuler des changements et les scénarios futurs à travers des images prises sur de nombreuses dates et des approches intégrées.

Nous avons essayé de démontrer tout au long de ce travail, l'intérêt que porte l'étude de l'occupation des sols pour faire l'évaluation et le suivi de la dynamique de végétation dans les milieux steppiques, qui restent la zone la plus affectée par les processus de dégradation.

En effet, l'analyse de la série chronologique des images satellitaires utilisées pour la période allant de 1987 à 2016 a permis de connaître l'évolution de l'occupation de sol dans la région de TIARET, et par la donc de connaître les impacts et les facteurs influençant la tenue et l'évolution de la végétation dans la région.

Par ailleurs, nous avons essayé aussi de démontrer toute l'importance et la contribution de l'utilisation des données de la télédétection, les images satellitaires, photographies aériennes ont permis une cohérence dans ce travail. Une approche ciblée de la méthodologie, de manière à ce que le suivi du phénomène de désertification, ou l'évolution de l'occupation des sols soit bien défini dans l'espace et dans le temps

En effet, Il ressort de cette étude que d'importants changements ont eu lieu sur l'occupation des sols dans la région d'étude, et selon les données statistiques obtenues, la région d'étude a connu diverses phases évolutives , une alternance de régression et de progression qui permet de statuer sur la vulnérabilité de l'écosystème steppique de la région. : une période d'évolution régressive, ou la couverture végétale a connu une régression ,résultat de l'interaction entre l'action anthropique ainsi que les conditions climatiques défavorables. Une autre période d'évolution progressive ou le paysage de la région d'étude a connu quelques améliorations, particulièrement pour ce qui est de la progression de la végétation.

A travers cette étude nous avons pu démontrer toute la sensibilité et vulnérabilité des parcours steppiques, quant aux facteurs de dégradation ;menant à un déséquilibre totale de l'écosystème et de la société , néanmoins l'accent a été mis sur l'implication et la contribution directe de l'action anthropozoïque dans la dégradation de la région steppique , entre autre l'action humaine traduite à travers une pastoralisme anarchique (le surpâturage), une exploitation abusive des ressources hydrique ayant mené à leurs épuisement , une exploitation des terres fragilisées à des fins agricoles (extension de la céréaliculture à des parcours steppiques), celles-ci en interaction avec un climat défavorable sur de large intervalle de temps , comme pour la sécheresse connu pendant la période (1999-2007) ont abouti à la diminution des surfaces occupées par les steppes, de permettre l'accroissement de l'ensablement forme ultime de la désertification d'où la nécessité de mettre en place un projet de lutte, pouvant apporter des solutions adéquates sur le moyens et le long terme.

Aujourd'hui, et malgré l'importance des moyens humains et matériels important mis en place pour essayer de préserver la steppe en Algérie, les résultats escomptés ne seront guère atteints du moment que la désertification continue toujours de progresser dans le temps et dans l'espace. L'échec de la politique de lutte menée jusqu'à aujourd'hui reflète l'incohérence des planifications de lutte et les données réelles de la steppe Algérienne, néanmoins l'étude que nous avons menés sur la région de TIARET à démontrer une évolution plus ou moins encourageante à la régression des phases de dégradation. la régénération des parcours steppiques démontre l'efficacité des actions de protection menées jusqu'à maintenant , toutefois beaucoup reste à faire , car l'action anthropique ne cesse de s'accroître et risque de porter de plus grave préjudice à la steppe de la région de TIARET, c'est pourquoi les actions de lutte et planification prochaine visant à faire face à la désertification doivent être faites sur la base d'une coopération et de la participation de l'élément humain , la société steppique et du milieu rural pour faire face à une dégradation qui menace son environnement et la menace directement , pour une perspective de développement durable, pour une sensibilisation de la société quant à la menace qu'est à la désertification , pour une prise de conscience et une efficacité de la lutte sur le moyen et le long terme.

Références

Bibliographiques.

Références bibliographiques

- *Aidoud A., 1989, Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés des hautes plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales. Thèse doctorat, USTHB, Alger, 240p.
- *Aidoud A. et NEDJRAOUI D., 1992.- The steppes of alfa (*Stipatenacissima* L) and their utilisation by sheeps. In Plant animal interactions in mediterranean-type ecosystems, MEDECOS VI, Grèce. p. 62-67.
- *AIDOUD A, TOUFFET J ; 1996 -La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima*L.) graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 7(3), 187-193.
- *AIDOUD A, LOUNIS F ; 1997. - Le complexe alfa-armoise-sparte (*Stipa tenacissima*L., *Artemisia herba-alba* Asso, *Lygeumspartum*L.) des steppes arides d'Algérie : structure et dynamique des communautés végétales. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille, Marseille.263p.
- *ANAT (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire) 2004.- rapport sur le plan d'aménagement du territoire en l'Algérie.
- *Anonyme, 2002. Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD). Ministère de l'Aménagement du Territoire et de L'Environnement, 122p. <http://enviro-gestion.org/download/PNA-DD.doc>
- *AUBERVILLE, A., 1949, Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Société d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales, Paris, 351 p.
- *BENMESSAOUD H, KALLA M, DRIDDI H et ARAR A/K ; 2009- Utilisation des données satellitaires pour le suivi des processus de la dégradation des ressources naturelles dans les zones semi-arides Cas de la région Sud des Aurès (Algérie). Université HADJ LAKHDAR BATNA, 29 p
- *BENSAID ABDELKRIM ; 2006- SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone semi-aride : (le cas de la wilaya de NAAMA- Algérie). Thèse de doctorat. Université JOSEPH FOURIER-GRENOBLE 1.p175-209.
- *Boudy P., 1950, Economie forestière Nord Africaine. Paris, La Rose 2, (II), 777 - 818.

- *Boukhobza M., 1982, L'agro pastoralisme traditionnel en Algérie: de l'ordre tribal au Désordre colonial. OPU; Alger, 458p
- *CHAVEZ G.L. 1982 :“Statistical method for selecting Landsat MSS ration” *Journal of appliedphotographicengineering* Pp23-30.
- *CORNET, A., 2002, La désertification à la croisée de l’environnement et du développement : un problème qui nous concerne, 35 p. [En ligne] :www.csfd-desertification.org/catalogue/2001_CSFD_Cornet.pdf décembre 2008.
- *C.N.T.S., 2010, Cartographie et inventaire des nappes alfatières sur l’ensemble des Wilayas.
- *DAGORGNE A, 1992 :Mutations et désertisation sur les hautes plaines algériennes. Aménagement et gestion du territoire, applications en Algérie (régions de Tiaret et d'Alger). , p107
- *DJEBAILI, S., 1978, Recherche phytosociologique et écologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l’Atlas saharien algérien. Thèse doctorat. Université. Sci. Tech. Languedoc, MONTPELLIER, 299p. + annexes.
- *CORNET, A., 2002, La désertification à la croisée de l’environnement et du développement : un problème qui nous concerne, 35 p. [En ligne] :www.csfd-desertification.org/catalogue/2001_CSFD_Cornet.pdf décembre 2008.
- *Djellouli Y., 1990, Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminismes Climatiques de la répartition des plantes. Thèse Doct. Sciences, USTHB., Alger, 210
- *DAOUDI A, NACIMA BENTERKI, TERRANTI SALIMA ; 2010 : la lutte contre la désertification dans les parcours steppiques : l’approche du développement agro-pastorale intégré. Revue innovation et développement durable dans l’agriculture et l’agroalimentaire
- *DGF. Direction Générale des Forêts, 2004, Rapport national de l’Algérie sur la mise en Oeuvre 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>.
- *EL ZEREY W, BACHIR S,BENSLIMANE M et MEDERBEL KH,2009 l’écosystème steppique face à la désertification : cas de la région d’EL BAYADH, revue vertigo, volume 09, N°02,p12
- *FAIZA H ; 2010-rapport sur le haut commissariat au développement de la steppe. Rapport de stage. Université AMAR TELIDJI-LAGHOUAT, 25p
- *Foody G.M., 2002, “Status of land cover classification accuracy assessment”, *Remote Sensing of Environment*, vol. 80, p. 185-201.
- *FOTSING E. et MADI A., 1999. Suivi de la biomasse ligneuse par une approche intégrée SIG Télédétection. Paraître dans les actes du colloque International sur la

Télédétection optique et radar et la géomatique pour la gestion des problèmes Environnementaux. 67^e congrès de l'ACFAS, Ottawa, 18 pages.

*FAO., 1992, Le rôle de forestière dans la lutte contre la désertification pp124-126.

*Funk, Chris, Pete Peterson, Martin Landsfeld, Diego Pedreros, James Verdin, ShraddhanandShukla, Gregory Husak, James Rowland, Laura Harrison, Andrew Hoell& Joel Michaelson.

"The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes". *Scientific Data* 2, 150066. doi:10.1038/sdata.2015.66 2015.

* HADJIT H, OUKEBDANE A ;2004 : étalonnage radio métrique des capteurs de télédétection,p6.

*Hireche A., A. Boughani et M. Salamani, 2007, Évolution de la pluviosité dans quelques Stations arides algériennes. Science et changement planétaire/Sécheresse, Vol.18, N° 4 314-20

*HCDS, 2008. Bilan des réalisations du HCDS, Document interne, Djelfa, 35p

*HADOUCHE I ; 2009. la télédétection et la dynamique des paysage en milieu aride et semi-aride en Algérie : cas de la région de NAAMA. Thèse de doctorat, Université de TLEMCEM,259p.

*Jauffret, Sandrine and Lavorel, Sandra,2003: Are plant functional types relevant to describe degradation in arid, southern Tunisian steppes? *Journal of Vegetation Science* 14: 399-408

*Lambin, E.F. et al., 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11, pp. 261–269.

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

*MAINGUET, M., 1990, La désertification: une crise autant socio-économique que climatique. *Sécheresse*, 1 : 187-195.

*Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, 1974, La steppe algérienne, In Statistique agricole, n° 14.

- *Ministère de l'Agriculture et du Développement 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
- *Nedjraoui D., 2003, Les mécanismes de suivi de la désertification en Algérie proposition D'un dispositif national de surveillance écologique à long terme. Doc. OSS, 37 P.
- *Nedjraoui D., 2006, La recherche scientifique, un moyen de lutte contre la Désertification. Com. Conf. Intern. Université des Nations Unies ; Alger, Déc. 2006.
- *Nedjraoui Dalila et Bédrani Slimane, 2008 « La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 8 Numéro 1 | avril 2008, [En ligne], mis en ligne le 01 avril 2008. URL : <http://vertigo.revues.org/index5375.html>. Consulté le 22 mai 2009.
- *Nedjraoui Dalila., 2003. Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques Algériennes et définition des indicateurs de dégradation. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c62/04600165.pdf>
- *Nedjraouidalila., Boughani A. et Hirche A. 2009 ; interactions changement climatique et désertification en Algérie : vulnérabilité de la végétation à la sécheresse et principes d'adaptation, acte de colloque, niamey 2009, p36.
- *Ouattara T., Dubois J.M., Gwyn J., 2006, « Méthodes de cartographie de l'occupation des terres en milieu aride à l'aide de données multi-sources et de l'indice de végétation TSAVI », *Télédétection*, vol. 6, n ° 4, p. 291-304.
- *Saïdi Slim and Gustave Gintzburger: A spatial desertification indicator for Mediterranean arid range lands: a case study in Algeria *The Rangeland Journal*, 2013, 35, 47–62.
- *Slimani, H. and Aidoud, A., 2004: Desertification in the Maghreb: a case study of an Algerian high-plain steppe. In: Marquina, A. (Ed.), *Environmental Challenges in The Mediterranean 2000–2050*. Kluwer Academic Publishers, pp. 93–108.
- *Maestre, F.T., 2004: On the importance of patch attributes, environmental factors and past human impacts as determinants of perennial plant species richness and diversity in Mediterranean semi-arid steppes. *Divers. Distrib.* 10, 21–29.

Résumé :

Les parcours steppiques algériens occupent une superficie de 20 millions d'hectares, leur situation géographique, leur confère un rôle de zone tampon entre le Nord à climat Subhumide, et le grand Sahara aride au Sud. L'écosystème steppique est aujourd'hui confronté à une grave problématique de dégradation, la désertification est en effet un phénomène dont les conséquences peuvent être irréversible. La caractérisation de la végétation steppique et son utilisation comme indicateur biologique permet de définir l'évolution de l'écosystème steppique et d'identifier les changements intervenus. L'objectif de l'étude est de déterminer les phases évolutives de la végétation steppique de la région de TIARET, à travers l'utilisation des données de la télédétection. Une approche basée sur la combinaison de divers paramètres étudiés, par la mise en place d'un système géographique est adoptée. Une série d'images satellitaires Landsat, couvrant la période 1987-2016 avec un intervalle de 04 ans est utilisée pour la réalisation de cartes d'occupation des sols. Des données des indices de salinité SI et NDWI, ainsi que climatiques sont acquises via la plateforme google earth engine. Les résultats obtenus démontrent une variabilité de la répartition spatio-temporelle de la végétation steppique de la région d'étude. L'analyse canonique des correspondances fait ressortir des associations entre le couvert végétal steppique et les paramètres de précipitations et de salinité démontrant une forte sensibilité de la végétation steppique aux aléas extrêmes.

Mots clés : Steppe, désertification, SIG & télédétection, google earth engine, TIARET.

Abstract :

The Algerian steppe routes cover an area of 20 million hectares; their geographical location gives them a buffer zone between the North with a Sub humid climate and the large arid Sahara in the South. The steppe ecosystem is now facing a serious problem of degradation: desertification. The characterization of steppe vegetation and its use as a biological indicator makes it possible to define the evolution of the steppe ecosystem and to identify the changes that have occurred. The objective of the study is to study the evolution of steppe vegetation in the TIARET region, by using remote sensing data. An approach based on the combination of various studied parameters, by the establishment of a geographical system is adopted. A series of LANDSAT satellite images, covering the period 1987-2016, with several 07 images is used to produce land use maps. Data from salinity indices SI and NDWI, as well as climatic data are acquired from the google earth engine platform. The results obtained demonstrate a variability of the spatio-temporal distribution of the steppe vegetation of the study area with a tendency to degradation. The canonical correspondence analysis reveals associations between the steppe vegetation cover and the precipitation and salinity parameters, demonstrating a strong sensitivity of steppe vegetation to external hazards.

Keywords: Steppe, Desertification, remote sensing, Google earth engine. Tiaret,

ملخص

تغطي طرق السهوب الجزائرية مساحة 20 مليون هكتار؛ موقعها الجغرافي يجعل منها منطقة عازلة بين الشمال بمناخ رطب جزئي والصحراء القاحلة في الجنوب. يواجه النظام البيئي للسهوب الآن مشكلة خطيرة تتمثل في التدهور: التصحر. إن توصيف نباتات السهوب واستخدامها كمؤشر بيولوجي يمكننا من تحديد تطور النظام البيئي للسهوب وتحديد التغيرات التي حدثت. الهدف من الدراسة هو دراسة تطور الغطاء النباتي السهبي في منطقة تيارت، باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد، من خلال إنشاء نظام معلوماتي جغرافي. يتم استخدام سلسلة من صور الأقمار الصناعية لـ **LANDSAT** ، والتي تغطي الفترة 1987-2016 ، مع عدة صور 07 لإنتاج خرائط استخدام الأراضي. يتم الحصول على البيانات من مؤشرات الملوحة **SI** و رطوبة الأرض **NDWI** ، فضلا عن البيانات المناخية من منصة محرك جوجل الأرض. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها تباين التوزيع المكاني والزمني للغطاء النباتي في منطقة الدراسة مع ميل إلى التدهور. تحليل المراسلات الكنسي يكشف عن الارتباط بين الغطاء النباتي السهبي ومعلمات هطول الأمطار والملوحة ، مما يدل على حساسية قوية من الغطاء النباتي السهوب إلى المخاطر الخارجية.

كلمات البحث: السهوب ، والتصحر ، والاستشعار عن بعد ،
محرك جوجل الأرض. تيارت ، الجزائر

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun -Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



THESE de DOCTORAT en SCIENCES

Spécialité : Sciences de la Nature et de la Vie

Option : Sciences de l'Environnement et Ecologie

Présentée par

Bouacha Mohamed Islem

Thème :

**Application des SIG & de la télédétection à l'étude de la dynamique
de végétation des parcours steppiques algériens. Cas de la région de
TIARET.**

Soutenu le :26/01/2019 Devant le jury composé de :

M.Hellalbenchaabane.....Professeur, U. Ibn Khaldoun Tiaret.....*Président*

M. MaatougMhamed.....Professeur, U. Ibn Khaldoun Tiaret*Directeur de thèse*

Mme. SouidiZahira.....Professeur,C.U de Mascara.....*Examinatrice*

M. Hmimed Abderrahmane,.....MCA, ...C.U de Mascara.....*Examineur*

Année Universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENTS

L'aboutissement de notre travail est le fruit d'une longue persévérance. Nous avons pu le réaliser par la grâce de notre créateur, source de notre motivation et de notre patience. Certaines personnes ont contribué à la concrétisation de cette étude ; grâce à leurs conseils précieux, leurs soutiens et leurs encouragements. Nous leur témoignons de notre profonde gratitude.

Qu'il nous soit permis donc, de remercier chaleureusement :

Monsieur HELLAL BENCHAAABANE, professeur à l'université IBN KHALDOU de TIARET de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ma thèse.

Monsieur MAATOUG MHAMED, qui a accepté de diriger ce travail, ses valeurs tant scientifiques, qu'humaines, ses conseils ainsi que ses encouragements nous ont inspiré et orienté lors de la réalisation de cette étude, nous lui sommes reconnaissant et lui exprimant nos remerciements les plus sincères.

Monsieur HMIMED ABDERRAHMANE, maître de conférences, et madame SOUIIDI ZAHIRA, professeur au centre universitaire de MASCARA.

Ce travail a été réalisé en partie en sein du laboratoire Image, ville environnement de la faculté de géographie de l'université de STRASBOURG :

Je tiens à remercier tout particulièrement monsieur SERRADJ ABDELAZIZ enseignant chercheur au sein de la faculté de géographie, ses encouragements, son expérience, ses conseils m'ont été de grandes utilités et m'ont permis de réaliser mes travaux de recherche.

Liste des abréviations.

ANAT : agence nationale de l'aménagement du territoire.

BNEDER : Bureau national des études et du développement rural.

COS : carte d'occupation des sols.

CFT : conservation des forêts de la willaya de TIARET.

CHIRPS : climate hazard group infraredprecipitationswith station data.

CNTS : Centre National des techniques spatiales **TM** : Thématique Mapper.

DGF : direction générale des Forêts.

ETM : EnhancedThématique Mapper.

HCDS : Haut-commissariat pour le développement durable

.INCT : Institut national de la cartographie et de la télédétection.

LANDSAT : land satellite survey.

NDWI : Indice d'humidité des sols.

PR : proche rouge.

PIR : Proche infrarouge

SNADDR : schéma national de l'aménagement et du développement rural.

SI : indice de salinité.

Liste des tableaux.

Tableau n°01 : dommage de la désertification sur le site et loin du site	24
Tableau n° 02 : situation bioclimatique de la région d'étude.....	43
Tableau n°03 : scènes Landsat utilisées et dates d'acquisition.....	49
Tableau n° 04 : valeur de la RMSE après correction géométrique.....	52
Tableau n°05 : valeurs de séparabilité des régions d'intérêt	58
Tableau n°06 : précipitation annuelle cumulée pour la période 1987-2016.....	91
Tableau n°07 : matrice de corrélation entre les classes de végétation et les classes d'occupation des sols.....	94
Tableau n°08 : variables biophysiques pour chaque classe de végétation.....	97
Tableau n°09 : résultat du test de permutation.....	97

Liste des figures.

Figure 01 : représentation schématique du processus de désertification dans le maghreb.....	07
Figure 02 : délimitation de la steppe algérienne.....	09
Figure 3 : carte nationale de sensibilité à la désertification	13
Figure 4 : carte de situation de la zone d'étude.....	31
Figure 5 : carte de situation géographique de la zone d'étude.....	32
Figure 6 : carte de l'occupation des sols de région de TIARET.....	34
Figure 7 : carte de lithologie de la région d'étude.....	36
Figure 8 : carte du réseau hydrographique de la région d'étude.....	37
Figure 9 : précipitation moyenne mensuelle pour la période allant de 1981 à 2016.....	39
Figure 10 : précipitations moyenne annuelle de la période allant de 1981 à 2016.....	40
Figure 11 : évolution de la température moyenne annuelle pour la période allant de 1981 à 2016.....	41
Figure 12 : température moyenne mensuelle pour la période allant de 1981 à 2016.....	41
Figure 13 : diagramme ombrothermique pour la période allant de 1981 à 2016	42
Figure 14 : climagramme d'emberger pour la période allant de 1981 à 2016.....	44
Figure 15 : carte de l'évolution démographique de la région de TIARET.....	45
Figure 16 : carte des agglomérations rurales de la région de TIARET.....	46
Figure 17 : situation de la zone d'étude par rapport aux scènes <i>landsat</i> utilisées.....	49
Figure 18 : profils spectraux des régions d'intérêt choisis.....	56
Figure 19 : profils spectraux de la végétation steppique.....	57
Figure 20 : Base de données géographiques générée pour l'identification de la dynamique ..	61
Figure 21 : organigramme de la méthodologie adoptée.....	62
Figure 22 carte d'occupation des sols de 1987.....	63
Figure 23 : répartition des superficies par classe d'occupation des sols pour l'année 1987....	64
Figure 24 : carte d'occupation des sols de l'année 1995.....	65
Figure 25 : répartition des superficies par classe d'occupation des sols pour l'année 1995....	66

Figure 26 : carte d'occupation des sols pour l'année 1999	67
Figure 27 : répartition des superficies des classes d'occupation des sols de l'année 1999.....	68
Figure 28 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2003 ..	69
Figure 29 : carte d'occupation des sols de l'année 2003.....	70
Figure 30 : carte d'occupation des sols de l'année 2007.....	71
Figure 31 : : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2007.	72
Figure 32 : carte d'occupation des sols de l'année 2011.....	73
Figure 33 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2011. .	74
Figure 34 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2016. .	75
Figure 35 : carte d'occupation des sols pour l'année 2016	76
Figure 36 : indice de salinité SI de la région d'étude pour l'année 1987.....	77
Figure 37 : Carte de l'indice de salinité SI pour l'année 1995.....	78
Figure 38 : Carte de l'indice de salinité pour l'année 1999	79
Figure 39 : carte de l'indice de salinité SI calculé pour l'année 2003.	80
Figure 40 carte de l'indice de salinité de l'année 2007.....	81
Figure 41 : carte de l'indice de salinité SI pour l'année 2011.....	82
Figure 42 : carte de l'indice de salinité SI pour l'année 2016.....	83
Figure 43 : carte de l'indice d'humidité NDWI pour l'année 1987.....	84
Figure 44 : carte de l'indice NDWI pour l'année 1995.....	85
Figure 45 : carte de l'indice d'humidité NDWI pour l'année 1999	86
Figure 46 : carte de l'indice NDWI de l'année 2003	87
Figure 47 : carte de l'indice NDWI pour l'année 2007.....	88
Figure 48 : Carte de l'indice NDWI pour l'année 2011	89
Figure 49 : Carte de l'indice NDWI pour l'année 2016.....	90
Figure 50 : évolution des superficies des classes d'occupation des sols entre 1987 et 2016...	92
Figure 51 : analyse canonique des correspondances reliant les classes de végétation et les paramètres de salinité, humidité des sols et précipitations cumulées	98

Table de Matière

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

1^{ère} partie : Partie bibliographique

Chapitre I. Présentation de La steppe Algérienne

1.1- Présentation de la steppe	6
1.2- Classification des steppes	8
1.2.1-les steppes à alfa	8
1.2.2-les steppes à chamaephytes	8
1.2.3-les steppes à graminées	8
1.2.4-les steppes crassulescentes	8
1.2.5-les steppes arbustives	9
1.3- Présentation de la steppe algérienne	9
1.3.1- Caractéristiques écologiques	10
1.3.2- Problématique de la steppe algérienne	11
1.3.3- Les différents types d'études menées sur la steppe algérienne	11

Chapitre II. Problématiques des parcours steppiques Algériennes

2.1. Définition de la désertification	14
2.2. Causes de la désertification	16
2.2.1. Activités humaines	17
2.2.2. Le surpâturage	18
2.2.3- Causes liées à l'environnement aride	19
2.3. Les conséquences de la désertification	20
2.3.1. Dégradation de la végétation naturelle.....	20
2.3.2- Activation de l'érosion hydrique et éolienne	21
2.3.3. Engorgement et salinisation des sols.....	22
2.3.4. Abaissement du niveau des nappes souterraines.....	22
2.3.5. Baisse de la productivité des terres.....	22
2.3.6. Raréfaction et extinction d'espèces végétales et animales (diminution de la biodiversité).....	23

2.3.7. Conséquences de la désertification sur le site et loin du site	23
---	----

Chapitre III. Les SIG et Télédétection

Introduction	25
3.1. Définition des systèmes d'information géographique	25
3.2. Définition de la télédétection	26
3.3. Principe de la télédétection	26
3.3.1. La photo-interprétation	26
3.2.2 - L'imagerie satellitaire	27
3.3. Les différentes études sur la dégradation des écosystèmes des milieux arides	28
3.4. Critères de choix des images satellitaires	30

2^{ème} partie : Partie expérimentale

Chapitre IV. Présentation de la Zone d'étude

1.Contexte générale	31
2.Description du milieu physique	33
2.1 occupations des sols	33
2.2 le couvert végétale	34
2.3 Lithologie de la zone d'étude	35
2.4 hydrographie et ressources hydriques	36
3.Analyse climatique	37
3.1 les précipitations	38
3.1.1 régime mensuel des précipitations	39
3.2.2 Irrégularité des pluies	39
3.2.3 La température	40
3.2.4 température moyenne annuelle	40
3.2.5 moyenne des températures minimales et maximales	41
3.2.6 Evolution précipitation-température	42
3.2.7 Coefficient pluviométrique d'emberger	43
4.Analyse socio-économique	44

Chapitre V : méthodologie de travail

1.Traitement numériques et analyse des données	47
1.1 Données numériques utilisées	47
1.2 Critique de l'utilisation des données Landsat pour l'analyse de la dynamique ...	48

2. Traitement numérique des images	50
2.1 Traitement des images	50
2.2 La correction géométrique	51
2.2.1 Identification ou choix de l'image référence	51
2.2.2 Localisation des points d'amers	51
2.3 Conversion des comptes numériques en valeurs de réflectance	52
2.4 Analyse des images	52
3. Classification des images et cartographie de l'occupation des sols	52
3.1 Choix des classes et échantillonnage sur image	53
3.1.1 Problématique de l'utilisation des images <i>landsat</i> dans l'identification de formations végétales	53
3.2 Identification des parcelles d'entraînements	55
3.2.1 Représentativité des échantillons	56
3.2.2 Séparabilité interclasses	57
3.3.3 Classification des images	58
4. Caractérisation du milieu physique	59
4.1 Calcul des indices	60
4.2 Création d'une base de données géographique	61
Chapitre VI : Résultats & discussions	
1. Carte d'occupation des sols	63
1.1 Carte d'occupation des sols de l'année 1987	63
1.2 Carte d'occupation des sols pour l'année 1995	65
1.3 Carte d'occupation des sols pour l'année 1999	67
1.4 Carte d'occupation des sols pour l'année 2003	69
1.5 Carte d'occupation des sols pour l'année 2007	71
1.6 Carte d'occupation des sols pour l'année 2011	73
1.7 Carte d'occupation des sols pour l'année 2016	74
2.1 Indice de salinité SI	76
2.2 L'indice d'humidité NDWI	83
2.3 Précipitation cumulée	91
3. Détection des changements et dynamique de la végétation steppique.....	91
4. Dynamique de la végétation steppique	95
4.1 Evolution progressive	95

4.2 Evolution régressive	95
5.Interactions végétation-milieu physique	96
Conclusion générale	
Conclusion.....	100
Références bibliographiques.....	

Introduction
Générale

Contexte général :

Il est évident qu'aujourd'hui, les défis du 21^{ème} siècle sont ceux relatifs à la préservation de l'acquis environnementale, en effet le milieu naturel est confronté à de graves problèmes de dégradation, celle-ci dans la plupart du temps ; ce manifestant par des processus irréversibles portant d'énormes préjudices à la nature, mais aussi menaçant la survie humaine chaque jour un peu plus. Le danger est éminent et croissant, Désormais l'homme se trouve confronté à un éternel problème qui perdure depuis des décennies : protéger la nature et par là préserver la terre qu'est son habitat naturel.

Ainsi, la dégradation des écosystèmes et de l'environnement se manifeste sous diverses formes, aujourd'hui les défis sont multiples : pollution, réchauffement climatique, catastrophes naturelles, désertification et sécheresse pour ne citer que cela, sont une fraction émergente d'une série de détériorations qui affectent de manière dévastatrice les écosystèmes. il en résulte de celle-ci d'autres problèmes et conséquences directe sur l'homme : famine , maladie incurable , immigration , pauvreté et guerres civils.

Les problématiques liées à l'environnement sont d'autant plus sévères qu'elles menacent les écosystèmes à l'échelle mondiale, mais au-delà ; représentent un danger sur la pérennité des ressources naturelles.

L'Algérie, à travers l'étendue de son territoire dispose d'une biodiversité écosystémique conséquente, que rare sont les pays de ce rang à en disposer. Ce constat inspire diverses interrogations quant à la politique algérienne en matière de préservation et de gestion durable des ressources naturelles, d'autant plus ; que même si celles-ci sont des plus importantes, il n'en demeure moindre que la démarche adoptée par les instances concernées ne puisse être suffisante, pour adhérer à une optique de préservation de cet acquis de la nature.

En passant de l'écosystème côtier au steppique, les menaces sont de plus en plus croissantes. La steppe algérienne qui couvre plus de 20 millions d'hectares est le théâtre de divers processus de dégradation, ces régions arides et semi-arides semblent être confrontés à de réels problématiques, qui laissent présager une perte des ressources biologiques locale dans une échelle de temps réduite. (Nedjraoui et Bedrani, 2008). Les causes immédiates sont nettement identifiées : il s'agit du surpâturage, de la mise en culture inappropriée et des prélèvements excessifs. Cet écosystème est de plus en plus fragilisé par l'accroissement de la pression humaine. Les causes fondamentales restent d'abord la croissance démographique, la pauvreté et la crise économique ; ainsi que le cadre institutionnel et le choix de développement. On comprend donc qu'un ensemble de facteurs agissent de manière combinée

à différentes échelles spatiales et temporelles. Cette analyse implique que les actions de lutte doivent nécessairement s'appuyer sur un diagnostic fiable de l'état de l'environnement local, en intégrant l'identification des responsabilités et des intérêts respectifs de tous les acteurs agissants.

Les études sur le changement dans l'occupation et l'utilisation du sol, ainsi que la dynamique de végétations ; sont d'une grande importance car ils permettent de connaître les tendances actuelles dans les processus évolutifs des parcours steppiques, ainsi que l'identification des facteurs influençant cette dynamique (Lambin et al., 2001).

L'occupation des terres est une variable fondamentale pour la planification régionale ainsi que pour l'étude et la compréhension de l'environnement (Foody, 2002). Cette thématique est devenue incontournable dans la plupart des inventaires cartographiques et de suivi des phénomènes environnementaux (Ouattara et al., 2006).

L'occupation du sol désigne les aspects physiques, matériels du territoire, en fait ; ceux qui sont l'objet des sciences de la nature. Cette occupation est observable soit de manière directe, lorsque les surfaces considérées sont suffisamment grandes par rapport au moyen d'observation, soit de manière indirecte, comme par exemple les structures géologiques. L'utilisation du sol quant à elle désigne la façon dont l'espace est utilisé par l'homme (Hy Dao, 2004 In Bocar Diallo, 2005).

La cartographie et le suivi de l'extension spatiale de la végétation constituent une des bases de la connaissance de l'évolution des écosystèmes terrestres. Elle est indispensable à l'établissement de plans de gestion, de protection, conservation ainsi que restauration et de l'utilisation durable des ressources naturelles en zones arides et semi-arides.

Cette étude vise à mettre en évidence l'importance des changements d'occupation de sol dans la région steppique située dans la wilaya de Tiaret ; en utilisant les possibilités offertes par les systèmes d'informations géographiques (SIG). Pour la compréhension de la dynamique de la végétation à travers le changement d'occupation des sols.

Problématique abordée :

La thématique abordée est d'un intérêt capital pour deux raisons fondamentales :

-La première raison est que l'occupation des terres a été rarement abordée pour des analyses de dynamique, c'est-à-dire l'étude de son évolution dans le temps et dans l'espace. Or la compréhension de cette dynamique est un aspect primordial pour la prise de décision en matière d'aménagement du territoire par les autorités administratives centrales et locales.

-La deuxième raison est l'intérêt socio-économique ; la présente étude permettra de proposer des solutions et des recommandations pour une meilleure prise de décisions pour l'occupation des terres ; ainsi pour élaborer une stratégie locale adéquate pour la lutte contre la désertification dans une perspective de développement durable.

L'objectif général de cette étude est de déterminer les changements intervenus dans l'évolution spatio- temporelle de l'écosystème steppique dans la région de TIARET à travers la caractérisation de la végétation steppique, en tant qu'indicateur biologique.

-Etudier les différentes situations intervenues durant la période allant de 1987-2016.

-Évaluer et analyser les causes des changements.

De plus, la recherche bibliographique entrepris dans le cadre des études des changements paysagers, occupation des sols et désertification des parcours steppiques, a permis de desceller des zones d'ombres par rapport aux méthodologies adoptées. La télédétection représente aujourd'hui une alternative et un outil d'investigation puissant. L'utilisation de l'imagerie satellitaire permet d'établir des diagnostics à travers la réalisation de spatio-cartes à de grandes échelles et à différentes dates. Elle permet aussi de comprendre la chronologie des évènements intervenus.

Cependant, les travaux de recherches menés sur l'écosystème steppique en Algérie et dans les pays du Maghreb, font état d'une méthodologie limitée et élémentaire : la plupart des travaux entamés évoque des analyses diachroniques entre deux images et les conclusions tirées ne permettent pas une identification claire de l'évolution de l'écosystème steppique.

Durant cette recherche, nous avons essayé de mettre en place une méthodologie de travail faisant appel aux outils de la télédétection, une analyse basée sur l'utilisation d'un maximum d'imagerie satellitaire couvrant la période allant de 1987 à 2016 est mise en place. Il s'agit en

effet de lever le doute sur les analyses diachroniques et d'avoir une pertinence de résultat qui permet d'identifier les différentes phases évolutives de la région d'étude.

Choix de la région d'étude :

La wilaya de TIARET se positionne aujourd'hui comme un pôle économique régional prometteur, en effet située dans la région Centre-Ouest du pays, et d'une superficie de 2millions d'hectares la géographie de la région de TIARET offre une diversité paysagère importante.

Région a vocation agro sylvo pastoral, la wilaya de TIARET est connue pour être une contrée agricole par excellence (céréaliculture, production de viande ...). Les parcours steppiques au niveau de la wilaya de TIARET occupe une superficie de près d'un million d'hectares (CFT,2018), soit la moitié de sa superficie. Les zones de parcours se situe dans la partie Nord de la steppe Algérienne, ce sont des steppes supérieures de graminées, l'alfa (*StipaTenascicima*) forme les principales formations végétales steppiques.

Le choix de la région de TIARET dans le cadre de cette étude s'impose pour diverses considérations :

- L'absence de tout travaux d'analyse de l'occupation des sols et de dynamique de végétation dans la région, d'où une méconnaissance de l'état écologique des parcours steppiques dans la partie Nord de la steppe Algérienne.
- Région pastorale ayant connue une forte croissance démographique, pouvant permettre l'appréciation de la résilience de la végétation steppiques à la surexploitation, particulièrement au défrichement des terres et au surpâturage.
- Permettre la continuité de la recherche entamée antérieurement (Bouacha ,2013) et apporter les réponses aux conclusions quant à la pertinence des résultats relatifs aux changements intervenus.

Durant ce travail, nous avons organisés notre recherche en deux parties distinctes :

1^{ère} partie :

- Une partie bibliographique ou un aperçu sur les caractéristiques écologiques des parcours steppiques est présenté.

- Une description de la problématique environnementale des parcours steppiques en Algérie
- Les outils d'investigations et d'étude offerts par la télédétection et susceptible d'être envisagé dans le cadre de pareille recherche.

2^{ème} partie :

- Une deuxième partie correspondant à la présentation de la région d'étude au niveau de la wilaya de TIARET, ou une description détaillée des caractéristiques écologiques est illustrée.
- La démarche méthodologique adoptée pour répondre aux interrogations de la thématique.
- Une présentation des résultats obtenus à travers l'illustration de documents cartographique.

1. Présentation de la steppe

Le terme steppe évoque de vastes étendues à relief peu accusé, couvertes d'une végétation pérenne et clairsemée. (Le Houerou, 1995). Selon ce même auteur, c'est une formation végétale primaire ou secondaire basse et ouverte dans sa physionomie typique ; et inféodée aux étages bioclimatiques et désertiques dont elle est l'expression naturelle.

Ozenda (1991), définit et présente la steppe comme étant des formations végétales de graminées, se développant sous un climat continental caractérisé par une période de forte chaleur et sécheresse, et une période de froid rigoureux, ce qui sous entend une faible densité du couvert végétal, mais aussi l'existence et l'alternance de deux périodes critiques, à savoir celle due à la sécheresse et celle due au froid de l'hiver.

La steppe aride est un milieu qui par définition, n'offre que des conditions extrêmes pour l'établissement et le maintien d'une végétation ; qui joue un rôle fondamental dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème dont elle constitue une expression de potentiel biologique. Il existe plusieurs associations liées à des conditions d'aridité ou de nature du sol bien particulière (Aidoud, 1996).

Selon le Houerou (1968), en région méditerranéenne ; la végétation steppique se développe à partir d'une végétation forestière, par dégradation, il s'agit-là donc d'une évolution régressive de la forêt.

L'évolution régressive traduit une dégradation, quand un phénomène naturel ou anthropique intervient pour reconduire une végétation vers des stades antérieurs, la dégradation anthropique d'un sol peut être un facteur grave d'évolution régressive et le processus peut être irréversible (Saidi, 1998).

C'est ainsi que pour les forêts d'Afrique du Nord, la végétation de collines et des hautes plaines a subi une série d'évolutions régressives , depuis le commencement des temps historiques, en partant de forêts composées de *pinus* , *juniperus* , *tetraclinis* , en passant par la garrigue ou dominant *Romarinus officinalis* et *Stipa tenacissima* ;pour arriver à des steppes arides ou diverses espèces d'*Artemisia* jouent un rôle prépondérant (Le Houerou , 1968) , cependant faut-il se demander si le phénomène de désertification n'est pas l'aboutissement

final de cette évolution régressive ?. C'est ce que Quezel (2000) affirme à travers sa présentation du processus de désertification au Maghreb par le présent schéma (figure 01), et selon qui la désertification n'est que le résultat final d'une dynamique de végétation méditerranéenne, vers un sens régressif dont l'état final n'est autre qu'une forme de dégradation irréversible.

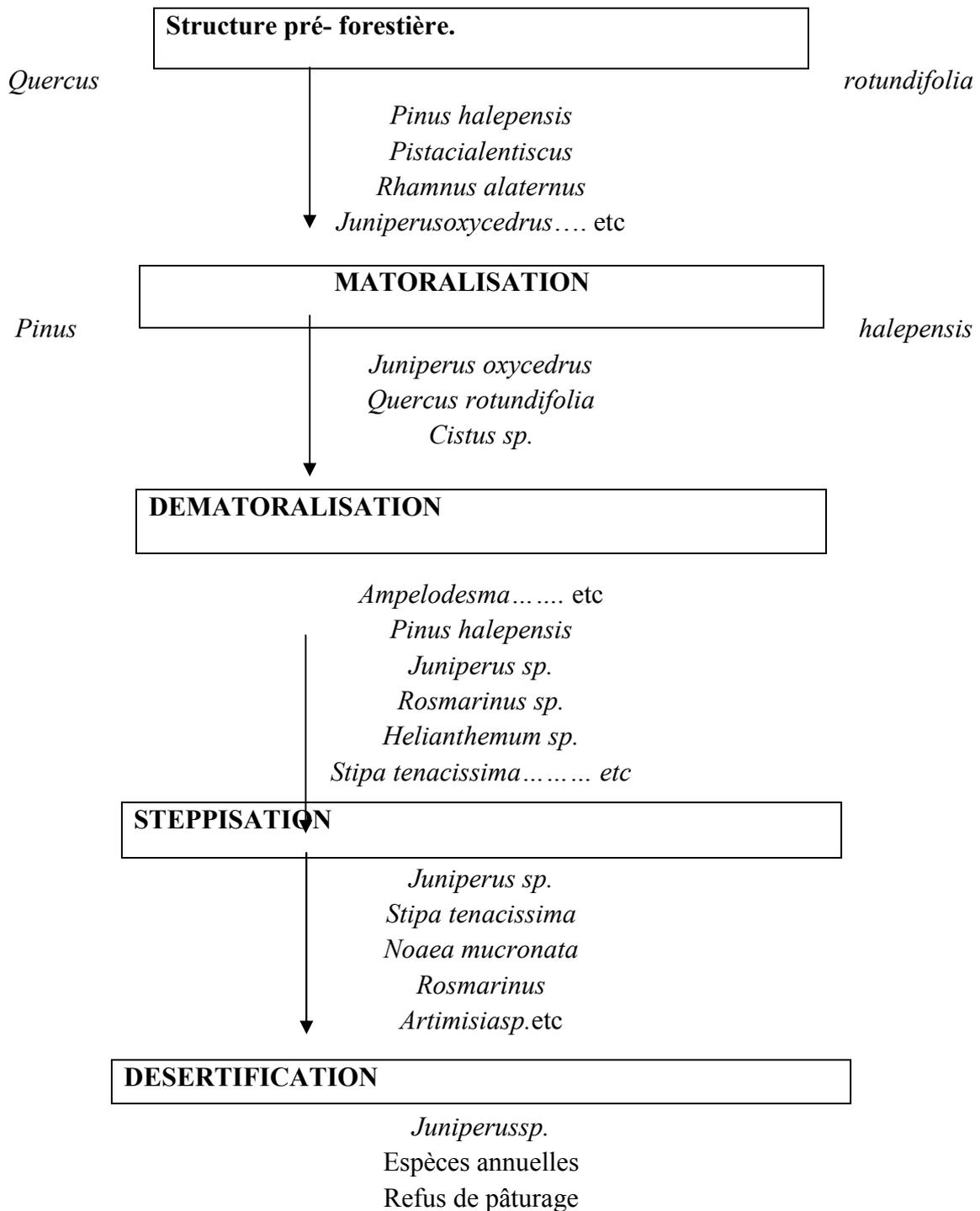


Figure n° 01 : Représentation schématique des processus de désertification au Maghreb (Quezel, 2000)

2. Classification des steppes

La steppe de l'Afrique du Nord, et en dépit d'une physionomie d'ensemble à de nombreux égards, elle se subdivise en fonction de l'aridité, celle-ci se reflète, bien entendu, dans la composition et la structure de peuplements végétaux et animaux (Le Houerou, 1995).

Aussi, la physionomie et la structure de la végétation servent de base à la définition des principaux types de formations végétales ; pour ce qui est de l'Afrique du Nord (Le Houerou, 1968). Les principales formations steppiques connues de l'Afrique du Nord sont :

2.1 Les steppes à alfa

L'alfa (*Stipa tenacissima* L.) est incontestablement une espèce ayant un double rôle que ce soit sur le plan écologique, en contribuant à la fixation du sol et à sa protection contre l'érosion (hydrique et éolienne), mais est d'un intérêt économique aussi (industrie du papier), elle sert aussi de fourrage aux cheptel par période de disette, les steppes d'alfa couvrait une surface de plus de 8 millions d'hectares au début de 20^{ème} siècle, aujourd'hui le taux a nettement régresser et diminuer pour diverses causes : surpâturage, désertification ...etc (Nahal, 2004).

2.2 Les steppes à *chamaephytes*

Ce sont des formations présentant une grande diversité, avec entre autres :

- Les steppes d'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*).
- les steppes à *Helianthemum hirtum* spp *vuficonum*.
- Les steppes à *Arthrophytum scoparium*.
- Les steppes dégradées à *Noaea mucronata*etc

2.3 Les steppes à graminées

Sont des steppes moins diversifiées (steppe à DRINN *Aristida pungens* et steppes à sparte *Lygeum spartum*.)

2.4 Les steppes crassulescentes :

Sont constituées majoritairement d'une végétation halophile, liée à des sols salins , de texture, de salinité et d'alcalinité variable, en fonction du degré de salinité croissant , on voit apparaître des espèces ou groupements végétaux telle que : *Atriplex halimus* , *Salsola tetendra*, *Suada vermicula* ... etc(kebir, 2007).

2.5 Les steppes arbustives :

Comportant une strate arbustive, des espèces telle que *Retama retam* , *Zizyphus lotus*; *Tamarix gallica*...etc

3. Présentation de la steppe algérienne

En Algérie, la steppe constitue une étendue immense, située entre l'atlas tellien au nord et l'atlas saharien au sud (figure02), formant un ruban de 1000 km de long, sur une largeur de 300 km à l'Ouest et au centre, réduite à moins de 150 km à l'Est les limites de la steppe sont les isohyètes 400 mm au Nord et 100 mm au sud. Elle couvre une surface de 20 millions d'hectares (Halem, 1997).

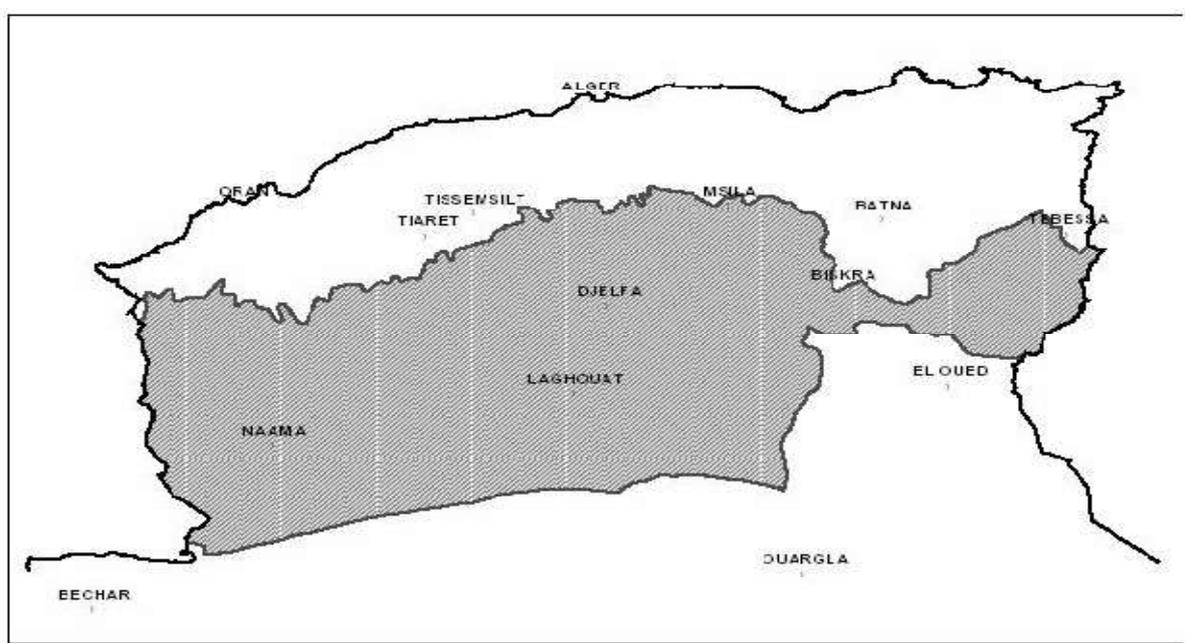


Figure n° 02: délimitation de la steppe algérienne (Nedjraoui , 2003)

La steppe algérienne parcourt un territoire de douze wilayas, à savoir : Biskra ,Khenchela, El bayadh , Naama , Tiaret , Djelfa, Tebessa , Laghouat , M'sila , Saida , Batna et Souk ahras . Cette zone de notre pays et elle-même subdivisée en sous zone :

- a- La steppe nord : dite steppe supérieure à l'influence tellienne situé entre les isohyètes 300mm et 400 mm, elle constitue la sous zone qui est riche en biomasse végétale.
- b- La steppe sud : dite steppe chaude à influence saharienne, située entre les isohyètes 300 mm et 200 mm
- c- La steppe présaharienne : située au sud de l'atlas saharien entre les isohyètes 100 mm et 200 mm. Elle est caractérisée par un climat aride.

3.1Caractéristiques écologiques

D'un point de vue écologique, la steppe algérienne présente un intérêt important, en effet celle-ci fait figure de zone tampon entre le nord à travers ses plaines, hauts plateaux et cotes et le sud saharien, tout en limitant l'effet de ce dernier sur les régions nord de l'Algérie.

Selon [Khebibeche et Belhabib \(1998\)](#), Le climat de la steppe fait partie des régions méditerranéennes arides et semi-arides, et est marqué par :

- Une pluviométrie très irrégulière, généralement les pluies se présentant sous forme d'averses à différentes fréquences, la pluviosité moyenne annuelle est relativement faible, elle se situe généralement entre 250-300 mm/an.
- Des températures variables avoisinant les 40 °C en été et un hiver très rigoureux. L'amplitude des températures moyennes est supérieure à 20 °C.

Le réseau hydrographique du milieu steppique est fortement conditionné, à la fois par les variations de températures mais aussi des précipitations ; ainsi que le relief des régions steppiques, les oueds sont irréguliers ; secs en été des crues violentes surviennent souvent au début et à la fin de l'hivers, le plus souvent l'eau des oueds finis en se perdant dans de grandes dépressions qu'on appelle « les chotts » (Halem, 1997). Cependant les faibles ressources hydrographiques sont anarchiquement exploitées, les points d'eau sont au nombre de 6500 dont plus de 50% ne sont plus fonctionnels (Nedjraoui et Bedrani, 2008).

Sur le plan pédologique, les sols steppiques présentent deux grandes caractéristiques (Halem, 1997) :

- Une structure fragile : il y'a prédominance des sols minces à texture relativement fine, une forte présence d'accumulation calcaire, et une faible teneur en matière organique rendant la fertilité du sol relativement faible, ainsi qu'un degré de sensibilité important aux diverses formes d'érosion et de dégradation.

- L'existence de bons sols à de surfaces limitées, et dans de localisations précises le plus souvent sur les bords des lits d'oueds.

Sur le plan humain, la croissance démographique des zones steppiques est plus forte que celle enregistrée dans le reste du pays. Cette croissance a concerné aussi bien la population agglomérée que la population éparse. Cependant on note une importante régression du nomadisme ; qui ne subsiste que de façon marginale, les déplacements de grandes amplitudes ne concernant plus qu'environ 5% de la population steppique. Les pasteurs ont modifié leur système de production, en associant quasi systématiquement culture céréalière et élevage (Boukhobza, 1982 ; Khaldoun, 1995 ; Bedrani, 1996, 2001).

L'équilibre social et biologique s'est trouvé fortement perturbé par l'intensification des besoins, engendrés par la croissance démographique ; qui n'a pas été accompagnée par une création d'emplois suffisamment conséquente, pour absorber la main-d'œuvre excédentaire par rapport aux besoins d'une exploitation raisonnable des parcours naturels (Bédrani, 1998).

3.2 Problématique de la steppe algérienne

La steppe algérienne et à l'instar des zones arides et semi arides dans le monde, connaît-elle aussi un problème de désertification, néanmoins ; elle reste relativement différente et ce en raison d'un certain nombre de paramètres qui font qu'elle soit aujourd'hui, l'une des zones les plus menacées. En effet la steppe algérienne est victime en premier lieu de sa proximité vis à vis du grand Sahara , celui-ci et à travers ces conditions climatiques provoque une grande pression par rapport à la steppe ; notamment du point de vue ensablement, du moment que d'importantes quantités de sable et particules de sols fines sont emportées par les vents violents, et déposées au niveau de la zone tampon qu'est la steppe ; pour y former d'éventuelles dunes de sables ,mais aussi à travers cela contribuer à la désertification de cette écosystème.

L'action anthropique reste quant à elle, la partie la plus importante dans ce procédé de désertification de la steppe algérienne, en effet les causes retenues pour expliquer la désertification en terrains steppiques sont toutes dues à l'activité humaine, à savoir surpâturage, défrichement des terres, éradication des espèces ligneuses, surexploitation des ressources hydriquesetc.

Aussi , les menaces persistantes, de dégradation de la steppe algérienne , le risque de voir un jour l'étendu steppique en Algérie disparaître , ont fait de celle-ci un laboratoire de recherche à ciel ouvert pour essayer de déterminer les causes exactes , d'établir des diagnostic mais

aussi par la et c'est ce qui paraît important, essayer de trouver des solutions sur le long et le moyen terme ; à fin d'apporter des réponses à la problématique : comment faire face à la dégradation, et comment protéger la steppe algérienne contre ?.

4. Les différents types d'études menées sur la steppe algérienne

L'évaluation et la surveillance des parcours steppiques se font par des mesures malheureusement irrégulières, peu systématiques et surtout, non coordonnées sur l'ensemble du territoire steppique. (Seul le Sud Oranais a fait l'objet d'un suivi régulier) - quantitatives et qualitatives de la végétation ; et des caractères du milieu par l'analyse des différents paramètres socioéconomiques qui influent sur la dynamique de ces systèmes.(Nedjraoui,2008). Le fonctionnement des écosystèmes détermine l'état et le niveau de production des ressources. Le fonctionnement des systèmes socio-économiques détermine l'impact des usages et des pratiques sur ces ressources. (Bedrani ; Nedjraoui,2008).

Ce suivi à long terme dans ces régions qui a débuté dès les années 1970, et se poursuit encore aujourd'hui (CRBT, 1978 ; URBT, 1994 ; Programme ROSELT/OSS/Algérie, 2001-2005) dans des stations installées dans différentes zones steppiques, a permis d'évaluer et de cartographier leur potentialité, de quantifier l'intensité de leur dégradation et d'identifier les facteurs qui en sont responsables.

Une étude récente portant sur la réalisation de la carte nationale de sensibilité à la désertification, par l'utilisation des données satellitaires et les systèmes d'informations géographiques a été élaborée par le Centre des Techniques Spatiales d'Arzew (CTS/ASAL), en partenariat avec la Direction Générale des Forêts. La zone d'étude s'étalant sur 27 millions 435 mille hectares a concerné les douze (12) wilayas steppiques suivantes : Naama, Tlemcen, El Bayadh, Saida, Tiaret, Laghouat, Djelfa, M'sila, Batna, Biskra, Khenchela, Tébessa.

L'étude s'est concrétisée par une cartographie au 1/200.000ème sur l'ensemble des 12 wilayas steppiques, selon le niveau de sensibilité à la désertification.(**Figure 03**). Elle constitue un outil d'aide à la décision pour la mise en œuvre d'un plan d'action de lutte contre la désertification pour le programme quinquennal 2010 – 2014.

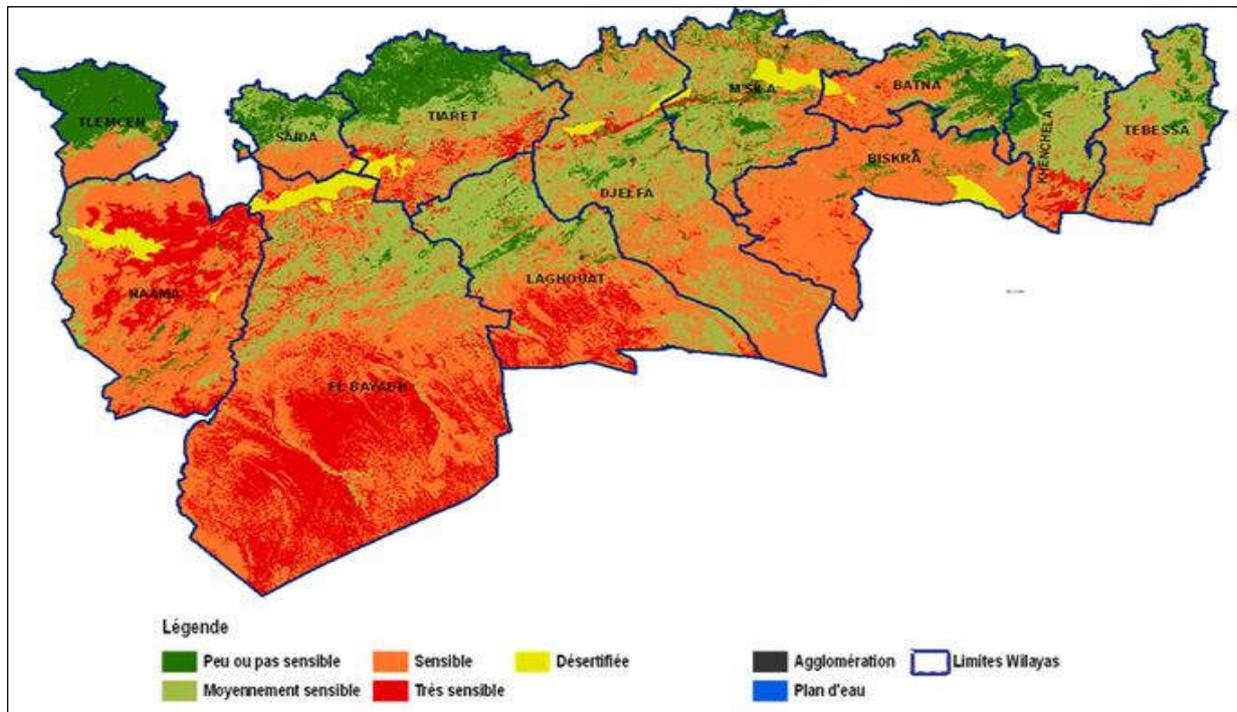


Figure n°03 : Carte nationale de sensibilité à la désertification (CNTS; 2010)

Chapitre II

Problématique des

parcours steppiques

Algériens.

L'écosystème steppique algérien se trouve confronté aujourd'hui à de graves problématiques de dégradation, divers travaux furent réalisés pour pouvoir qualifier la nature des altérations que subie la steppe algérienne, la majeure partie portant sur la désertification.

1. Définition de la désertification

Le phénomène de la désertification a fait l'objet de plus de 130 définitions (Maignuet, 1990). Par rapport à la littérature internationale, c'est Lavauden (1927) qui a été le premier à donner à la désertification un sens scientifique, pour décrire la dégradation du couvert végétal au sud tunisien « *c'est que dans toute la zone dont nous venons de parler, la désertification, si j'ose dire, est purement artificielle. Elle est uniquement le fait de L'homme. Elle est d'ailleurs relativement récente et pourrait être combattue et enrayerée.* ». Le terme désertification a été utilisé par Aubreville (1949) pour décrire la dynamique de changement du couvert végétal ;(*ce sont des vrais déserts qui naissent sous nos yeux, dans des pays où il tombe annuellement de 700 à plus de 1500 mm de pluie*). Le Houérou (1993) définit la désertification comme étant un ensemble d'actions qui se traduisent par une réduction plus ou moins irréversible du couvert végétal, aboutissant à l'extension de paysages désertiques nouveaux à des zones qui n'en présentaient pas les caractéristiques. Pour les organismes internationaux et intergouvernementaux, plusieurs définitions ont été approuvées.

Pour décrire les phénomènes de dégradation des écosystèmes, qui se manifestent par la pénétration de conditions analogues à celle des déserts, aboutissant à une diminution notable de leurs productivités biologiques, plusieurs termes ont été utilisés : *désertisation, désertification, extension des déserts, avancement des déserts.*

Le terme désertisation était préféré par les écologues francophones, (LeHouérou, 1973) alors que le terme désertification était utilisé plutôt par les écologues anglophones.

Mais la conférence des nations unies sur la désertification ; qui a eu lieu à Nairobi (Kenya) adopta le terme désertification dans le terme a été généralisé depuis, et a été traduit dans toute les langues.

Le terme extension des déserts ne peut non plus être accepté, pour décrire ces phénomènes de dégradation poussée des écosystèmes ; car il reflète plutôt le résultat de cette dégradation, quia abouti à l'extension des conditions désertiques. En outre ce ne sont pas les déserts qui s'étendent sur les zones limitrophes, mais plutôt les zones arides et semi- arides, parfois même subhumide qui les entourent qui s'altèrent et s'aridifient de plus en plus pour être confondu d'un point de vue potentiel avec les déserts, par conséquent ce ne sont pas de vrai désert, mais des zones désertifiées ou de faux déserts (Nahal, 2004).

Le terme avancement des déserts ne peut non plus être retenu, car le désert proprement dit n'est pas à l'origine de ces dégradations. Excepté les vents chauds, le désert ne fournit aucune contribution essentielle au déclenchement de ce processus. En effet, la désertification commence en général pendant les périodes sèches, dans les régions ou des terres naturellement vulnérables font l'objet d'une exploitation non planifiée, mauvaise et intense, surpassant leur potentialité écologique (Nahal, 2004).

La désertification a connu de nombreuses définitions qui ont fait l'objet de controverses intellectuelles, Au-delà des compromis politiques, une définition consensuelle du processus a été proposée par la Convention sur la lutte contre la désertification : « la désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ». La désertification concerne donc un processus de dégradation des terres lié à des facteurs naturels exacerbés par l'action de l'homme. La manifestation apparente du phénomène se traduit par une diminution de la couverture végétale, et des potentialités des systèmes écologiques, ainsi que par une détérioration des sols et des ressources hydriques.

Pour mettre en lumière l'importance des variations climatiques et les longues périodes de sécheresse qui sévissent dans les zones affectées par la désertification, la définition suivante a été acceptée sur le plan international pour la désertification, lors de la Conférence Internationale sur l'Environnement et le Développement en 1992 (chapitre 12 de l'Agenda 21):

La désertification est la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches due à des facteurs divers parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines.

La désertification doit être vue comme un processus qui est une expression intégrée de l'évolution socio-économique, et des processus naturels ou causés par l'Homme ; qui détruit les équilibres entre ressources naturelles (sol, air, eau et leur expression intégrée : la végétation) et demandes humaines, dans les zones qui subissent une aridité édaphique et/ ou climatique par l'exploitation irraisonnée de ces ressources ; La désertification est le problème environnemental le plus sérieux qui touche aujourd'hui la terre.

L'enjeu qu'est la désertification, aujourd'hui nous mène à chercher les causes favorisant le déroulement de ce processus, ou forme d'évolution régressive, ou dégradation ; en effet on peut se demander, à juste titre, si la désertification qu'on observe au Proche-Orient et en Afrique du Nord, au Sahel et dans d'autres régions du monde n'est pas le résultat d'une lente évolution du climat général, dans les zones touchées par la désertification, vers un régime plus aride (Nahal,2004).

En effet, la réponse à cette question est capitale aussi bien pour les écologues, les décideurs que pour les spécialistes responsables de l'aménagement du territoire. Car, si la désertification est due à des changements dans le climat général, qui tend lentement vers une aridité croissante, l'homme devra subir ces changements climatiques et les accepter ; ou de se chercher la problématique réelle ailleurs, car ils sont dus à des causes cosmiques. Dans ces conditions, il devra s'y adapter dans l'exploitation des ressources du milieu, et en particulier dans l'utilisation du sol, de l'eau et de la végétation. Mais si la désertification est due, par contre, à une exploitation irrationnelle des ressources du milieu, l'homme devra se convaincre d'exploiter ces ressources avec modération, en tenant compte de la nécessité d'adopter un aménagement sain et équilibré, en parfaite harmonie avec les caractéristiques potentielles de l'environnement semi-aride et aride.

2. Causes de la désertification

Les causes de la désertification sont nombreuses. La cause naturelle principale est bien connue : la sécheresse. Les causes anthropiques (démographie, surpâturages, défrichement des

parcours et leurs causes,) le sont moins. En particulier, les causes qui relèvent des effets des politiques économiques d'ensemble (politiques monétaires, sociales, du commerce extérieur, politique des investissements publics et privés,) sont peu abordées (Bédrani, 1997).

2.1. Activités humaines

Les auteurs modernes sont tous d'accord pour imputer la désertification à une surexploitation des écosystèmes par la déforestation, le surpâturage dans les terrains de parcours, la mauvaise exploitation des terres agricoles, en particulier sur les sols de pente, une mauvaise irrigation des terres arides ...Etc.

Hitti (1951), impute le déclin de la productivité des terres, la dégradation extrême des paysages ainsi que la dépopulation dans la zone intérieure de la Syrie à des causes relevant de la mauvaise exploitation des sols, au déboisement, au surpâturage et de la destruction des canaux d'irrigation en Mésopotamie. D'après le Houerou (1959), c'est l'homme qui a créé le désert dans le cas de la Tunisie méridionale, le climat n'étant qu'une coïncidence favorable. La désertification est une cause directe de la forte poussée démographique, par conséquent, une forte pression anthropique, ce qui entraîne : un surpâturage généralisé, le défrichement des pâturages naturels pour la production de céréales et une surexploitation des sols sablonneux, la destruction de la strate végétale ligneuse pour le chauffage et une extension de la culture mécanisée.

Les aspects de la désertification dans la région du proche orient arabe ont montrés que ce phénomène est due essentiellement aux causes suivantes : surexploitation des forêts, surpâturage, mise en culture des zones steppiques en milieux semi-aride, mauvaise irrigation des terres, labours des terrains de pente dans la direction de plus grande pente ...etc. (Nahal,2004).

Sheridan (1981), dans son livre « *desertification of the united state* »,admet que les principales causes de la désertification dans l'Ouest aride des états unis d'Amérique (Californie, Arizona, Nouveau Mexique, Texas) sont dues aux : surpâturage, surexploitation

des eaux souterraines, la mauvaise gestion des terres irriguées, l'urbanisation et l'exploitation abusive de la végétation forestière.

Bien que la désertification ait pu se manifester depuis l'époque historique au Proche-Orient, dans les zones sous l'action directe des populations humaines ; elle se déroulait à un rythme lent et graduel, et elle était surtout localisée dans les régions accidentées, montagneuses et lointaines étant épargnées. Depuis l'explosion et l'accroissement de la population, l'amélioration des moyens de communication et l'utilisation de nouvelles machines pour le labour, on assiste à une désertification plus accélérée un peu partout dans les zones semi-arides et arides dans le monde. Au Sahel, et dans les régions sèches d'Afrique du Nord, les facteurs socio-économiques suivant ont joué un rôle déterminant dans le déclenchement du processus de désertification (Baker, 2002).

2.1.1. Le surpâturage

Dans son livre intitulé : « *la désertification de la steppe algérienne région de Mecheria* », Kebir (2007), impute la désertification à la surexploitation des parcours steppiques à des fins pastorales. En effet, selon le même auteur, les causes de la désertification de la steppe sont, en toute évidence, dissimulées à travers un mode d'élevage extensif, c'est-à-dire l'augmentation spectaculaire du nombre d'effectif d'ovins dans les espaces steppiques ; ceci sous-entend bien sûr que la végétation sur place est soumise à une forte pression d'où un faible taux de régénération et par là donc, une régression du couvert végétal soumettant le sol fragile à un fort risque d'érosion hydrique et éolienne.

Le nomadisme n'est pas un état de nature, ni une caractéristique immuable, mais une organisation sociale (Laroui, 1976). Le nomadisme est donc un mode de vie, basé essentiellement sur l'organisation de l'activité pastorale, consistant à se déplacer selon un calendrier bien précis d'une région à une autre du sud vers le nord et vice versa ou parfois même à l'intérieur de la steppe. Selon Kebir (2007), Nahal (2004) et Nedjraoui (1981), ce mode de vie tenait parfaitement compte de la stabilité écologique de l'écosystème, à travers la régénération du couvert végétale locale d'où une situation de non risque pour la steppe.

Les procédés de *achaba* et *azzaba* et autres migrations traditionnelles régulières des troupeaux s'effectuant dans le cadre du pastoralisme, respectivement en hiver et en été par les communautés nomades de la steppe algérienne sont la caractérisation parfaite du nomadisme.

Ceci permettait une disponibilité du fourrage de manière permanente, en effet l'alternance de la présence du cheptel d'une région à une autre permet et favorise la régénération et la continuité de la végétation dans les parcours steppiques, aujourd'hui la disparition de ces organisations pastorales provoque une grande concentration de troupeaux sur les parcours steppique, ou l'offre fourragère ne cesse chaque jours de régresser, laissant place à la formation d'un paysage de plus en plus désertique mais ayant aussi des conséquences directes sur les éleveurs qui se trouvent par la constraints de se chercher d'autre source de revenus, d'où alors l'extension de la céréaliculture sur les sols steppiques déjà affaiblis fragilisés et appauvris, ceci traduit, bien sûr, une forme de dégradation ou autrement dit une évolution régressive de l'écosystème steppique.

2.2. Causes liées à l'environnement aride

Le climat qui règne dans les zones arides, semi-arides et subhumides (méditerranéennes, tropicales, continentales) est un facteur aidant à la désertification, il les rend plus sensibles à la dégradation de la végétation et du sol, plus susceptibles à épuiser rapidement leurs réserves en eau et par conséquent plus sujettes à l'aridification (Nahal, 2004). En effet ces climats se caractérisent par :

- Une période de sécheresse longue et intense dépassant généralement six mois de l'année sous climat méditerranéen.
- Une grande variabilité des pluies d'une année à une autre pouvant atteindre 80% dans l'étage saharien du climat méditerranéen.
- Une intensité des pluies tombant, le plus souvent sous forme d'averses de courte durée et concentrées sur un nombre restreint de jours dans l'année. Cette forme de précipitation montre une agressivité élevée pour les sols de pente ou peu couverts par la végétation, c'est ce que l'on appelle *phénomène splash*, ce qui diminue l'effet des pluies par rapports à la végétation et accentue-leur impact sur l'érosion hydrique des sols.

Si l'action de l'homme est indéniable et largement démontrée, l'impact des conditions climatiques existe également et leurs rôles respectifs sont amplement discutés. Les

sécheresses, notamment au Sahel et dans l'étage bioclimatique aride et semi arides de l'Afrique du nord ont été les révélateurs de la désertification dans ces zones. La pluviosité moindre et sa variabilité plus grande ont accru la vulnérabilité des ressources naturelles à la dégradation, et il est devenu moins facile aux systèmes écologiques et sociaux de résister.

Cependant, on a observé que l'impact de ces sécheresses est faible ou négligeable là où l'impact humain et animal est faible ou nul (kebir, 2007).

Pour l'ensemble des auteurs, l'accentuation des phénomènes de sécheresse n'est pas à l'origine de la désertification, mais elle constitue un facteur important d'aggravation de l'effet anthropique sur la dégradation des terres en zones sèches.

En effet et comme évoqué, les écosystèmes des zones arides et semi-aride sont marquées par une irrégularité de la pluviométrie ainsi qu'une grande variabilité interannuelle des précipitations. En outre, les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. Les travaux de Hireche et *al.*, (2007) portant sur une analyse statistique de l'évolution de la pluviosité de plusieurs stations steppiques, montrent que les steppes algériennes se caractérisent par une aridité croissante, cette tendance est plus prononcée pour les steppes occidentales que les steppes orientales. La diminution des précipitations est de l'ordre de 18 à 27% et la durée de la saison sèche aurait augmenté de 2 mois entre 1913-1938 et 1978-1990 (Djellouli,1990).

3. Les conséquences de la désertification

La désertification aboutit dans les écosystèmes arides, semi-arides et subhumides à des modifications sérieuses et parfois irréversibles qui se manifestent par un ensemble de fait sur le plan écologique, économique et social, qu'on peut résumer comme suit :

3.1.Dégradation de la végétation naturelle

Il est important de signaler que la désertification a fait subir aux écosystèmes aride et semi-aride notamment les parcours steppiques de graves préjudices , à cet effet le couvert végétal est manifestement le plus important à évoquer car les conséquences sur ce dernier sont dévastatrices et d'une grande ampleur , pour l'Afrique du nord qui comptait une steppe d'Alfa évaluée à 8 millions d'hectares, plus de la moitié a disparus aujourd'hui pour cause de désertification à travers ces causes notamment anthropiques (Nahal,2004) . La dégradation de

la steppe par effet de surpâturage à provoquer la disparition de certaines espèces fourragères entre autre *Salsola vermiculata*, *Dactylis glomerata*, *Oryzopsis miliacea*, *Stipa barbata*, *Astragalus sp*, ainsi que d'autres légumineuses et graminées pour ne citer que cela et leur remplacement par certaines espèces de moindre qualité fourragère et parfois même toxiques pour le cheptel telle que *Peganum harmala*, *Carex stenophylla*, *Noaea mucronata* celles-ci sont d'ailleurs considérées comme étant indicateurs d'une dégradation avancée dans l'espace steppique (Mainguet , 1990).

Dans les terres irriguées qui se dégradent par salinisation, une végétation halophyte colonise les bordures des champs composées d'espèces appartenant aux genres *Salsola*, *Suaeda*, *Atriplex*. L'apparition de cette végétation est un indice d'une mauvaise pratique de l'irrigation dans les sols lourds, par manque de drainage. Aussi sous l'effet de la sécheresse, aggravée par la surexploitation des pâturages, la végétation naturelle s'est dégradée, à la suite de l'aridification de l'environnement, dans le sens d'un xérophytisme accru, d'une proportion croissante de végétaux non consommables, d'une densité diminuée autour des points d'eau, d'une expansion d'espèces buissonnantes et non fourragères, d'une augmentation des espèces annuelles, éphémères, aux dépens des arbres (Nahal, 2004) .

3.2- Activation de l'érosion hydrique et éolienne

Le sol est dégradé à cause de la disparition de la matière organique, de la destruction de la structure et de l'activation des érosions hydrique et éolienne. La profondeur du sol ainsi que ses réserves en eau diminuent. Dans les zones dégradées, l'érosion hydrique prend des allures catastrophiques pour la fertilité des sols, dans les steppes en voie de désertification l'érosion hydrique peut atteindre 50 tonnes par hectare et par an (FAO, 1980) sur les pentes n'ayant pas encore perdu leurs sols.

Dans les steppe balayées par des vents violents , comme c'est le cas pour la steppe algérienne pour sa proximité au grand Sahara , en assiste à une érosion éolienne sur de grande étendues c'est ainsi que dans les bioclimats méditerranéens arides tempérés et sahariens tempérés l'érosion éolienne peut emporter jusqu'à plusieurs centimètres de sols superficiels en une année en particuliers après les cultures céréalière en sols sablonneux (Le Houerou , 1959, 1968) Floret et Floch (1972) ont mesuré des pertes de sol atteignant 10 m³/ha/mois dans les conditions précitées.

L'érosion éolienne activée par la dégradation du couvert végétale et le labour des sols en steppe favorise la formation de dunes de sable assez importante qui se déplacent dans la direction des vents dominants et peuvent envahir les zones adjacentes, telle est le cas des parcours steppiques dans la wilaya de NAAMA, en Algérie ou la formation de dunes de sables est assez importante dans la région de MECHRIA (kebir, 2007).

3.3.Engorgement et salinisation des sols

L'engorgement et la salinisation des sols dans les cultures irriguées en zones arides et semi-arides constituent un indicateur sérieux de la désertification en œuvre et qui se manifeste au début par une baisse des rendements des cultures, puis par une limite du choix des cultures qui devraient résister au sel et, en définitive, par la perte de terres irrigables qui ne peuvent être remises en valeur qu'à très grand prix. C'est ce type de désertification qui est le plus difficile et le plus onéreux à combattre (Nahal, 2004). Cette salinisation secondaire qui est due à une mauvaise gestion des terres irriguées est devenue très fréquente dans les plaines irriguées de l'Euphrate en Syrie et en Irak, dans la vallée du Nil en Egypte et au Soudan, dans la plaine deltaïque du fleuve Sénégal en Mauritanie et au Sénégal, dans le bassin de San Junquin au sud de la vallée centrale en Californie, etc. En outre, l'engorgement des sols par imperméabilisation entraîne la formation de mares d'eau stagnante qui facilite la transmission des maladies liées à la présence de l'eau, telles que la bilharziose, le paludisme et la fièvre typhoïde(Nahal, 1979).

3.4.Abaissement du niveau des nappes souterraines

La surexploitation des nappes souterraines peut en faire baisser le niveau, surtout quand la région est faiblement alimentée par les eaux de pluie etsi le sur pompage de l'eau continue, un assèchement total peut avoir lieu, d'où là une nécessité d'une réglementation de l'exploitation des eaux souterraines dans les zones affectées par l'aridité.

En outre, l'abaissement du niveau de la nappe souterraine risque de provoquer de graves affaissements de terrains comme cela s'est produit dans le delta du Sacramento en Californie et à Mexico(FAO,1994).

3.5. Baisse de la productivité des terres

C'est une conséquence de la dégradation de l'environnement qui se répercute sur la fertilité des terres. Les parcours désertifiés des steppes du Proche-Orient ont vu leur capacité de charge tomber à 10 hectares par bête et par an. En outre, les parcours qui étaient favorables pour les moutons ne sont plus favorables que pour des chèvres ou des chameaux (Nahal, 2004).

L'accumulation progressive des sels mène à un changement de culture, en effet l'orge étant plus résistant aux sels que le blé, ceci se traduit par une nette régression de la culture de blé avec en parallèle une forte demande sur ce dernier, la conséquence ne peut être que négative notamment sur le plan économique et social car les premiers touchés sont les pays du tiers monde avec un plus grand taux de famine (Nahal, 2004).

3.6. Raréfaction et extinction d'espèces végétales et animales (diminution de la biodiversité)

La sévère détérioration écologique des écosystèmes arides et semi-arides aboutit à la disparition de certaines plantes et de certains animaux, qui n'y trouvent plus les conditions écologiques favorables à leur vie. C'est ainsi qu'au Proche-Orient, le déboisement intense et la chasse excessive ont amené la disparition de certains animaux sauvages tels que l'ours, le lion, l'autruche arabe, ou mettent en danger d'extinction certains autres comme la gazelle et l'oryx.

3.7. Conséquences de la désertification sur le site et loin du site

Les conséquences de la désertification peuvent se manifester aussi bien sur le site qui se dégrade que loin du site dans le bassin versant. Les dommages causés par la dégradation de la végétation sur les pentes dans un bassin versant se font sentir bien loin de la région dégradée, à la suite de l'augmentation du ruissellement et de l'activation de l'érosion du sol qui en résulte.

En outre, ces dommages loin du site sont dans certains cas comme l'érosion torrentielle, beaucoup plus importants que les dommages causés sur le site dégradé lui-même.

C'est pourquoi, dans toute étude des coûts de la désertification, il est de la plus grande importance de prendre en considération les dommages causés loin du site.

Le tableau 1 montre sur le site et loin du site la nature des dommages dus au processus de désertification (CHOU et *al.*, 1993)

Tableau n°01 : dommage de la désertification sur le site et loin du site source (Nahal, 2004)

Processus de désertification	Domage sur le site	Domage loin du site
Dégradation de la végétation	-perte de fourrage de bois et de la biodiversité -réduction de la productivité du sol	-pollution de l'air (tempête de poussière) - sédimentation
Erosion pluviale	-enlèvement d'éléments nutritifs du sol -perte à long terme de la productivité du sol -lessivage du sol et des cultures - formation de ravines	- dégradation de la qualité de l'eau -dépositions de sédiments sur les champs de cultures - eutrophisation des lacs
Erosion éolienne	-Enlèvement d'éléments nutritifs du sol -formation de dunes de sables - déracinement de la végétation	-Pollution de l'air (tempête de sable) - dégradation des édifices urbains (route voie ferrée etc.) - maladies respiratoires chez l'homme et l'animal

Chapitre III :
Les SIG &
téledétection.

Introduction

Compte tenu de la nécessité et l'urgence des besoins en matière de gestion de l'information géographique, dans le domaine des sciences de la nature, la communauté scientifique a été menée à rechercher des solutions, qui tout en étant pratique et facile à appliquer devaient être tout autant efficace que rigoureuse. Le progrès dans le domaine de l'informatique a fait en sorte, que les solutions proposées soient issues de l'informatique, des lors en parle des systèmes d'information géographique SIG.

1. Définition des systèmes d'information géographique

Beaucoup de définitions ont été données au terme de SIG et la littérature en regorge celant que l'on soit dans tel ou tel domaine mais nous ne donnerons ici que deux d'entre elles.

La première est américaine et émane du Comité fédéral de coordination inter agences pour la cartographie numérique (1988) qui définit le SIG comme étant un « *Système informatique, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion* » ; la deuxième est française et est donnée par M. DIDIER dans une étude pour le Conseil National de l'Information Géographique en 1990 et qui considère un SIG comme un « *Ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision* ».

Donc, un SIG peut être défini comme étant *un système complexe de moyens humains et matériels permettant à partir de diverses sources, de saisir, organiser, conserver, combiner, extraire, transmettre et afficher des données géo référencées décrivant et représentant une partie du monde réel, offrant ainsi aux professionnels les données nécessaires pour réaliser des analyses spécialisées et des modélisations spatiales pour pouvoir modifier la réalité. C'est un cas particulier de systèmes d'information ; il permet de relier des données à des entités physiques, des événements ou des activités localisées assimilables à des formes géométriques telles que le point, la ligne ou la zone. (Abdelouahab& al ;2003)*

2. Définition de la télédétection

La télédétection est un ensemble de méthodes et de techniques intervenant dans une nouvelle stratégie de l'étude et du suivi des différents phénomènes naturels ayant une incidence directe sur l'homme et son environnement, la télédétection est en fait l'analyse spatiale d'un écosystème à partir de l'utilisation et l'interprétation de photographies aériennes et/ou imageries satellitaires dans le but étant d'établir un diagnostic précis et une évaluation de l'ampleur d'un phénomène naturel, de manière à orienter les diverses actions d'aménagement requises et entrant dans le cadre du développement durable des écosystèmes (Bensaid,2006).

La télédétection permet entre autre une gestion efficace du patrimoine naturel, à travers une cartographie et un inventaire de l'ensemble des ressources disponibles sur le terrain, il est évident qu'aujourd'hui les analyses spatiales permettent une appréciation meilleure des phénomènes naturels, de mieux les comprendre, de connaître leurs processus de déroulement mais aussi d'évaluer l'ampleur de leur influence sur l'écosystème et environnement de l'homme.

2.1. Principe de la télédétection

La télédétection a pour principe l'exploitation maximale des données spatiales à savoir imageries satellitaires et photographies aériennes, ceci est appelé la photo-interprétation.

2.1.1. La photo-interprétation

La photo-interprétation est une des disciplines de la cartographie, dont le principe de base est l'utilisation, le traitement, et l'exploitation de photographies aériennes de manière à en soustraire les données disponibles caractérisant le potentiel biologique du milieu (Bensaid, 2006), celles-ci serviront à faire l'inventaire synchronique et diachronique du potentiel biologique, en s'appuyant sur une bonne connaissance des ressources en place et des conditions éco géographiques (Bensaid, 1997). En plus des données statiques, la photo-interprétation permet d'assurer un suivi dans le temps et l'espace de la dynamique de végétation des écosystèmes, surtout ceux sérieusement menacés ou affectés par les effets d'un phénomène naturel, telle que la désertification. Elle permet aussi une planification des

activités des actions, et des interventions sur terrain basées sur une connaissance plus précise et une vision plus large des processus de dégradation de la végétation.

Or, les méthodes classiques de la photo-interprétation sont coûteuses, fastidieuses et plus exigeantes en temps, surtout lorsqu'il s'agit d'étudier ou de cartographier des surfaces de grandes dimensions, de plus elles sont effectuées d'une manière ponctuelle ce qui nécessite des procédures mathématiques (interpolation) afin d'obtenir une information zonale.

Les photographies aériennes peuvent être utilisées pour l'étude et la représentation de divers paramètres d'un milieu naturel notamment la carte d'occupation du sol. Ces dernières constituent une référence de grande valeur, mais en raison de leur coût élevé, dû essentiellement au nombre des photographies que demande l'étude de vastes territoires, cette technique n'est pas appropriée pour des études de suivi régulier notamment sur les parcours steppiques. Ce qui oriente les différentes méthodologies de photo-interprétation et de télédétection vers l'exploitation de l'imagerie satellitaire (Bensaid, 2007).

2.1.2 - L'imagerie satellitaire

La télédétection permet l'acquisition à distance de scènes terrestres, à partir desquelles on peut extraire les objets d'intérêt. Ceci exige non seulement la maîtrise du processus de télédétection, mais aussi l'interaction entre le rayonnement électromagnétique incident et les objets. La portion, réfléchi de ce rayonnement et modifiée par l'atmosphère constitue l'entrée de base des systèmes de télédétection opérant dans les bandes spectrales allant du visible à l'infrarouge. (Bensaid, 2006). Grâce donc aux différents satellites en orbite autour de la terre et disposant de capteurs infrarouges, le résultat final sera une image satellitaire avec une panoplie de couleur, et dont chacune correspond à un objet bien précis sur terrain suivant le degré de réflexion des rayonnements électromagnétiques de chaque objet.

Les images satellitaires constituent un outil important dont il faut tenir compte dans le cadre de la planification et de la gestion harmonieuse des travaux concernant l'érosion éolienne.

Selon Pouchin (2001), les images sont descriptives et elles apportent une information visuelle beaucoup plus importante par rapport à l'homme. L'aspect multi spectral des données de télédétection offre un atout crucial dans la caractérisation des objets dans une large bande spectrale. Quant à l'aspect multi résolution le passage d'une échelle fine à une échelle plus

petite est tout à fait possible. De cette façon on peut décrire n'importe quel problème, d'ordre naturel ou artificiel, selon les besoins exprimés soit par la nature du phénomène à étudier (étude à l'échelle régionale) soit par le manque de documents cartographiques et thématiques à une échelle imposée par les décideurs en vue d'un aménagement local. A cet égard, l'imagerie satellitaire et à travers elle la télédétection permet :

De dégrossir la recherche des secteurs dégradés (parcours steppiques et terrains agricoles ensablés) en donnant une vue synoptique d'un territoire qu'on veut analyser et aménager.

- de comparer dans l'espace et dans le temps les différentes mutations des unités constituant les différents paysages de la région d'étude.
- de localiser les zones où la régénération est possible et les zones où il faut intervenir en urgence pour limiter et atténuer les dégâts ;
- d'obtenir des informations concernant des zones isolées ou inaccessibles.
- d'évaluer l'impact des décisions de gestion des ressources.

Selon Bardinet (2004), le choix d'un système de télédétection est crucial et dépend de :

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

3. Les différentes études sur la dégradation des écosystèmes des milieux arides

De nombreux travaux traitant le problème de la désertification, de l'évolution de la végétation, de l'ensablement des espaces steppiques ainsi que de la sécheresse dans les zones arides et semi-arides ont été publiés ces dernières années. Nous citerons le travail de Marius (1995) qui traite le problème évolutif du phénomène d'ensablement et ses impacts négatifs sur les mangroves du Sénégal. L'étude scientifique sur la sécheresse et l'aridité et leur impact sur la désertification Rognon (1996). De même, le travail de recherche sur le développement de l'agriculture dans les régions semi-arides marocaines Yacoubi et *al.* (1998).

Dans les régions arides et semi-arides algériennes, nous citerons les travaux réalisés par Callot *et al.* (1996). Ces dernières années ont introduit une nouvelle approche basée sur le principe de la morphologie mathématique. Courel et *al.* (1999) ont travaillé sur la contribution de la télédétection à l'étude de la désertification en Afrique de l'ouest tandis que Desjardins *et*

al. (1999) ont étudié l'apport de la télédétection sur l'ensablement de palmeraies dans un secteur menacé du sud-est du Maroc.

Quant à Haboudane *et al.* (1999) ils ont utilisé des indices pour l'évaluation de la dégradation des sols d'un milieu semi-aride au sud-est de l'Espagne. De même, l'étude pour le suivi de la désertification au Maroc à partir d'images AVHRR de NOAA Lemsanni *et al.* (1999). L'équipe de Benmohammadi *et al.* (2000) a étudié l'analyse des interrelations anthropiques et naturels et leur impact sur la recrudescence des phénomènes d'ensablement et de désertification au sud-est du Maroc. Nous citons également les travaux de (Escadafal et Pouget, 1986 ; Escadafal et Pouget, 1987 ; Escadafal ; Pontanier et Belghith, 1993 et Escadafal et Bacha, 1996) qui traitaient le problème de dégradation des terres dans les pays de l'Afrique du Nord. Nous évoquons aussi le travail de Desjardins *et al.* (2005) qui a mis en évidence l'avancée des dunes dans plusieurs endroits du Sud-est du Maroc. Ces auteurs ont utilisé des images civiles et militaires de très haute résolution spatiale afin de comprendre la dynamique de l'ensablement ainsi que des mesures sur la progression des édifices dunaires sur une période de quarante ans.

En Algérie plusieurs études ont été établies, nous citons par exemple le travail de Bensaid (2006) qui a mis en évidence l'intérêt du SIG et la télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride (Naama), et le travail de Haddouche (2009) qui a traité la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride dans la région de Naama.

Il est à signaler que les travaux cités ci-dessus ont utilisé les données de télédétection pour la caractérisation du phénomène de désertification. Grâce à ces études l'outil de télédétection s'est révélé incontournable dans ce genre de recherche et d'investigation. Pour le suivi d'une manière judicieuse de la dynamique de l'écosystème steppique, il est recommandé d'utiliser des nouvelles approches et des outils performants en occurrence la télédétection, les SIRS et les ressources informationnelles. L'identification des unités constituant le paysage, en fonction de la résolution et de la fréquence temporelle des observations spatiales. Les capteurs à haute résolution spatiale (type LANDSAT, SPOT) permettent de caractériser la composition de l'occupation du sol. Mais la surveillance ne peut être envisagée en temps réel, en raison de la répétitivité peu élevée de ces satellites.

4. Critères de choix des images satellitaires

Comme convenu précédemment, le choix des images satellitaires dépend de plusieurs critères et plus particulièrement de la dimension spatiale de la zone d'étude, toutefois dans un pays en voie de développement telle que l'Algérie la contrainte majeure réside dans l'acquisition des images satellitaires, voir contrainte budgétaire et le rapport qualité/prix est un facteur important à prendre en compte lors de l'achat d'images satellitaires.

Bien que l'Algérie dispose de son propre satellite baptisé ALSAT1 et tout récemment un autre baptisé ALSAT2 , Ces images sont commercialisées par L'Institut national de cartographie et de télédétection d'Alger ou par l'agence spatial algérienne, néanmoins les images proposées par les satellites ALSAT1 et ALSAT 2 ne permettent pas une utilisation pour des besoin d'étude de l'occupation des sols , ou le suivi d'une dynamique de végétation ceci en raison de la non couverture des capteurs dont dispose ces satellites d'une large bande spectrale permettant la détermination de la végétation sur place , ainsi que la faible résolution des images comparées à celles proposées par les satellites Landsat , Spot, Modis , Terraetc.

Dans des études de l'occupation des sols, il est préférable d'acquérir des images TM et ETM+ de Landsat plutôt que des scènes spot. En effet, il est évident de travailler sur une seule scène image TM que sur huit scènes Spot. Dans le cadre de ce travail les images TM et ETM+ de Landsat sont fournies gratuitement par des organismes internationaux pour encourager les chercheurs et les étudiants à mener à bien leurs recherches scientifiques.

Chapitre IV :
Présentation de la zone
d'étude.

1. Contexte générale :

Compte tenu de sa situation géographique, la wilaya de TIARET dispose d'une diversité paysagère conséquente. Située dans la partie centre-Ouest du pays avec près des deux tiers de sa superficie de parcours steppiques (figure n°04). Le choix d'une région située dans la wilaya de TIARET permet une appréciation des aléas intervenants dans le processus évolutif de l'écosystème steppique. En effet, la région de TIARET à vocation agro sylvo pastorale ayant connu un fort taux d'accroissement de sa population, ainsi que par la nature de la pratique agricole dans la région permettent de mieux cerner la problématique abordée. Identifier la chronologie de l'évolution de la végétation steppique dans la région, permet de connaître le degré de pondération de l'action anthropique, mais aussi la résilience de la végétation steppique aux perturbations externes.



Figure n°04 : carte de situation de la région d'étude.

chergui dans sa partie Ouest. C'est la région où le maximum de végétation y est recensé et observé, la partie Est étant une région dépourvue de couverture végétale du fait notamment de la salinité des sols. Pour sa part le faciès de CHOTT CHERGUI est région sujette à un ensablement massif et à une diminution de la superficie de la zone humide. L'hypothèse et la connaissance des facteurs impliqués dans la dynamique de la végétation steppique semble être altérée par ce constat (ensablement, salinité des sols ...etc). De ce fait le choix de la zone d'étude fut porté sur la région de AIN DHEB.

2.Description du milieu physique :

2.1 Occupation des sols :

La région de TIARET est une région à vocation agro sylvo pastorale, une lecture de la carte d'occupation des sols (figure n°06) fait ressortir une dominance de la classe agriculture, notamment dans la partie Nord de la wilaya, les formations forestières sont constituées essentiellement de maquis dégradés, la présence de quelques peuplements constitués de vieilles futaies de chêne liège et de pistachier de l'Atlas est à noter.

La zone d'étude quant à elle est une région steppique représentant une zone de parcours, la végétation dominante est constituée de groupement à alfa (*Stipa Tenascisima*). C'est une région se caractérisant par l'élevage ovin. Cependant les changements intervenus dans les pratiques agricoles dans la région, dû notamment à la sédentarisation de la population nomade ; font état d'un changement de la pratique agricole vers la céréaliculture, dans la perspective d'assurer une source fourragère de substitution.

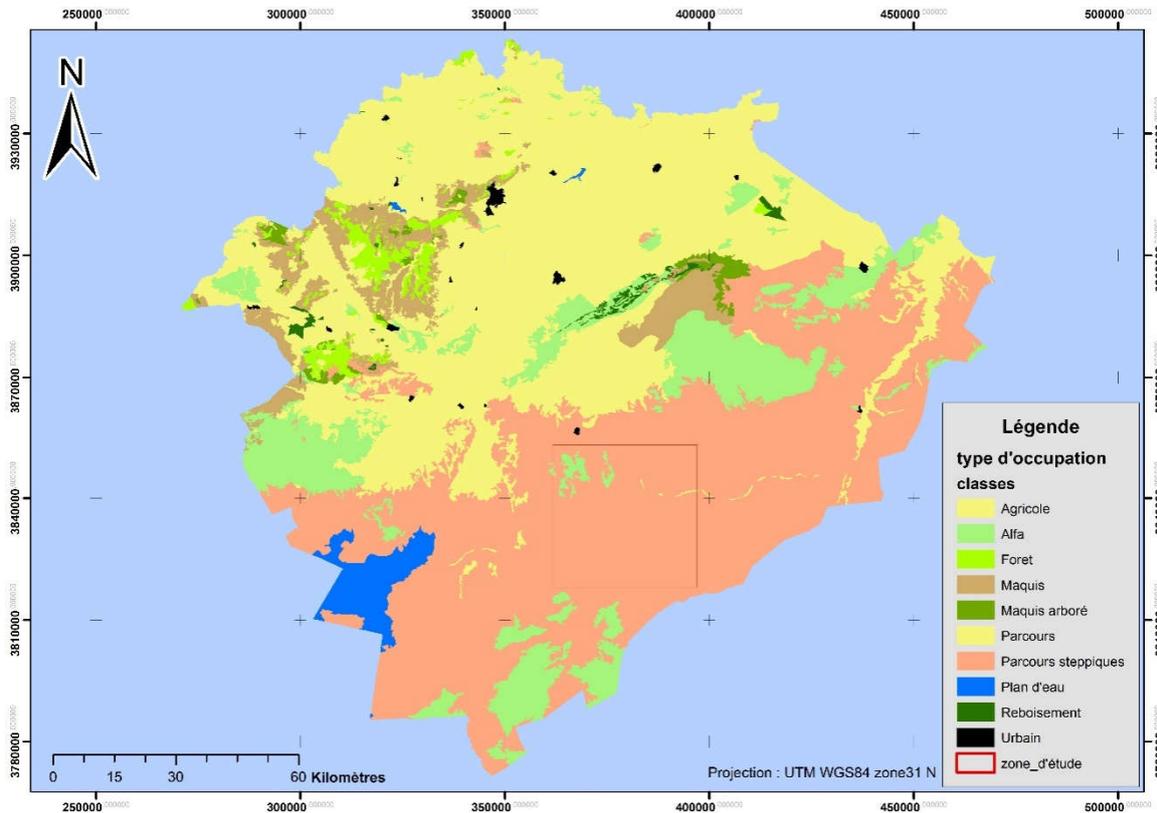


Figure n°06 : carte de l'occupation des sols de région de TIARET. (CFT2018).

2.2 Le couvert végétal :

La végétation rencontrée au niveau des parcours steppiques dans la région de Tiaret est typique des écosystèmes semi-arides, en effet on y rencontre divers groupements végétaux, c'est ainsi que l'on identifie, au niveau de la région d'étude les steppes d'alfa, les steppes d'armoïse, une végétation psamophytes.

La distribution spatiale de la végétation steppique sur l'ensemble du territoire de la zone d'étude, répond à plusieurs variables notamment édaphiques.

Plusieurs travaux de recensement des divers groupements végétaux furent entrepris par les administrations chargées de gérer l'espace steppique. Néanmoins les documents cartographiques consultés ne sont malheureusement pas mis à jour de façon périodique.

La végétation naturelle de la zone steppique est caractérisée par des sous arbustes tel que le CHOBROG (*Noaea mucronata*) qui occupe les sols à croûte calcaire et d'une steppe rase à sparte (*Lygeumspartum*)

Le couvert végétal à armoise blanche (*Artemisia herba alba*) et la couverture végétale d'alfa pure (*Stipa tenacissima*) sont très dominante dans les endroits d'apports ces associations consomment les principales végétations naturelles des parcours.

Il existe aussi d'autres types de végétation telle que les halophiles composées de *Atriplex halimus*, situées sur les sols à forte salinité, notamment vers partie Sud-Est, au prolongement de la zone humide de CHOTT CHERGUI.

Aussi il est à noter que l'on identifie un autre type de groupement végétaux, les psamophiles sont en effet identifiés sur l'ensemble des zones sableuses telle que le *tamarix gallica* ou le *retama retam*.

2.3 Lithologie de la zone d'étude :

Compte tenu l'identité écologique de la zone d'étude, les divers types de sols rencontrés manifestent certaines similitudes, dans ce sens ; la lithologie du terrain est caractérisée par des sols squelettiques pauvre en matière organique, entre autres ceux-ci sont de type calcaire (figure n°07).

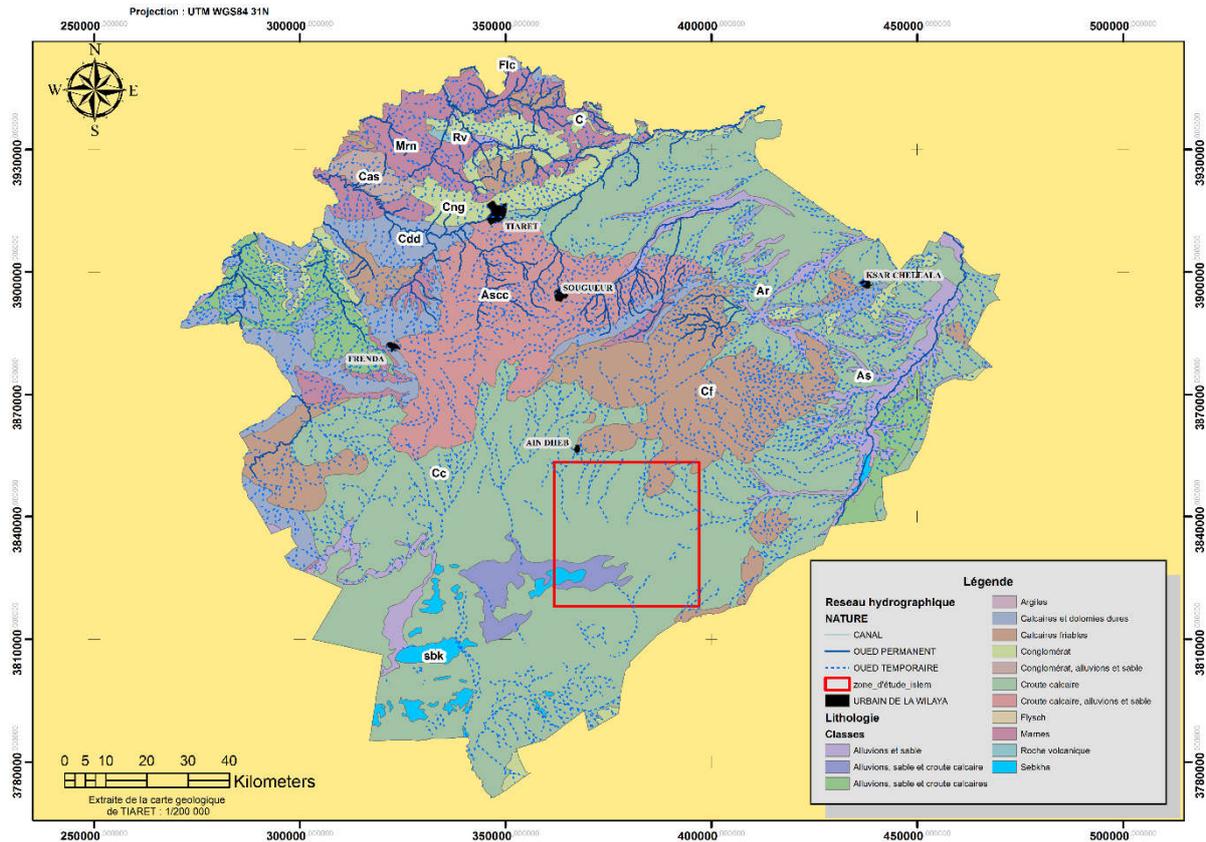


Figure n°07 : carte de lithologie de la région d'étude. (bouacha ;2019).

A noter toutefois que d'autres formations pédologiques peuvent être rencontrées, telles que les sols halo vers les sebkhas, (région de chott chergui) ou vers la région de Ksar Chellala. Aussi d'autres types de sols, à texture sableuse sont identifiés, notamment vers les régions confrontées à la problématique qu'est l'érosion éolienne.

2.4 : hydrographie et ressources hydriques :

Les parcours steppiques dans la région de Tiaret sont caractérisés par un réseau hydrographique irrégulier, en effet une grande partie des cours d'eau recensés sont des temporaires, secs par saisons sèches, et peuvent connaître une phase de crue lors des périodes de fortes intempéries. La région d'étude manifeste une dominance de cours d'eau temporaires, appelés « CHAABA » particulièrement dans la partie Nord, elle est limitée au Sud par l'Oued SOUSSELEM qui prolonge l'Oued TOUIL dans la partie Est. (Figure n°08).

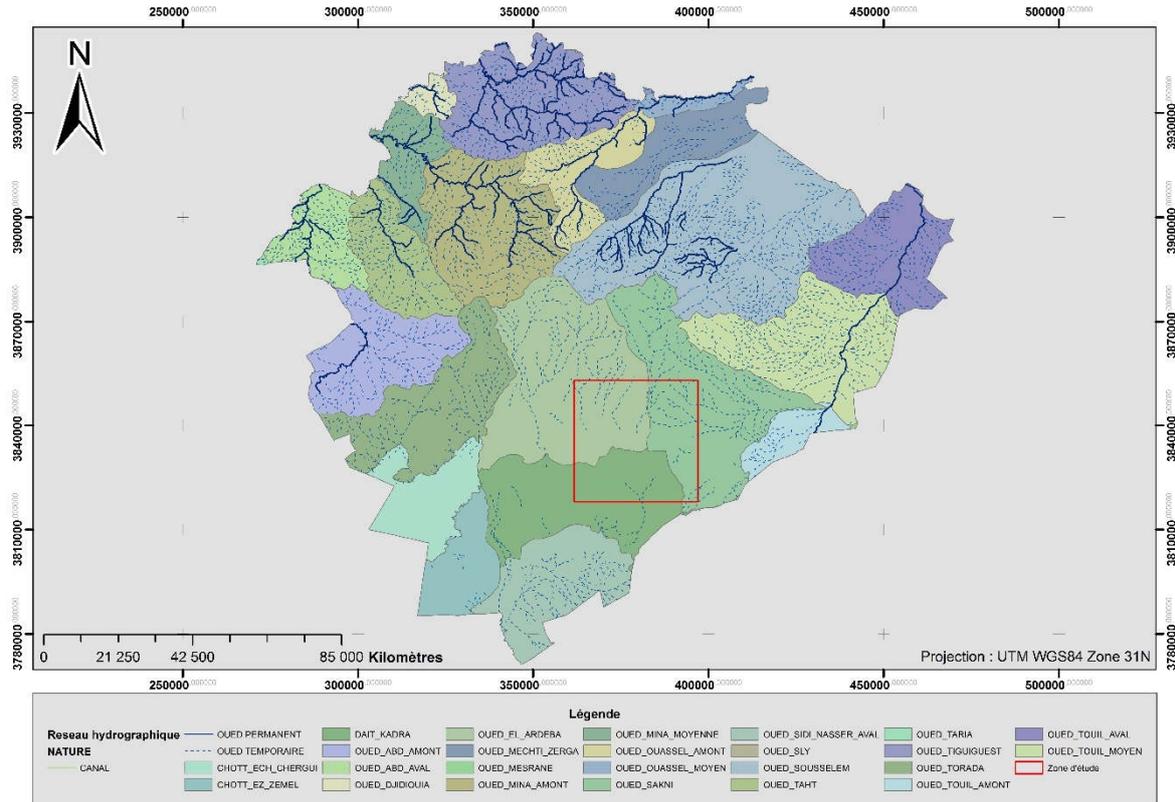


Figure n°08 : carte du réseau hydrographique de la région d'étude. (bouacha ;2019).

Néanmoins d'autres types de formation hydrique peuvent être cités, telle que les sebkhas et les chotts, à cet effet, les parcours steppiques de la région de Tiaret font état d'une importante étendu d'eau, situé dans la partie Sud-Ouest, la zone humide de CHOTT CHERGUI se situe à la limite de région d'étude. Aussi, l'écosystème steppique est connu par l'existence de dépressions « les DHAYAET » constituent en effet des régions d'épandages des eaux de crue, et sont prisées par la population pour l'agriculture du fait de leur potentiel rétention d'eau.

3. Analyse climatique :

L'analyse climatique présente une grande importance dans la connaissance de l'évolution de l'écosystème steppique, durant le travail entamé, un intérêt particulier a été accordé à l'acquisition de données climatiques représentatives de la région d'étude. Néanmoins, considération faite de l'indisponibilité de station météorologique à proximité, ainsi qu'on partant de l'hypothèse que les données climatiques disponibles pour la station météorologique de TIARET ne soient pas représentatives, le choix s'est porté sur l'exploitation des données issues de la télédétection susceptibles de répondre aux besoins de l'étude. Dans ce sens un

ensemble de données relatives à la pluviométrie et à la température furent acquises à partir de la plate-forme en ligne de google earth engine.

Google earth engine s'apparente aujourd'hui, à une alternative future en matière d'acquisition d'imagerie satellitaires et de produits dérivés. lancé en 2012 avec comme objectifs le suivi de la déforestation à l'échelle mondiale , google earth engine permet aux utilisateurs de disposer de plusieurs produits d'imagerie satellitaires , de plus ; à travers un simple script en langage informatique java , il est possible de procéder à des classifications d'images , de calculer des indices ainsi que de traiter l'information à l'échelle d'un point , d'un poly ligne ou d'un polygone , facilitant ainsi aux utilisateurs les recherches et autres investigations menées dans cette perspective.

Les données climatiques acquises durant ce travail CHRIPS (*climate hasard group infrared precipitations with station data*) sont le résultat de la combinaison entre les mesures météorologiques faites directement à travers les stations météorologiques (Funk et al,2015), et des mesures au niveau des capteurs des satellites en orbite, notamment ceux de la série NOAA et METEOSAT dédiés spécialement à l'observation de la météorologie à l'échelle planétaire. Le produit proposé est une série de cartes de synthèse pouvant être télécharger directement à partir du site www.chg.geog.ucsb.edu/data/chirps. Cependant la grande quantité d'information à traiter représente une contrainte majeure, c'est pourquoi le recours à la plateforme en ligne google earth engine paraît plus judicieux.

En effet un script en langage informatique java est écrit, dont les variables à déclarer sont l'échelle spatiale, c'est-à-dire les limites de la région d'intérêt ainsi que de l'échelle temporelle. Le résultat obtenu est par la suite téléchargé sous format Excel ou graphique (courbes) avec possibilité de téléchargement de cartes au format raster.

Les résultats de cette analyse réalisée sont illustrés comme suit.

3.1 les précipitations :

Les précipitations sont un paramètre climatique dont la contribution au processus de dégradation et de désertification écosystèmes semi-arides est des plus conséquentes, les périodes de sécheresse qui caractérisent un déficit entre les précipitations et l'évapotranspiration sont pour accentuer la désertification des parcours steppiques en Algérie (Nedjraoui ;2008).

Ce travail essaye d'identifier les diverses fluctuations inter et intra annuelles, mais au-delà examiner l'évolution des périodes de sécheresse, de manière à comprendre l'influence des paramètres du climat sur le changement intervenant dans la zone d'étude.

3.1.1 régime mensuel des précipitations :

Le régime mensuel des précipitations pour la région d'étude, a atteint (350,26 m) durant la période allant de 1981 à 2016, avec un maximum de 33.11 mm durant le mois de mai et un minimum de 2,66 mm durant le mois de juillet. (Figure n°09).

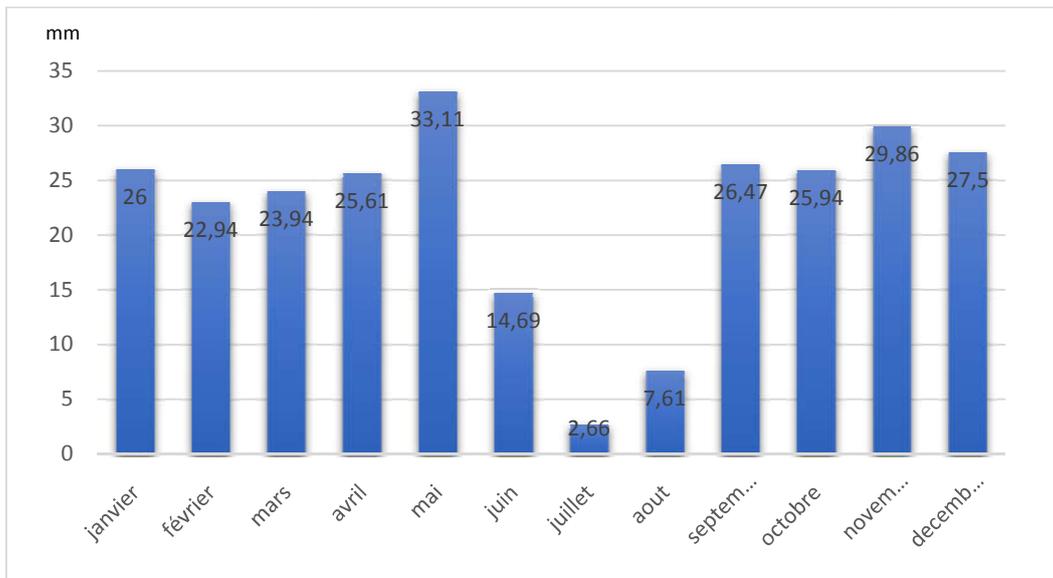


Figure n° 09: précipitation moyenne mensuelle pour la période allant de 1981 à 2016.

3.2.2 Irrégularité des précipitations :

L'irrégularité des précipitations la période 1981-2016 se traduit manifestement par la fluctuation des précipitations annuelles (figure n°10), l'on enregistre un minimum de 153,4 mm pour l'année 1985, avec un maximum de 542,54 mm pour l'année 2009. Cette irrégularité est caractéristique des zones semi-arides, et ce constat est confirmé dans divers travaux des auteurs cités précédemment.

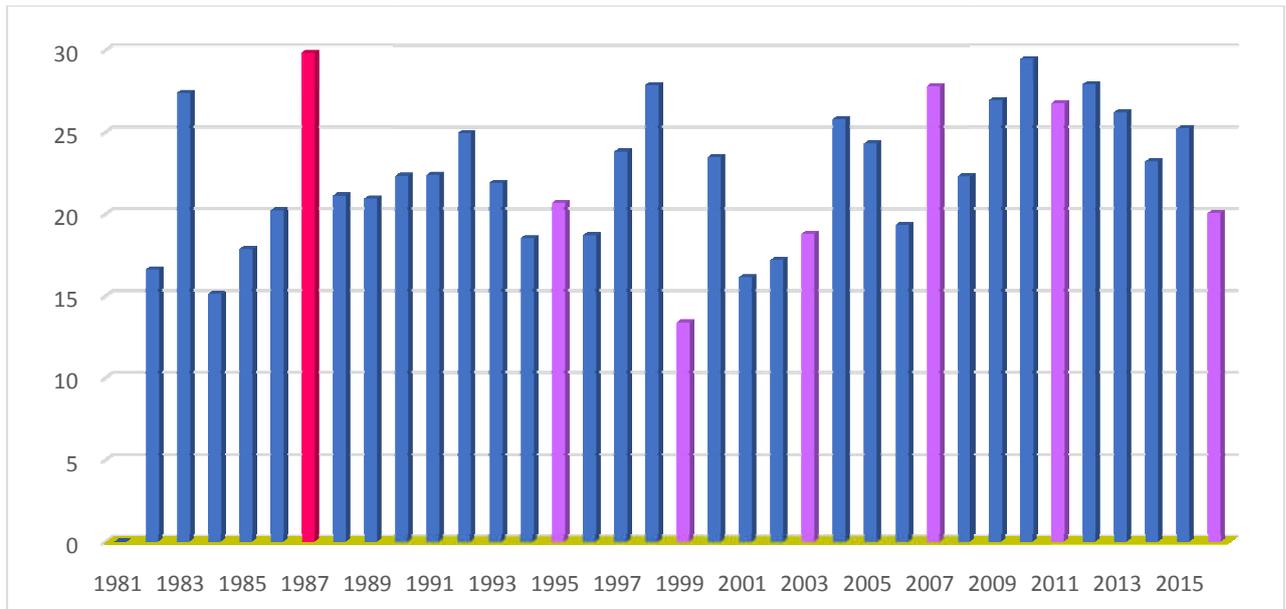


Figure n°10 : précipitations moyenne annuelle de la période allant de 1981 à 2016.

3.2.3 la température :

A l'instar des précipitations, la température s'avère un facteur important pour la végétation, néanmoins l'augmentation de celle-ci dépassant un seuil de tolérance peut avoir des conséquences néfastes sur la végétation et son comportement.

Il est utile de noter que la température est un facteur climatique essentiel d'ayant une incidence directe sur l'aridité du climat (greco ,1966 inHadouche ;2009), cependant l'irrégularité des températures moyennes ne peut être considérée comme étant un facteur direct sur l'évolution de la végétation , sachant qu'en milieu semi-aride l'effet de l'amplitude thermique est le plus récurrent.

3.2.4 Température moyenne annuelle :

La moyenne des températures annuelles enregistrées pour la période de 1981-2016 a enregistré un maximum de 11,33 °C pour l'année 1987 et un minimum de 09,01 °C. pour l'année 1992 à l'opposé des précipitations qui connaissent une évolution irrégulière, les températures manifestent une tendance à la hausse (figure n°11).

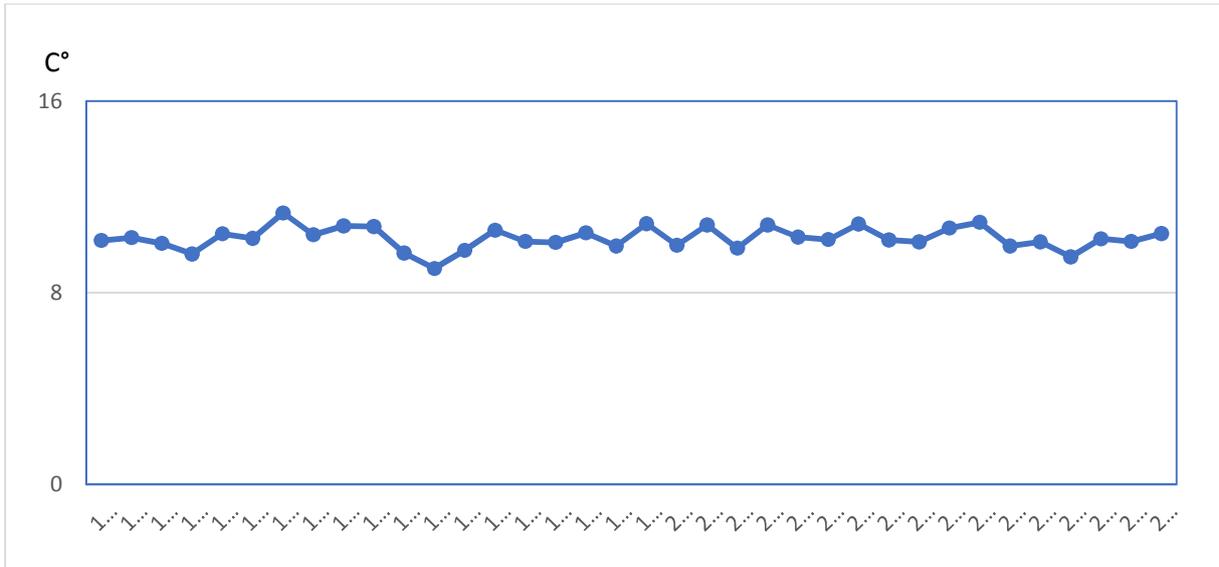


Figure n°11 :évolution de la température moyenne annuelle pour la période allant de 1981 à 2016.

3.2.5 Moyennes des températures minimales et températures maximales :

Sur l'ensemble de la période 1981-2016, le mois de janvier demeure le plus froid avec une moyenne de 1,99 °C avec un minimal de -0,5°C. le mois le plus chaud est celui de juillet avec une moyenne de 20,79°C atteignant un maximal de 22,85 °C (figure n°12).

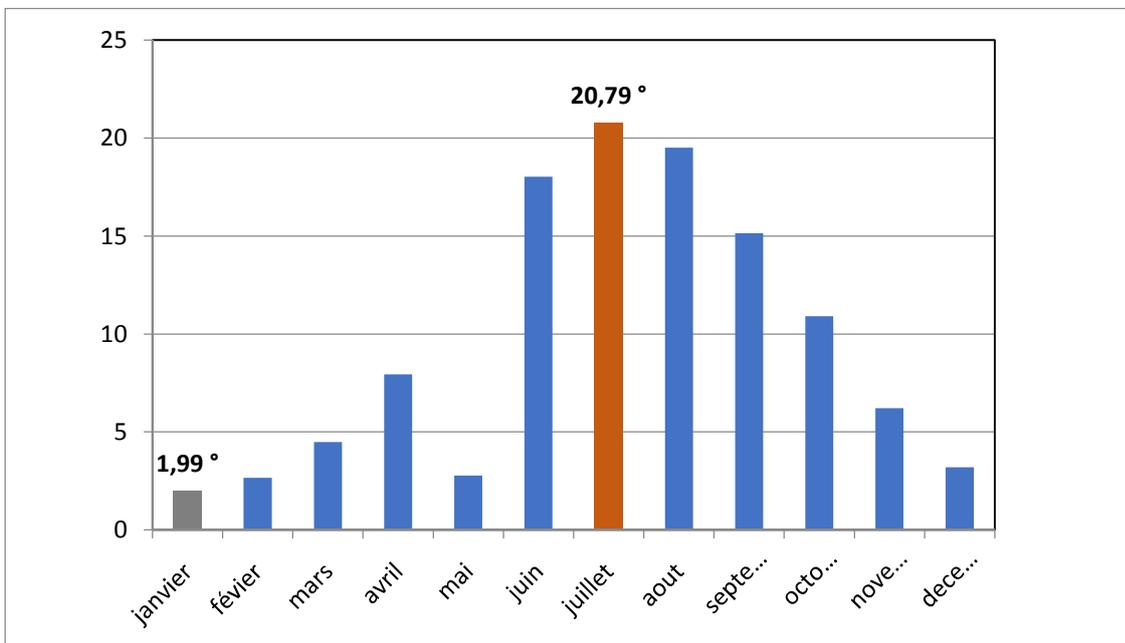


Figure n°12 : température moyenne mensuelle pour la période allant de 1981 à 2016.

3.2.6 Evolution températures-précipitations :

-diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN

Une comparaison évolutive entre la température et les précipitations permet de comprendre le comportement du climat dans notre région.

La figure n°, illustre le diagramme xérothermique de la région d'étude pour la période 1981 à 2016 D'un point de vue globale, l'on remarque que la période sèche pour l'ensemble de la période d'observation s'étend sur 05 mois, à partir du mois de mai mois jusqu'au mois de septembre.

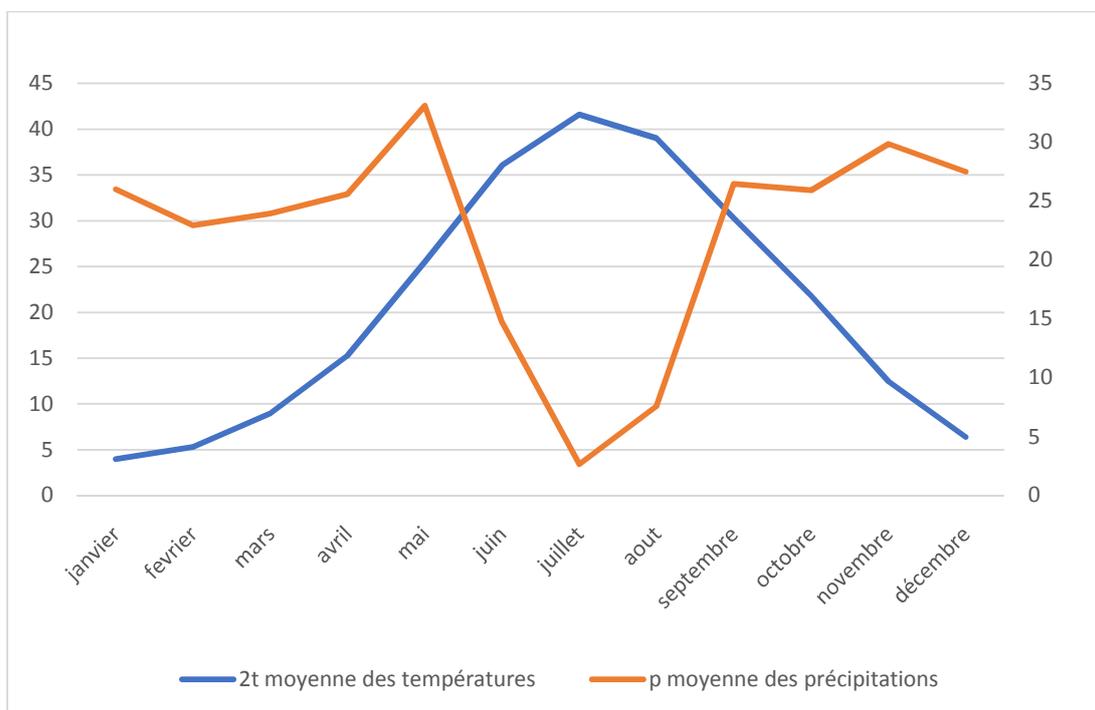


Figure n°13 : diagramme ombrothermique pour la période allant de 1981 à 2016.

3.2.7 Coefficient pluviométrique d'Emberger (Q2) :

Le coefficient pluviométrique d'Emberger permet de classer les différents types de climats méditerranéens. (Dajoz, 2006).

Basé sur les critères liés aux précipitation annuelles moyennes (P en mm), la moyenne des minima du mois le plus froid de l'année(m) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud(M), cet indice est décrit selon la formule suivante :

$$Q2 = 2000P / M^2 - m^2 \quad (\text{Quezel et Médail, 2003})$$

Où :

P : Moyenne des précipitations annuelles en mm

M : Moyenne des Maxima du mois le plus chaud en ° K

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en ° K

$$Q2 = 3.43 P / M - m$$

Le résultat obtenu et les étages bioclimatiques sont représentés comme suit (figure n°14).

Tableau n°02 : situation bioclimatique de la région d'étude.

Nom de la station	T max (K)	T min (K)	P (mm)	Q2	Etage bioclimatique
Zone d'étude	295,04	274,6	267,47	45,9434606	Semi-aride à hiver frais

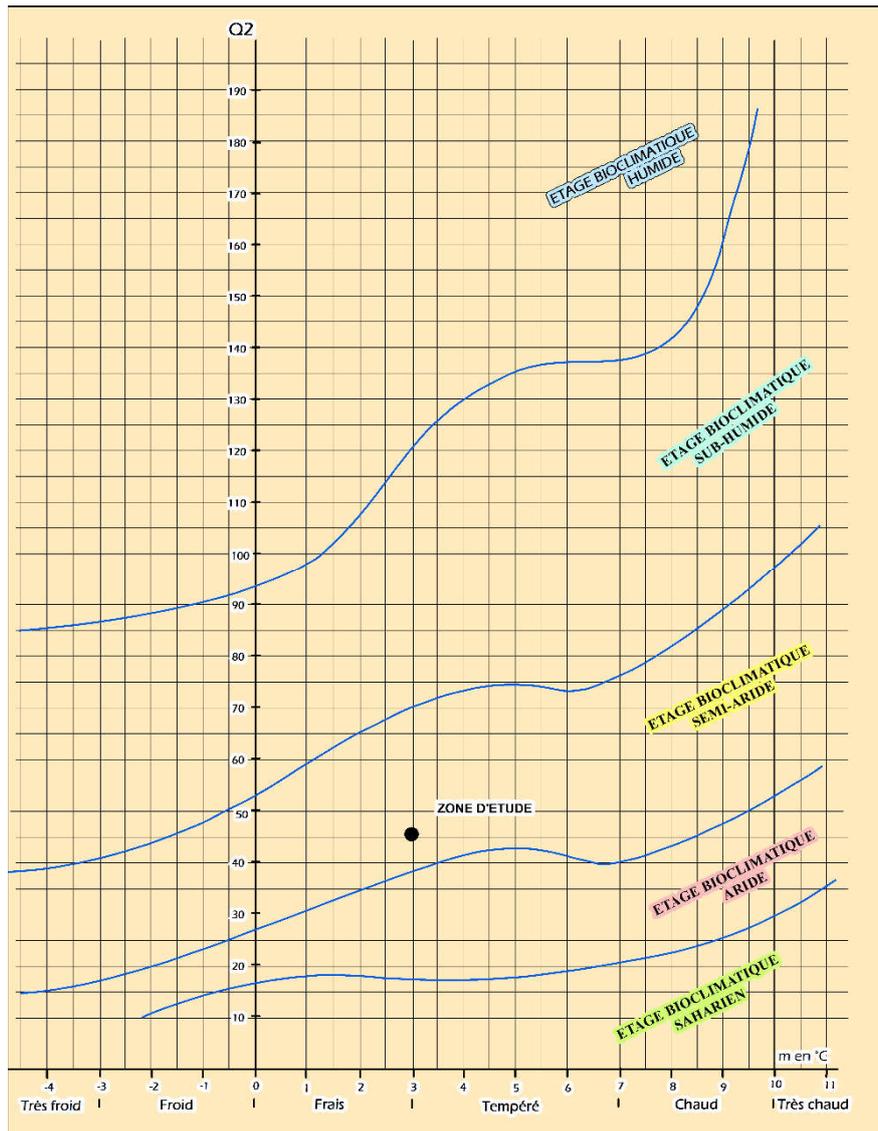


Figure n°14 : climagramme d'emberger pour la période allant de 1981 à 2016.

4. Analyse socio-économique :

Sur le plan administratif, les parcours steppiques dans la région de Tiaret parcourent le territoire de 13 communes. La population dans ces communes a manifestement connu une évolution assez importante durant la période 1987-2010, cet accroissement exprime une tendance à la sédentarisation et un passage du nomadisme, qui autrefois caractérisait la steppe algérienne, vers une concentration de la population dans les régions urbaines de la steppe.

La population de la région steppique du Sud de la wilaya de TIARET a connu un accroissement conséquent à partir de l'année 1988 à 1998 en passant d'un total de 114499 habitants à un total de 165906 habitants (RGPH, 2008) celui-ci atteindra un total de 196730 habitants, (SNADDR, 2009). Figure n°15.

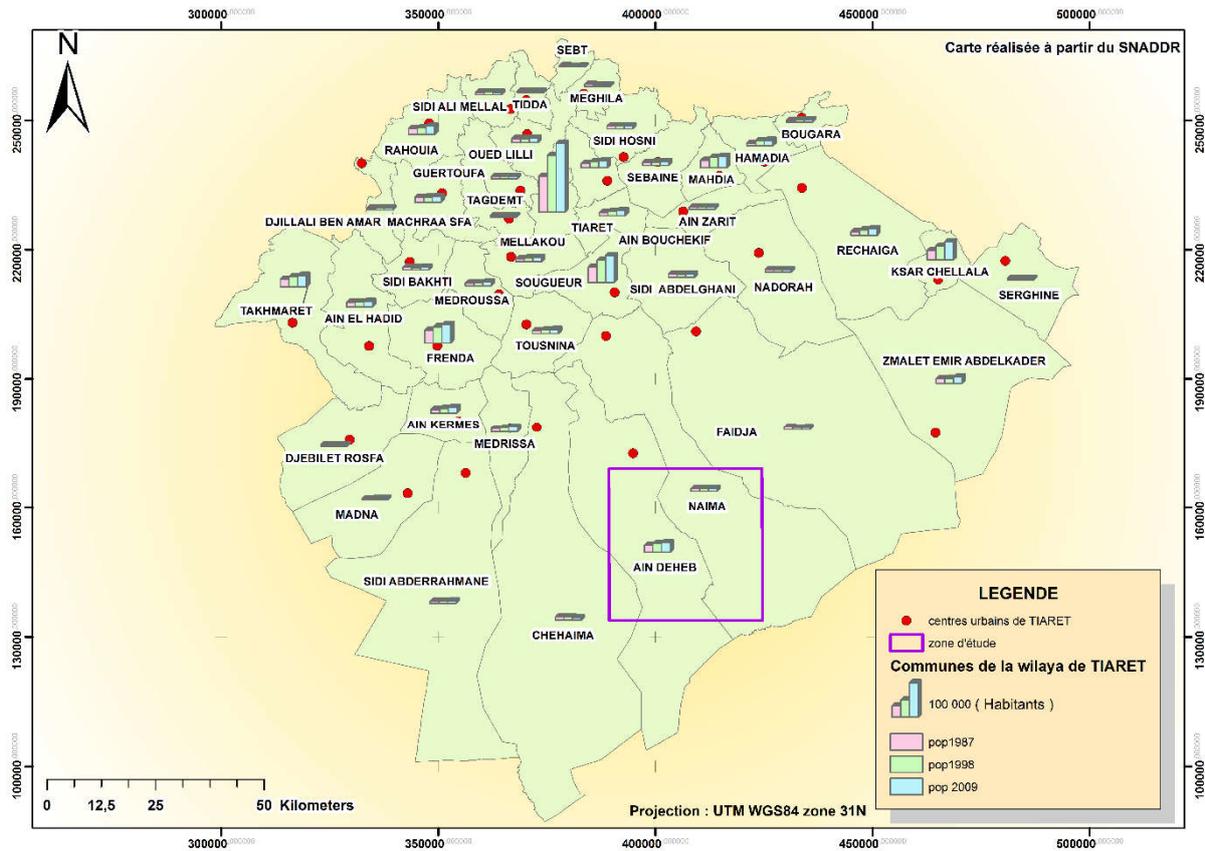


Figure n°15 : carte de l'évolution démographique de la région de TIARET.(bouacha ;2019).

L'analyse de la concentration des populations rurales en milieu steppique à travers une lecture de la base de données établie dans le cadre du programme de renouveau rural (PPDRI) démontre que les parcours steppiques de la région de TIARET connaissent une sédentarisation de la population, comme illustré à travers la figure n°16, faisant ressortir les agglomérations rurales au niveau de la région de TIARET.

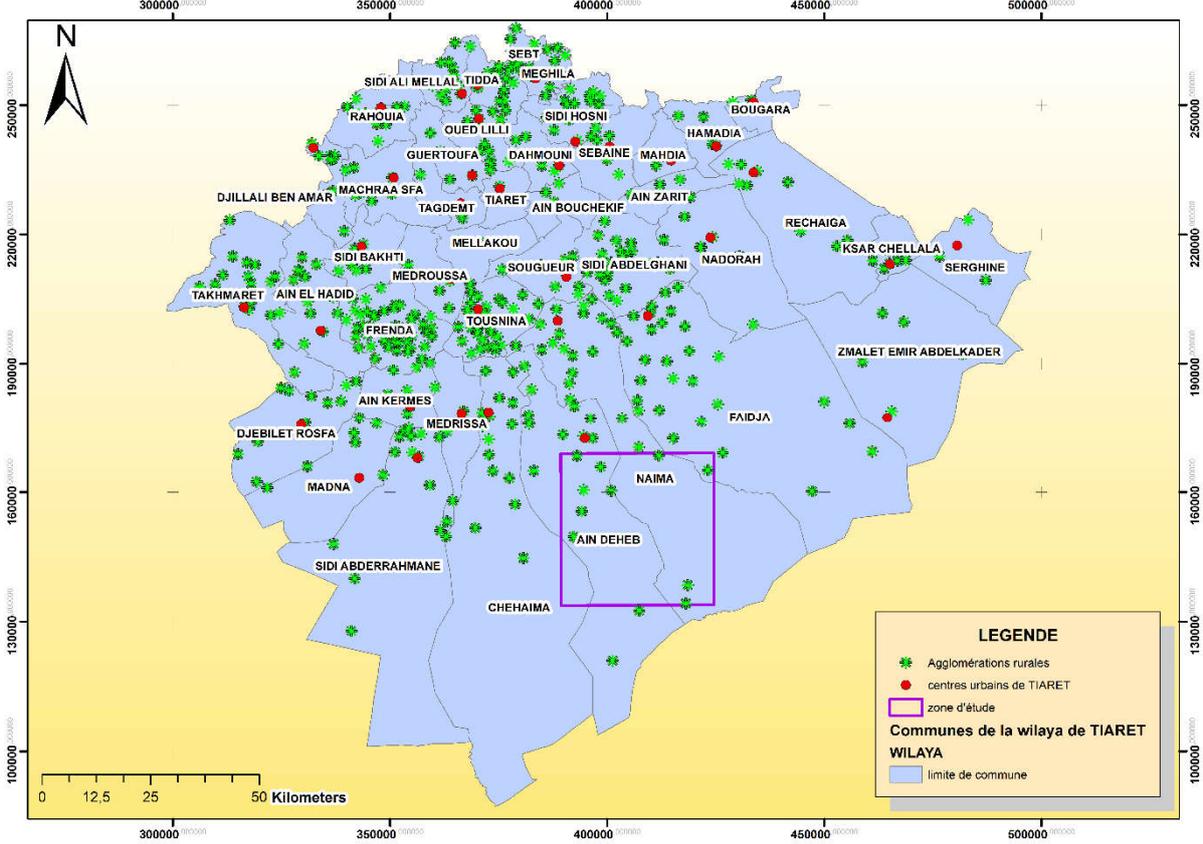


Figure n°16 : carte des agglomérations rurales de la région de TIARET.(bouacha ;2019).

Chapitre V :
Méthodologie de
travail.

La présente étude a pour objectif l'identification de l'évolution spatiotemporelle de la végétation des parcours steppiques dans la région de Tiaret. Il s'agit de connaître la chronologie de la dynamique de la végétation en place, mais au-delà, permettre la compréhension des facteurs et mécanismes intervenant lors de cette évolution.

Ce travail s'articule autour de l'usage et l'analyse des données de la télédétection à différentes dates. la télédétection en tant qu'outil d'analyse permet des alternatives aux méthodes classiques d'étude de la végétation. L'objectif étant d'arriver à mettre en place une base de données géographique devant faciliter l'identification de l'évolution du couvert végétal durant un intervalle de temps définie. De plus, l'analyse spatiale des phénomènes naturels et de l'évolution des composantes écosystémiques doit faire ressortir les aléas du milieu naturel, les facteurs incriminés dans tout processus de dégradation des terres, telle que la désertification des parcours steppiques. Dans cette optique, la méthodologie adoptée et axée autour du traitement numérique des images satellitaires, tient compte de la possibilité de caractériser les composantes environnementales dans laquelle évolue la végétation steppique : le climat (précipitation température) le sol (salinité, humidité).

Le traitement des images satellitaires utilisées devra faire suite aux divers paramètres du milieu physique de manière à ce que l'information contenu dans les images satellitaires puisse être optimisée au mieux.

1. Traitement numériques et analyse des données :

1.1 Données numériques utilisées :

L'étude menée a pour principe le recours à l'analyse d'images satellitaires pouvant permettre l'atteinte des objectifs assignés. Dans ce sens, nous avons utilisés un ensemble d'images *landsat* TM et Oli à diverses dates, à partir de 1981 jusqu'à 2016.

Les images *landsat* sont issues des capteurs des satellites de la série *landsat* lancés par l'agence spatiale américaine dans le cadre d'un programme d'observation de la terre et de l'environnement. Celles-ci sont les plus utilisées dans diverses études de suivi et diagnostic des écosystèmes à travers le globe.

Compte tenu de l'ancienneté du programme *landsat*, c'est en rapport à la disponibilité de données à dates antérieures que le choix des images s'est imposé, en effet il s'agit d'une base de données conséquente s'étalant sur 38ans d'acquisition d'images multispectrales, pour les besoins de notre travail de recherche, les données sélectionnées sont celles correspondants à la

période comprise entre 1987 et 2016 périodes d'observation de 29 ans. À noter aussi que celles-ci sont mises gratuitement en ligne à disposition des utilisateurs via diverses plateformes de téléchargement en ligne (www.earthexplorer.org / www.glovis.usgs.gov).

1.2 Critique de l'utilisation des données *Landsat* pour l'analyse de la dynamique :

Bien que les images satellitaires des capteurs *Landsat* soient mises en ligne gratuitement, et disponible sur une grande échelle chronologique, certaines ambiguïtés peuvent être soulevées notamment la disponibilité des images pour chaque année successive ; en effet identifier la dynamique d'une variable écosystémique doit permettre une continuité de l'observation à l'échelle temporelle. Pour les besoins de la recherche menée, nous avons été confrontés à l'indisponibilité d'imagerie à certaines dates, notamment celle correspondant à la décennie 1990-2000 où seule 03 scènes sont disponibles pour notre la zone d'étude.

Ce constat a orienté les divers travaux de recherche entrepris dans la thématique abordée, vers une méthode d'analyse simplifiée : l'analyse diachronique.

En télédétection, l'analyse diachronique correspond à une comparaison d'une même variable spatiale à deux dates différentes. C'est en soit une lecture simplifiée de l'évolution d'un écosystème dans la mesure où les changements susceptibles d'intervenir dans le résultat d'une comparaison entre deux images à différentes dates. Or, ce genre de méthodologie n'est pas pour répondre à un besoin d'analyse de la dynamique. Étudier la dynamique doit permettre la connaissance des différentes étapes d'un processus évolutif, par conséquent, une analyse diachronique ne peut être considérée comme analyse de l'évolution, car elle ne permet pas de connaître la chronologie des changements intervenus entre les deux dates et à quel moment.

Afin de mieux cerner la problématique abordée, l'ensemble des images disponibles pour la période allant de 1987 à 2016 ont été utilisées. Les images acquises sont acquises à travers les divers satellites de la série *landsat*.(Tableau n°03).

Tableau n°03 : scènes *Landsat* utilisées et dates d'acquisition.

Année	Capteur	Date d'acquisition
1987	<i>Landsat</i> TM	07/07/1987
1995	<i>Landsat</i> TM	18/06/1995
1999	<i>Landsat</i> TM	18/09/1999
2003	<i>Landsat</i> TM	06/06/2003
2007	<i>Landsat</i> ETM+	15/08/2007
2011	<i>Landsat</i> TM	14/06/2011
2016	<i>Landsat</i> Oli	08/06/2016

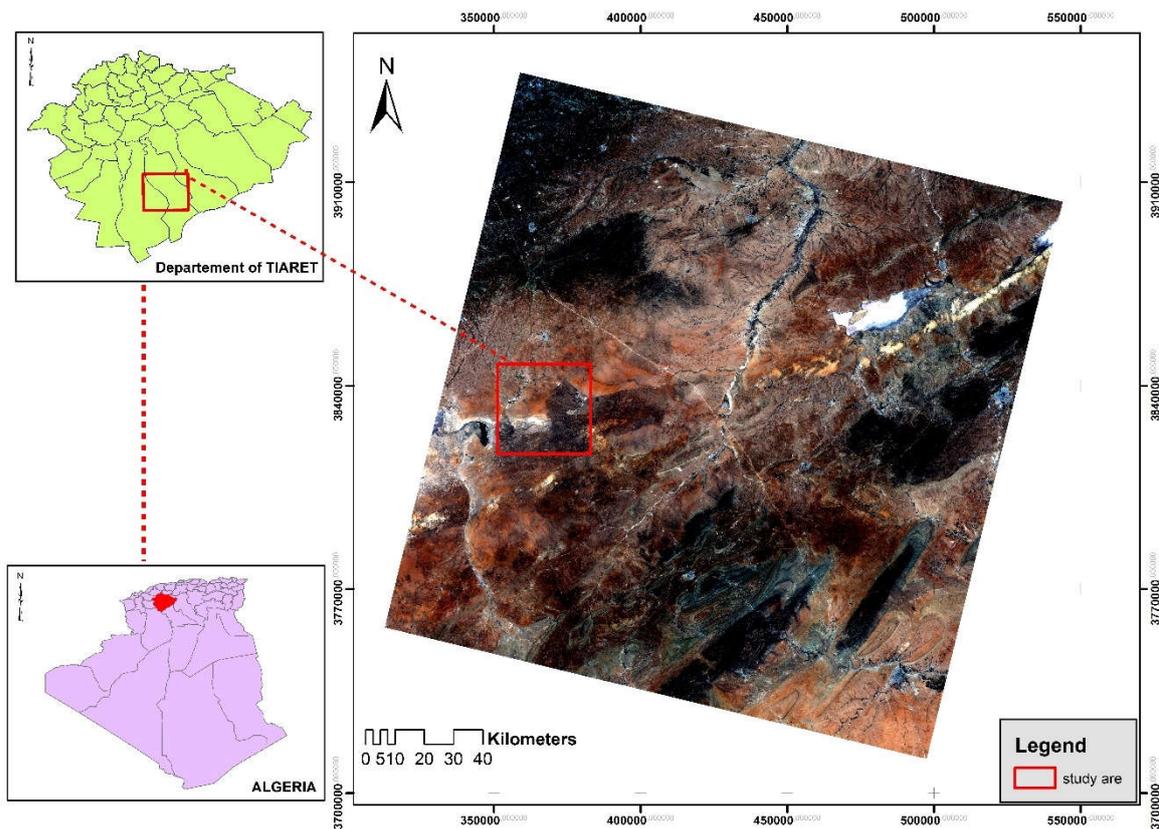


Figure n°17 : situation de la zone d'étude par rapport aux scènes *landsat* utilisées.

L'image satellitaire est en soit, un document contenant diverses informations relatives à des objets sur le sol, dans ce sens le traitement effectué est tel que l'information propre à l'occupation des sols et à la végétation puisse être mise en évidence.

A travers l'utilisation de programmes informatiques appropriés, une série de traitement numérique des images est réalisée, l'objectif initial étant la réalisation de carte d'occupation des sols, ou il est possible d'identifier les différentes classes de végétation présentes, ainsi que les caractéristiques paysagère de la zone d'étude (type de sols, utilisation de l'homme, indicateurs physique de dégradation, disponibilité d'eauEtc.).

2. Traitement numérique des images :

La télédétection est aujourd'hui un moyen de diagnostic des écosystèmes terrestres à grandes échelles, diverses approches peuvent être adoptées dans le but de comprendre la dynamiques des ressources naturelles, dans notre cas, l'objectif de cette étude était d'arriver à mettre en place une méthodologie simple, pouvant caractériser les interactions entre la végétation et son milieu naturel, il s'agit en effet d'une caractérisation qualitative des composantes du milieu steppique de la région de Tiaret.

Les images satellitaires *Landsat* sont un produit brute disponible à un niveau de prétraitement facilitant leurs utilisation directe, en effet celles-ci sont calibrées et géo référencées.

Toutefois, compte tenu de la résolution moyenne des images ainsi que la nature de la végétation étudiée, le passage de l'image satellitaire à la carte de végétation parait plus ou moins complexe.

2.1 Traitement des images :

Bien qu'elles puissent être calibrées et géo référencées, les images *landsat* dont nous disposons pour notre étude comportent un nombre de défauts, des distorsions géométriques, c'est pourquoi il est primordial de corriger les images satellitaires avant leurs utilisations.

2.2 La correction géométrique :

Pour le suivi de la radiométrie sur images à différentes dates, les images doivent être corrigées des distorsions géométriques qu'elles comportent (Collet 1992), celles-ci sont dues à l'instrument d'enregistrement des données et à la courbe de l'écran sur le quelle les images ont été photographiées. Le principe de la correction géométrique est d'assimiler les diverses scènes dont nous disposons à un système de projection spatial référentiel, lors de notre étude nous avons retenu le système UTM WG S84 zone 31 Nord.

Pour pouvoir arriver à cela, rectifier les images géométriquement s'est fait en trois étapes essentielles :

2.2.1 Identification ou choix de l'image référence :

Chaque image est testée à part, la précision de points localisés sur terrain à travers des relevés GPS, sur carte d'état-major au 1 100000 (urbain, routes, intersections de chemin et pistes.) et sur l'image conditionnera le choix de l'image référence, pour notre cas, la scène correspondant à 2016 (*Landsat8 OLI*) est retenue. Celle-ci étant la plus récente et mieux indiquée pour rectifier géométriquement la série d'image dont nous disposons.

2.2.2 Localisation des points d'amers :

La correction géométrique est une transformation spatiale qui s'appuie sur le changement de coordonnées d'un objet qu'on appelle point d'amers (Godard, 2005), celui-ci est identifié sur l'image à corriger puis sur l'image référence, le calcul de l'écart entre les coordonnées sur l'image à corriger et sur l'image référence permettront à l'aide d'une fonction polynomiale la correction de l'image.

Cette étape a été facilitée dans le cas de notre étude par l'étendue de la superficie la zone couverte par les scènes *Landsat*, entre autre une disponibilité, et une homogénéité de la répartition d'un plus grand nombre de points d'amers, en effet nous sommes basés sur les points urbains (intersections de route, petites agglomérations ...etc.).

Le nombre de points d'amers reste très important car plus celui-ci est grand et plus la correction tend vers la précision, le nombre de points d'amers retenu pour notre cas est de 13 points. La correction géométrique est validée après calcul de l'erreur moyenne carrée

(RMSE) si la valeur est inférieure ou égale à 0.5 pixel. Le tableau n°04 illustre les valeurs de la RMSE obtenues pour l'ensemble des images utilisées.

Tableau n°04 : valeurs de la RMSE après correction géométrique.

Image	1987	1995	1999	2003	2007	2011
2016	0.25	0.22	0.25	0.25	0.36	0.17

2.3 Conversion des comptes numériques en valeurs de réflectance :

Les détecteurs d'un satellite sont des dispositifs qui mesurent le courant électrique en fonction de l'énergie lumineuse reçu et prenant des valeurs allant de 0 à 255 l'ensemble est conçu pour qu'il soit proportionnel à la luminance reçu (Hadjit 2009).

Ainsi les capteurs en télédétection sont des radiomètres mesurant la luminance réfléchi de façon simultanée par l'ensemble terre atmosphère, le signal mesuré dépend dès lors de la réflectance de la surface de la terre ainsi que l'éclairement incident de l'effet de l'atmosphère. Les images *landsat* utilisées lors de notre étude sont pourvues de valeurs de luminance, celles-ci ne requièrent donc aucune calibration en luminances, toutefois la conversion vers des valeurs de réflectance se fait par le moyen du logiciel de traitement. Tout autant qu'une correction atmosphérique des images que nous utilisons à travers la formule suivante :

2.4 Analyse des images :

Une fois les images corrigées, une nouvelle image est générée pour l'ensemble de la série utilisée, ceci se fait à travers l'application d'un masque correspondant à la zone d'étude. Les images masquées serviront par la suite à la réalisation des cartes d'occupation des sols à travers la classification des images utilisées.

3. Classification des images et cartographie de l'occupation des sols :

L'objectif de la classification est de produire à partir de mesures radio métriques une image thématique qui est la représentation des objets associés aux mesures. Il s'agit d'obtenir des classes telle que deux pixels de la même classe se ressemblent le plus possible et deux pixels de classes distinctes se ressemblent le moins possible.

Le processus de classification passe par l'attribution à chaque objet sur terrain de sa signature spectrale sur l'image, dans ce sens la fiabilité des résultats dépend fortement de l'échantillonnage réalisé, le choix des échantillons doit être représentatif de l'ensemble de l'image à classifier.

Nous avons opté pour une classification dirigée ou supervisée, par la fonction maximum de vraisemblance.

La classification par maximum de vraisemblance suppose que les statistiques pour chaque classe dans chaque bande sont normalement distribués et calcule la probabilité qu'un pixel appartient à une classe donnée sauf si un seuil de probabilité est sélectionné, tous les pixels sont classés et chaque pixel est associé à la classe dont la probabilité qu'il lui appartienne est la plus élevée.

3.1 Choix des classes et échantillonnage sur image :

La pertinence des résultats de la classification, et la fiabilité de la carte d'occupation des sols réalisée sont tributaire des échantillons identifiés sur l'image. En effet, en préalable à la classification des images satellitaires, un ensemble de régions appelées parcelles d'entraînements ou ROI (*region of interest*) doivent être identifiées sur l'image satellitaire à classer, de plus leurs correspondances sur terrain doivent être connues. Pour la cartographie de l'occupation des sols et une identification de la couverture végétale en place, un travail de terrain est réalisé durant la période de maximum de végétation (du mois de mars au mois de mai). Bien que la période ne corresponde pas à la celle de l'acquisition des images (période estivale), il n'en demeure pas moins que cela ne peut porter atteinte à l'avènement du travail entrepris.

3.1.1 Problématique de l'utilisation des images *landsat* dans l'identification de formations végétales :

Le recours à l'analyse des données des capteurs *landsat* semblent ne pas mettre à l'unanimité divers auteurs, en effet plusieurs problématiques liées aux images à moyenne résolution que celles dont nous disposons, furent soulevées, particulièrement lorsqu'il s'agit de la distinction entre les formations végétales.

(Bensaid,2006) affirme que l'utilisation des images de type *landsat* pour des fins d'identification qualitative de la végétation semble être une opération assez compliquée dès lors qu'il s'agit de se référer uniquement en comportement spectrale du végétale, cette procédure est pour induire l'opérateur en confusion ; en effet certaines espèces semblent avoir des caractéristiques morphologiques semblables et par conséquent le signal radiométrique mesuré peut être assez proche pour deux espèces distinctes (ex : *Legeum Spartum* , *Stipa Tenacissima* et *Stipa Parviflora*). De plus, les steppes à graminées se caractérisent par une végétation

éréctophiles, avec une disposition verticale de leurs feuillages et en effet de la réponse spectrale du sol sur celle de la végétation.

Par ailleurs, Amaouche Idriss (2010), El Zerey& al (2009), dans des travaux sur les parcours steppiques algériens, ont utilisé des images des capteurs *landsat* pour la cartographie de la végétation en place, et ce à travers des méthodologies qui, bien qu'elles puissent être différentes, aboutissent à une cartographie de la végétation en milieu steppique. Cependant et compte tenu des caractéristiques spectrales des images et de la végétation steppique, la réalisation de carte de végétation par l'utilisation des images *Landsat* est impossible, du fait notamment de la similarité du profil spectral de la végétation steppique, d'où l'impossibilité d'une séparabilité parfaite entre classes lors de la classification des images.

Durant le cadre de cette recherche, un travail de terrain fut réalisé et un ensemble de onze classes a été retenu :

La végétation steppique :

La classe de végétation a été subdivisée en trois sous classes, en fonction du recouvrement et de la densité.

Végétation steppique dense : correspond à la végétation steppique manifestant un taux de recouvrement supérieur à 50%, celle-ci se rencontre essentiellement au niveau des dhayas et des périmètres de mise en défens. La végétation steppique dense se caractérise par une dominance du sparte (*Legeum Spartum*) dont la remontée biologique se fait au détriment des nappes alfatières en place, ce phénomène de vicariance indique une situation de dégradation de l'écosystème steppique au niveau de la zone d'étude.

Végétation steppique de moyenne densité : correspond à la végétation steppique dont le taux de recouvrement est compris entre 25% et 50%. Elle correspond à des formations à base d'armoise blanche (*Artemesia Herba Alba*) et d'alfa (*Stipa Tenascicima*). Constituant la zone de parcours ou le pâturage y est constamment pratiqué.

Végétation steppique éparsse : végétation steppique dont le recouvrement est inférieur à 25% , elle correspond à des nappes alfatière reliques , assez dégradées, ainsi qu'à des formations végétales à base d'artiplex (*Atriplex Halimus* et *Atriplex Canescence*) espèces indicatrices de salinité , car en effet située dans la partie Sud-Ouest au prolongement de la zone humide de CHOTT CHERGUI. A noter aussi que la végétation steppique éparsse est représentée par une

végétation se développant sur les formations sableuses existants au niveau de la zone d'étude, la végétation psamophytes se caractérise par la dominance des groupements de *Retama Retam*

Végétation forestière : durant le travail de terrain, certaines plantations forestières ont été identifiées, des alignements de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) à proximité des infrastructures routières sont présents bien que dégradée. Aussi des formations de tamarix (*tamarix gallica*) sont identifiées au niveau des zones humides existants formant des peuplements arbustives dense.

Eléments non chlorophyllien :

Les éléments non chlorophylliens correspondent aux différentes unités paysagères existantes notamment les différentes formations édaphiques.

Sol nu : dépourvu de toute formation végétale.

Sol nu calcaire : les sols calcaires caractérisent l'écosystème steppique, les sols steppiques sont des sols squelettiques fragiles et soumis à un fort processus de dégradation (érosion éolienne notamment).

Terrain rocheux : sont des affleurements produits de l'érosion éolienne et hydrique.

Dune de sables instables : l'ensablement caractérise les parcours steppiques en Algérie, du fait de la proximité de la steppe avec le grand Sahara au Sud, le processus continu d'ensablement aboutit à la constitution de formations sableuses au niveau des parcours steppiques. Les formations sableuses instables sont formées par des cordons dunaires récemment installés.

Dunes de sable stables : les dunes de sable stables sont des édifices sableux constitués à des dates antérieurs et fixés par la succession de formations végétales psamophytes.

Zone humide : les zones humides représentent les zones d'épandages et de rétention de l'eau, notamment dans la partie Sud-Ouest constituant le plus prolongement de la zone humide de DHAYA EL KHADRA et de CHOTT CHERGUI.

3.2 Identification des parcelles d'entraînements :

Un ensemble de zone est identifiées sur les images satellitaires à classer, à travers des polygones. Ces régions d'intérêt doivent répondre à deux critères essentiels en préalable à la classification des images :

3.2.1 Représentativité des échantillons : les parcelles d'entraînement doivent être identifiées sur l'image de manière qu'elles soient représentatives, à cet effet les polygones des parcelles d'entraînements identifiés sur l'image satellitaire ont été validés après une analyse de la variabilité entre les valeurs minimales, maximales et moyennes de la réflectance pour chaque classe à part (figure n°18,19).

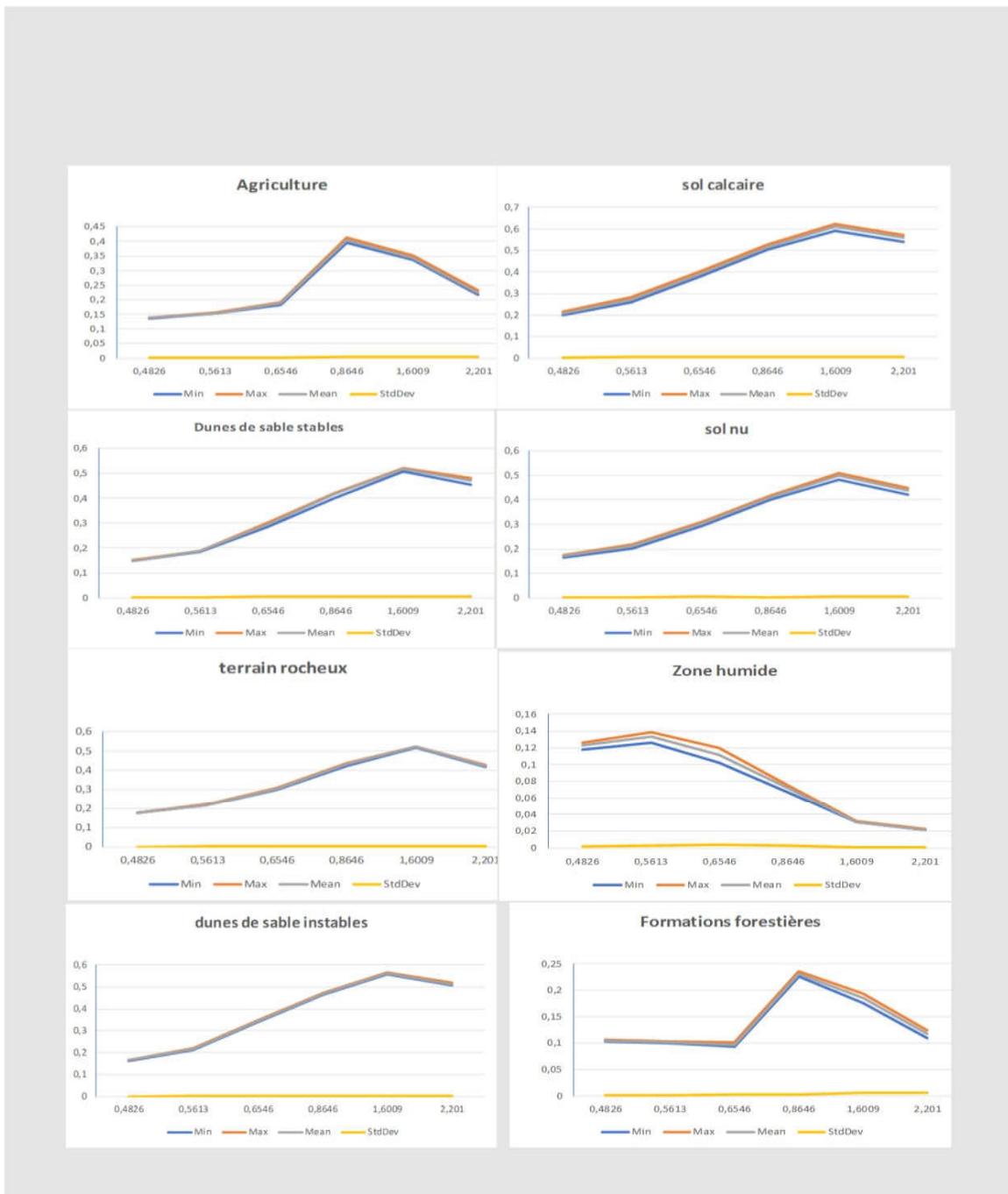


Figure n°18 : profils spectraux des régions d'intérêt choisis.



Figure n° 19: profils spectraux de la végétation steppique.

3.2.2 Séparabilité interclasses :

La séparabilité entre les classes est calculée sur les régions d’entraînement, celle-ci a pour objectif de permettre la validation des échantillons désignés sur l’image satellitaire pour la classification. Elle permet d’éviter que des pixels de classes différentes soient regroupés en une même classe. Les programmes de traitement numérique des images satellitaires comprennent un certain nombre de fonctionnalités qui permettent la réalisation des calculs nécessaires, notamment la séparabilité des classes. Faisant intervenir les valeurs minimales, maximales, moyenne et écart type des valeurs de réflectance sur l’ensemble des canaux de l’image.

La valeur de la séparabilité est comprise entre :

0 et 1 : pas de séparabilité

1 à 1.99 : bonne séparabilité

1.99 à 02 séparabilité parfaite.

Le calcul de la séparabilité des régions d’intérêt sur l’image *landsat 8 Oli* démontre que les parcelles d’entraînement choisis sont parfaitement différentes les ‘unes des autres avec une valeur de séparabilité de 02 pour l’ensemble des classes, sauf pour la classe de végétation

éparse et dunes de sable stable ou la séparabilité égale à 1.99, sans pour autant qu'il n'y est nécessité de redéfinir les deux régions sur l'image. (Tableau n°05).

Tableau n°05 : valeurs de séparabilité des régions d'intérêts

Classes	SN	SC	DS	DI	TR	VD	VMD	VE	ZH	FR	AGR
SN	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SC	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DS	2	2	0	2	2	2	2	1,99	2	2	2
DI	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2
TR	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2
VD	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2
VDM	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2
VE	2	2	1,99	2	2	2	2	0	2	2	2
ZH	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2
FR	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2
AGR	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0

*SN : sol nu, SC :sol calcaire, DS : dunes de sables stables, DI : dunes de sable instables, TR : terrain rocheux
VD : végétation steppique dense, VMD : végétation de moyenne densité, VE : végétation éparse, ZH : zone humide, FR : formations forestières, AGR : agriculture.

3.3.3 Classification des images :

La classification consiste à regrouper les pixels d'une image satellitaire en classes, et ceux en fonction de leurs similitudes spectrales. L'existence de plusieurs types de classification doit alerter l'utilisateur quant au choix de l'algorithme à choisir, bien qu'il ne soit pas affirmé que chaque méthode de classification soit appropriée pour une analyse en particulier. Cela doit être fait suite à l'appréciation de l'utilisateur, qui tenant compte des caractéristiques spectrales des images et des entités à classer, choisit le type de classification convenable.

Durant ce travail, nous avons opter pour la classification supervisée par la méthode de maximum de vraisemblance. La classification par maximum de vraisemblance suppose que les statistiques pour chaque classe dans chaque bande sont normalement distribuées et calcule la probabilité qu'un pixel appartient à une classe donnée sauf si un seuil de probabilité est sélectionné, tous les pixels sont classés et chaque pixel est associé à la classe dont la probabilité qu'il lui appartienne est la plus élevée.

4. Caractérisation du milieu physique :

Etudier la cinétique d'un phénomène, ou la dynamique d'une composante éco systémique revient à identifier la chronologie de son évolution dans un espace donné, mais aussi connaître les facteurs du milieu physique ayant conditionner l'évolution au cours d'un intervalle dans temps. La végétation steppique est une variable spatiale qui est soumise à diverses contraintes écologiques. En tant qu'indicateur biologique de dégradation de l'écosystème steppique, elle évolue en fonction de la variabilité des paramètres du milieu (climat, sol, action anthropique).

Les études classiques de dynamique paysagère de l'écosystème steppique aboutissent le plus souvent à un constat qui permet d'émettre un certain nombre de conclusion, relatives aux effets des facteurs naturels sur le fonctionnement de l'écosystème, sans cependant permettre l'identification du facteur incriminé ayant eu un effet direct sur les changements susceptibles d'intervenir.

Les perspectives d'une analyse spatiale d'un phénomène intervenant dans un écosystème à travers le recours aux outils de la télédétection sont aujourd'hui diverses. Le traitement des images satellitaires ne se résume pas seulement en de simples opérations de cartographie de l'occupation des sols, il permet aussi de générer de nouvelles informations en rapport avec le milieu naturel, à travers le calcul d'indices.

En télédétection, les indices sont le résultat de traitements numériques caractéristiques d'une information particulière (salinité, végétation, albédo, humidité ...etc.).

Dans le cadre de cette étude, les paramètres les plus évoqués dans divers travaux de recherche ont été traités de façon à permettre de mieux comprendre l'évolution de la végétation. Il s'agit entre autres de la dégradation des sols à travers la salinité, de leur capacité de rétention d'eau ainsi que de la pluviométrie. Les indices calculés sont les indices de salinité SI, l'indice d'humidité des sols NDWI, les données CHIRPS serviront à calculer la précipitation annuelle cumulée pour chaque date correspondant aux images utilisées.

4.1 Calcul des indices :

L'indice de salinité SI :

En télédétection, il existe de nombreux indices pouvant être calculés directement sur les images satellitaires, dans notre cas nous avons retenus l'indice de salinité (SI) (Douaoui, 2006) développé est calculé comme suit :

$$\mathbf{SI = b2*b3/b1.}$$

Où **b1**, **b2** et **b3** sont les canaux du visible

Les données de l'indice de salinité SI, sont acquises directement à travers Google earth engine à des dates correspondant à la période d'observation.

L'indice de salinité prend des valeurs allant de -1 à 1 avec une forte salinité des sols quand SI=1.

L'indice d'humidité NDWI :

L'indice d'humidité NDWI est un indicateur de l'humidité des sols, il est calculé comme suit :

$$\mathbf{B4-b5/b4+b5}$$

Où : b4 et b5 correspondent au canal rouge et proche infrarouge de l'image satellitaire.

Dans le cas de notre étude, l'interrogation sur l'utilisation de l'indice d'humidité NDWI peut être évoquée, en effet pourquoi utiliser un indicateur de l'humidité des sols comme variable explicative, alors que des données relatives aux précipitations sont utilisées ?

Les précipitations indiquent si une station écologique est suffisamment pourvue en apport hydrique, l'indice d'humidité s'avère utile dans ce cas, dans la mesure où il peut indiquer sur l'aptitude et la capacité d'un sol ou d'une station écologique à retenir l'eau.

L'indice d'humidité NDWI pour la zone d'étude est obtenu via la plateforme Google earth engine, le choix de téléchargement direct des indices est dicté par la vitesse et rapidité d'acquisition.

Précipitation cumulée CHIRPS :

Les cartes de précipitations utilisées sont le produit CHIRPS, ces données sont mises en ligne gratuitement et disponible sur une longue période d'observation (à partir de 1981), téléchargeables à partir de la plateforme google earth engine. Les données relatives à la zone d'étude sont générées à travers l'écriture d'un script java sous la console google earth engine, les cartes correspondant à la requête peuvent être télécharger et utilisées par la suite.

Une série d’image grille est alors utilisée pour le calcul de la précipitation annuelle cumulée correspondant à chaque date d’acquisition des images.

4.2 Création d’une base de données géographique :

Pour permettre une meilleure connaissance de la dynamique de végétation dans la région d’étude, et pour nous permettre de mieux cerner les facteurs intervenants dans le processus évolutif, le résultat de la classification, ainsi que l’ensemble des indices et cartes utilisés sont convertis au format vecteur. Une opération de croisement des couches vecteur à travers des intersections est ensuite réalisée de manière à obtenir une table attributaire qui est une base de données géographique devant servir à identifier le type de dynamique (figure n°20).

Aussi, la base de données géographique devra permettre l’analyse statistique des données générée de telle sorte que les interactions entre le milieu naturel et la végétation steppique soient connus. De plus, il s’agit de connaitre quel facteur détermine et influence l’évolution de la végétation en milieu steppique.

GM_LAYER	LAYER	COS1999	Class Id 2	Parts 12	Length 12	Area 12	GM_LAYER 1	LAYER 1	COS2003	Class k
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu (calcaire & M)	1	1874	1053840	15265,4	Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu (calcaire)	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	zone humide	2	85	51120	541,62	Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu (calcaire)	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	zone humide	2	85	51120	541,62	Unknown Area Type	Unknown Area Type	zone humide	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	2	8	12940	66,6				
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	80	64380	203,22	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu (calcaire & M)	1	2	17040	74,00	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	551	358380	1397,16	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu (calcaire & M)	1	4	6420	31,66	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	formation forestière	6	156	60900	345,24	Unknown Area Type	Unknown Area Type	formation forestière	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	72	43660	164,43	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetation steppique M	10	249	165340	712,17	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetation steppique M	10	36	26940	86,49	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	160	64980	328,59	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	124	67420	269,91	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	124	67420	269,91	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	124	67420	269,91	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	0	171	120000	427,5	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetation steppique M	10	4203	2346300	15574,5	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	171	128680	427,5	Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	513	335220	1023,84	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	171	128680	427,5	Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	2390	1263300	4177,26	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	513	335220	1023,84	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	171	128680	427,5	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	2390	1263300	4177,26	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	2390	1263300	4177,26	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	70	56640	143,46	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	2390	1263300	4177,26	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	261	175680	566,84	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique M	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	24	13660	31,23	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	
Unknown Area Type	Unknown Area Type	sol nu	8	24	13660	31,23	Unknown Area Type	Unknown Area Type	vegetator: steppique E	

Figure n°20 : Base de données géographiques générée pour l’identification de la dynamique.

D'un point de vue globale, la démarche méthodologique adoptée paraît appropriée à la cartographie de l'occupation des sols, bien que bon nombre de traitement doivent être réalisés, la méthodologie décrite se caractérise par une tendance à la recherche de la pertinence de l'information contenue dans l'imagerie satellitaire, de plus la difficulté à travailler avec des images satellitaires ne pouvant permettre la cartographie exacte de la végétation (par type de groupement végétal) constitue une contrainte. La figure n°21 résume la démarche méthodologique adoptée durant cette recherche.

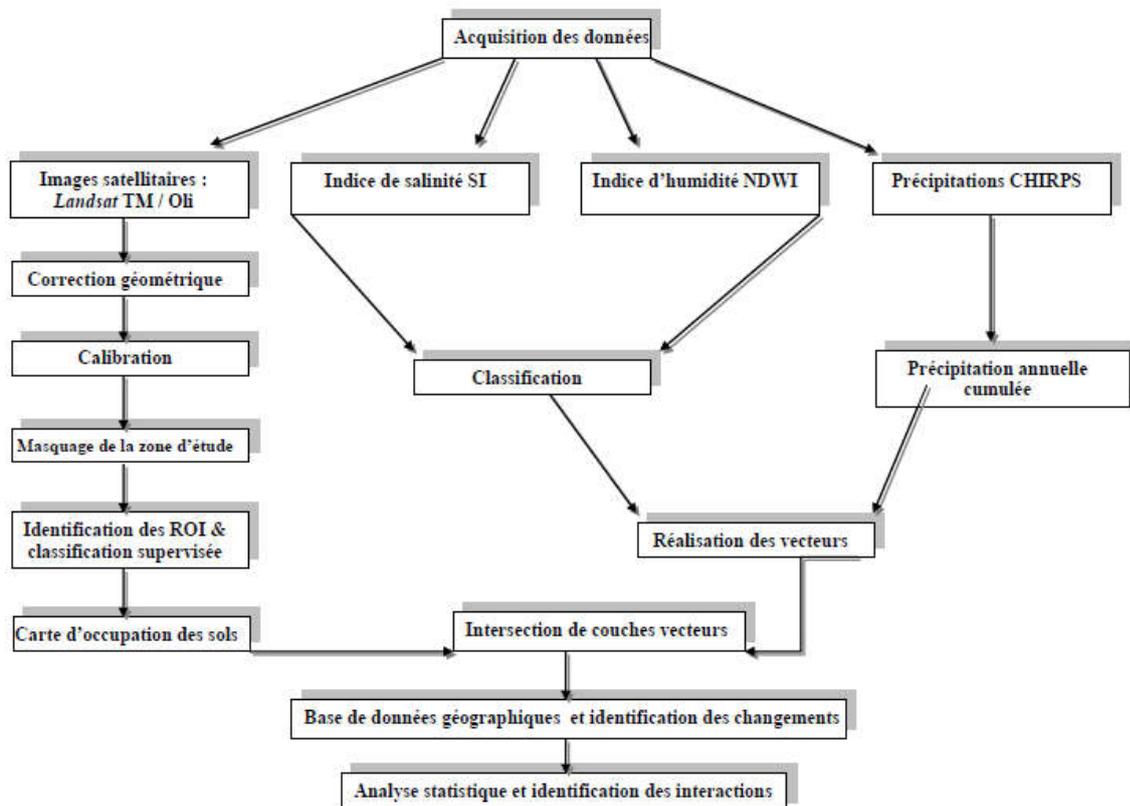


Figure n°21 : organigramme de la méthodologie adoptée.

Chapitre VI :
Résultats &
discussions.

1. Carte d'occupation des sols :

La classification supervisée des images satellitaires utilisées a permis la réalisation des cartes d'occupation des sols pour l'ensemble de la période d'observation.

La lecture des cartes d'occupations des sols laisse entrevoir une région caractérisée par un ratio élément chlorophyllien/ élément non chlorophyllien en faveur des éléments non chlorophyllien, avec notamment une dominance des sols nus. Il en ressort aussi que la région d'étude connaît une problématique d'ensablement ainsi qu'un phénomène de salinisation des sols. La végétation steppique est essentiellement de moyenne densité avec une répartition spatiale hétérogène.

1.1 Carte d'occupation des sols de l'année 1987 :

Le résultat de la classification supervisée de l'image satellitaire *landsat TM* a permis de faire ressortir pour chaque classe d'occupation des sols la superficie occupée au niveau de la zone d'étude (Figure n°22,23)

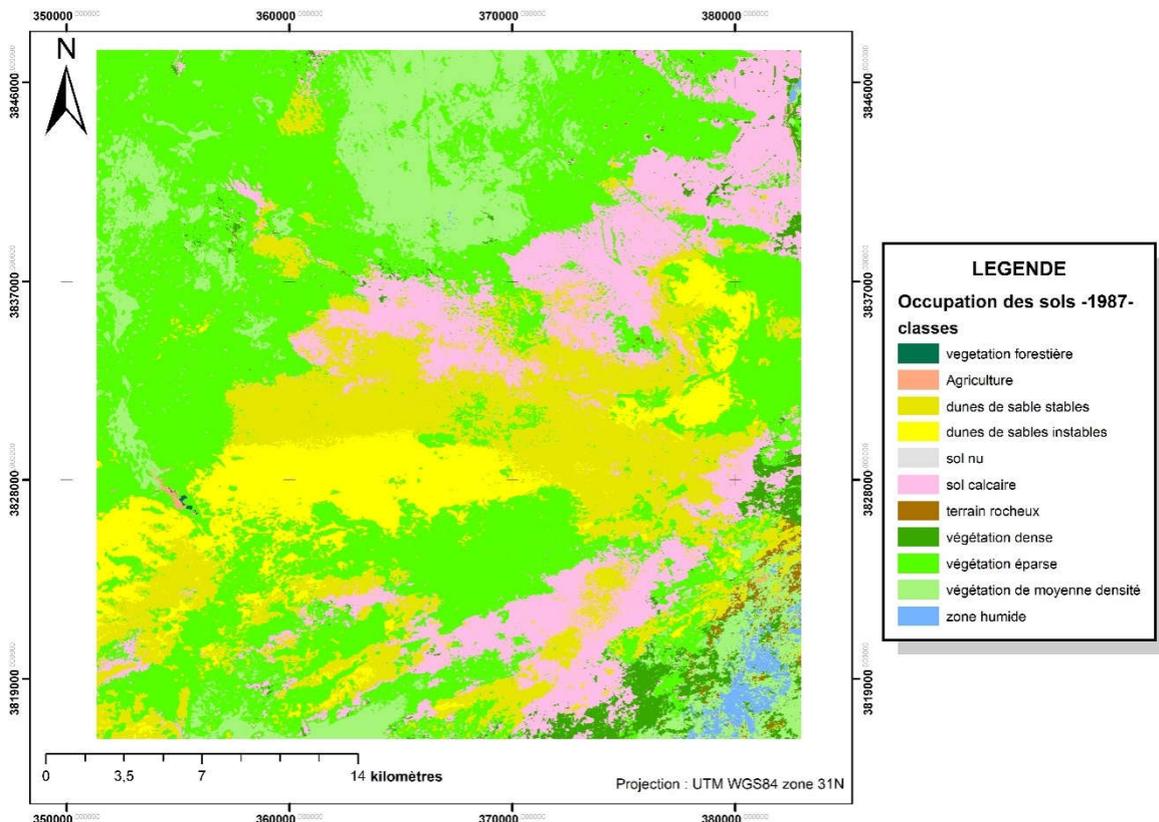


Figure n° 22: carte d'occupation des sols de 1987.

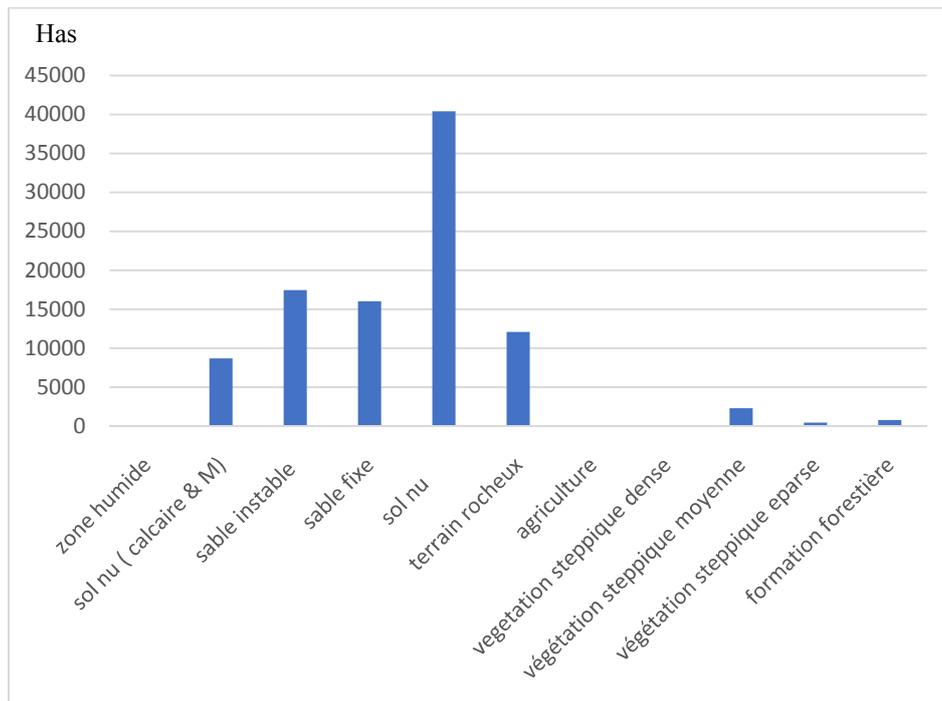


Figure n°23 : répartition des superficies par classe d'occupation des sols pour l'année 1987.

La carte d'occupation des sols établie laisse présager une dominance de la classe sol nu pour avec un totale de 41,03% par rapport à la superficie de la zone d'étude, indiquant une vulnérabilité de la zone à l'action de l'érosion éolienne ainsi qu'une présence d'une couverture végétale dégradée. Ce constat est confirmé par la superficie des formations sableuses instables dont la superficie est estimée à 17487 Has soit 17,74% de la superficie totale permettant de dire que la région steppique du Sud de la wilaya de TIARET connaît un phénomène d'ensablement. Par ailleurs la végétation steppique en place se caractérise par une moyenne densité ; en effet celle-ci occupe une superficie de 2328 Has correspondant à 2.36% de la superficie de la région d'étude, aussi les classes de végétation steppique dense et éparse ne représentent qu'un faible pourcentage de 0.05%, 0.4%.

La carte d'occupation des sols établie nous permet d'émettre l'hypothèse quant à la situation écologique de la zone d'étude, car les données obtenues démontrent une tendance à la dégradation faisant intervenir des processus d'ensablement pouvant intervenir ultérieurement et une forte pression subie par la végétation steppique en place à une période antérieure. Bien que des conclusions soient hâtives, les données présentées sur la carte d'occupation des sols

permettent une appréciation préliminaire quant à la situation globale des parcours steppiques de la région de TIARET et leurs vulnérabilités.

1.2 Carte d'occupation des sols pour l'année 1995 :

La classification de l'image satellitaire correspondant à l'année 1995 a permis de réaliser la carte d'occupation des sols (figure n°24), dont les résultats sont illustrés comme suit (figure n°25).

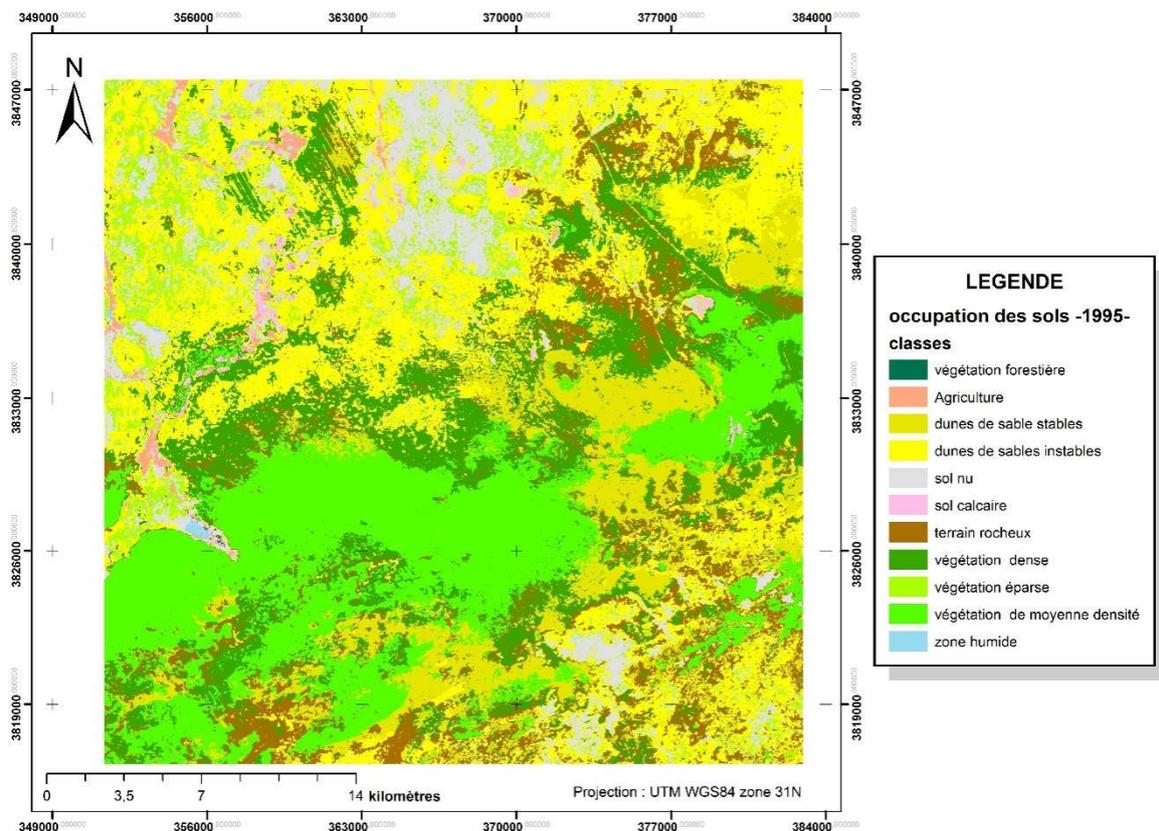


Figure n°24 : carte d'occupation des sols de l'année 1995.

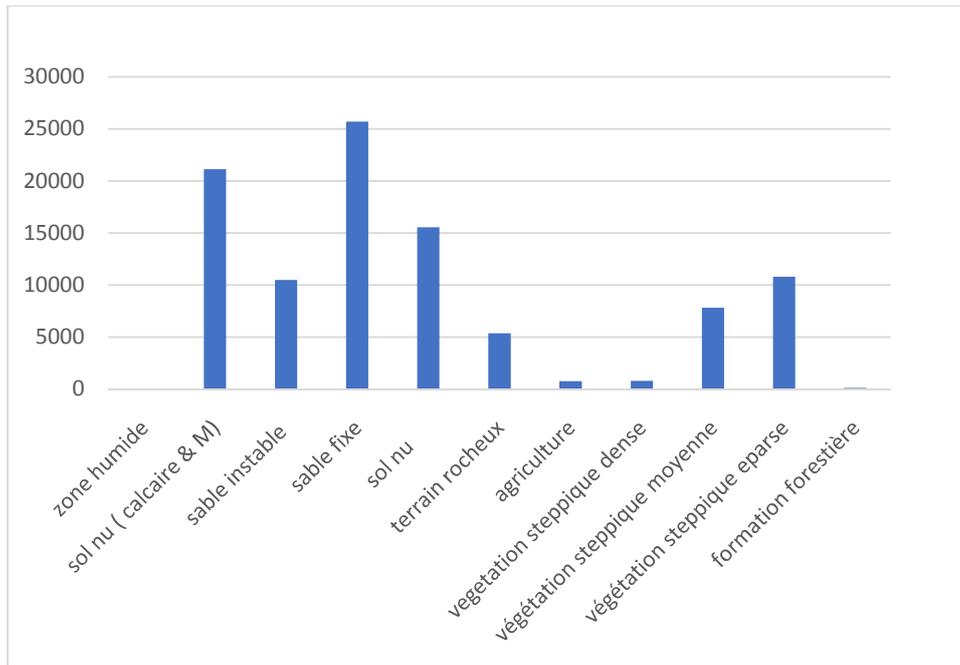


Figure n° 25: répartition des superficies par classe d'occupation des sols pour l'année 1995.

Les résultats obtenus pour l'année 1995 font ressortir deux grands faits remarquables :

- La remontée biologique de la végétation steppique pour l'année 1995 par rapport à la date précédente, telle qu'illustré par la superficie occupée par la végétation steppique de moyenne densité (7,93%) ainsi que celle de la végétation steppique éparse (10,95%). Une comparaison faite entre les classes de végétation de l'année 1995 et 1987 permet de conclure à une situation de progression. Bien que celle-ci soit quantitative, dans la mesure où la superficie de la végétation steppique dense reste faible 0,8%.
- L'effet continue de l'érosion éolienne, illustré par la classe des formation sableuses instables avec un pourcentage de 10.65% bien que celui-ci soit inférieur au pourcentage enregistré pour l'année 1987.

Par ailleurs, la carte d'occupation des sols réalisée fait ressortir une dominance des sols nus et sols calcaires avec une tendance à l'utilisation des sols en milieu steppique pour la pratique agricole (céréaliculture). Cependant, il est à noter la régression de la classe des zones humides laissant présager, une situation de sécheresse des eaux de surface.

Une lecture préliminaire, et une brief comparaison entre les cartes d'occupation des sols pour les dates de 1987 et 1995 font ressortir une situation de progression, favorable à la remontée de la végétation steppique, toutefois bien que cette progression soit appréciable d'un point de vue quantitative, la faible proportion de la couverture végétale steppique

dense conforte l'hypothèse des conditions du milieu naturel défavorable à la pérennité du couvert végétale et à sa diversité. La pratique agricole en milieu steppique s'intègre dans une vision de sédentarisation et de changement des modes de vies habituels (pastoralisme) ce qui mène à dire que les parcours steppiques du Sud de la région de TIARET n'offre plus la possibilité à la population locale en matière de besoins fourragers.

1.3 Carte d'occupation des sols pour l'année 1999 :

La figure n°26 correspond à la carte d'occupation des sols obtenue après classification de l'image satellitaire de l'année 1999, les résultats de l'estimation des superficies sont illustrés à travers la figure n°27

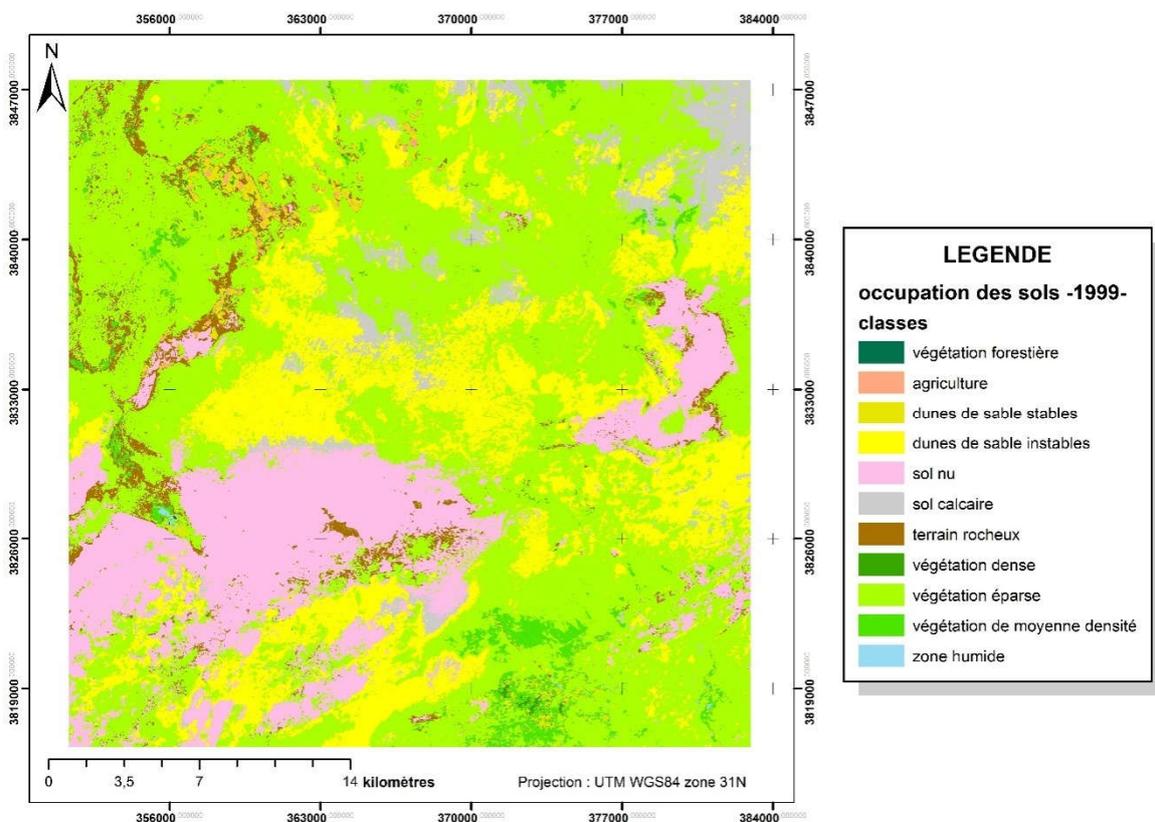


Figure n°26 : carte d'occupation des sols pour l'année 1999.

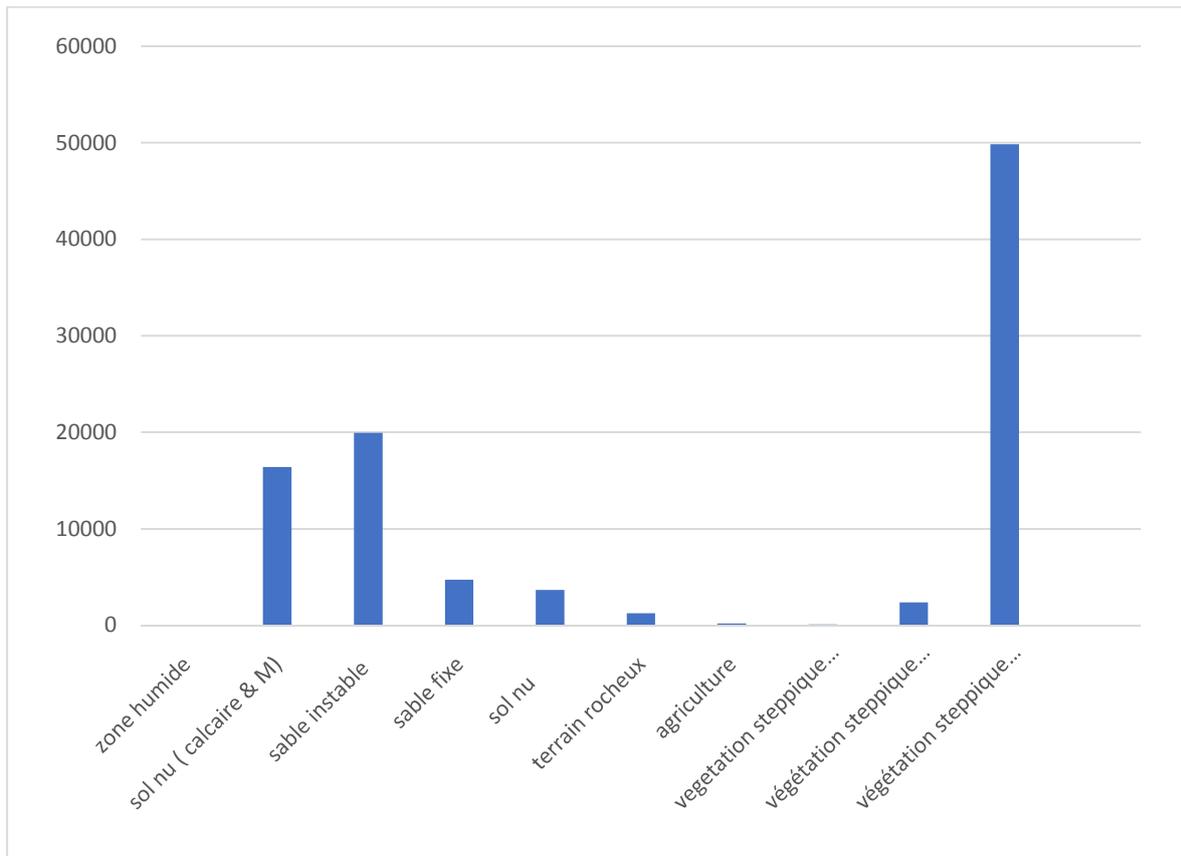


Figure n°27 : répartition des superficies des classes d'occupation des sols de l'année 1999.

Durant l'année 1999, la végétation steppique éparsse a connu une période de progression avec un totale de 49841 Has soit 50% de la superficie de la zone d'étude. Ce constat est conforté par la régression des superficies occupées par les classes de sols nus et formations sableuses avec des valeurs de 3.72% et 20.22%. Néanmoins, bien que la végétation steppique ait connu une progression, les classes de végétation steppiques dense et de moyenne densité laisse présager une fragilité continue de la région steppique aux aléas de l'environnement, car à travers une comparaison avec les cartes d'occupation des sols réalisées pour les dates antérieures, il en ressort une faible présence de formations steppiques denses avec un totale de 0.11% par rapport à la superficie de la région.

Les résultats obtenus pour l'année 1999 sont la continuité du constat fait pour l'année 1995, ou la région steppique du Sud de la wilaya de TIARET a connu une phase de progression, avec notamment une remontée biologique de la couverture végétale en place, de plus les résultats obtenus pour l'année 1999 démontrent que la végétation steppique connaît une reprise au niveau des sols dépourvu de couverture végétale, la régression et la diminution de la superficie de la classe des formations sableuses instables et l'augmentation de la classe

formations sableuses stables , permettent d'identifier une couverture végétale steppique psamphyte s'étant installée au niveau des sols sableux.

1.4 Carte d'occupation des sols pour l'année 2003 :

Les résultats de la classification de l'image satellitaire de l'année 2003 sont illustrés comme suit (Figure n°28,29 et) :

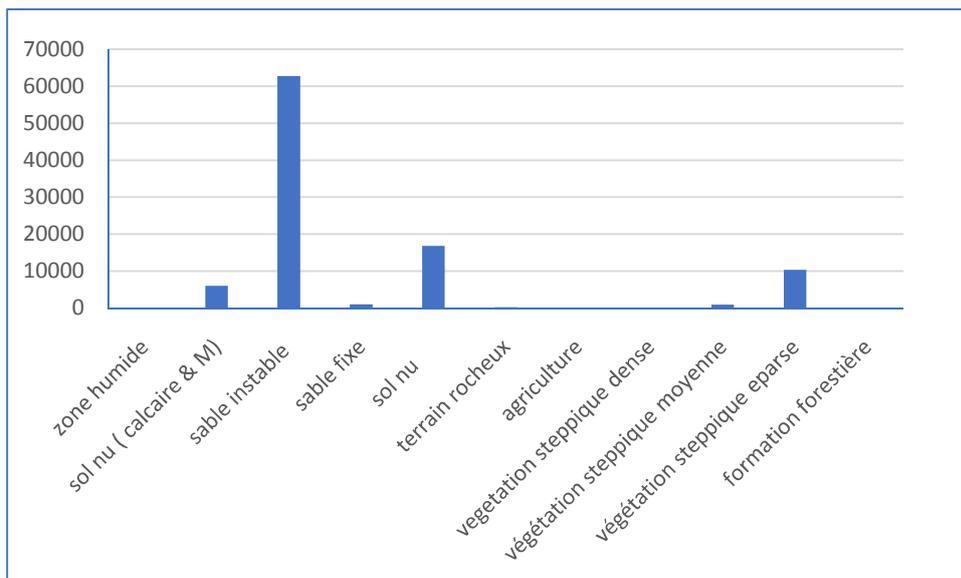


Figure n°28 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2003.

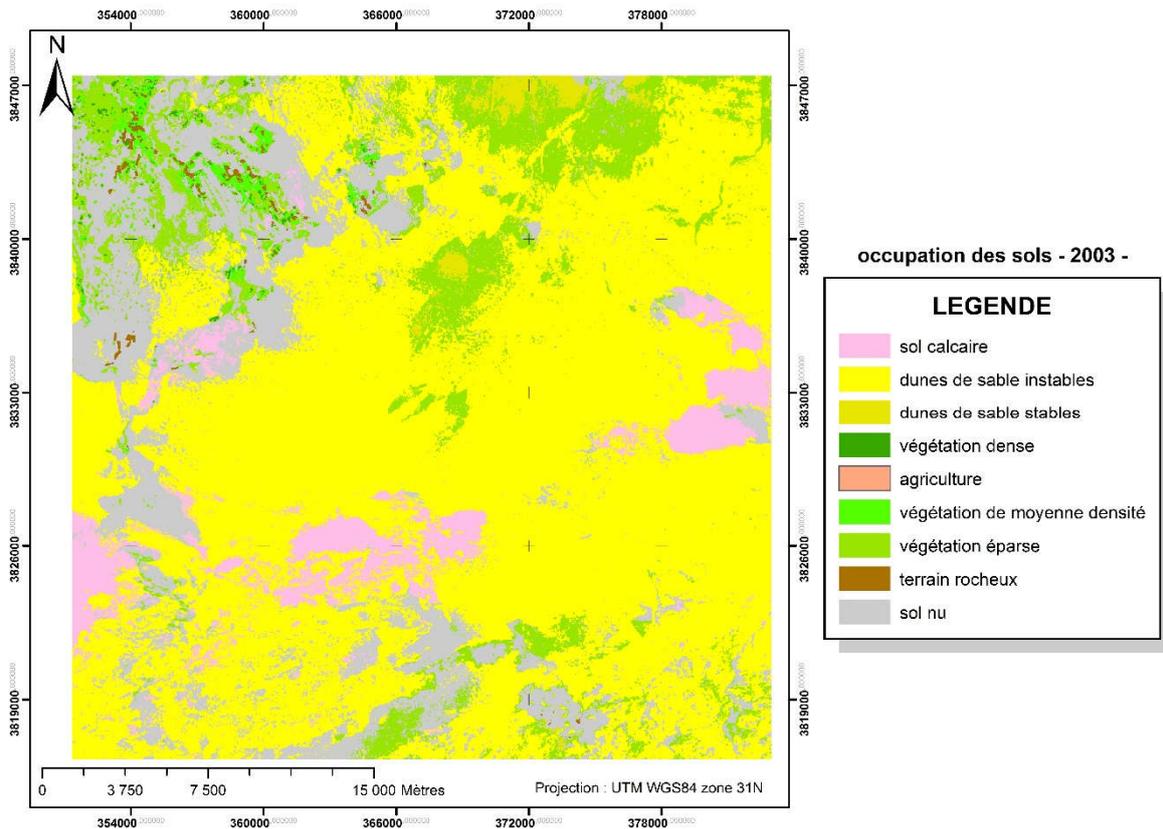


Figure n°29 : carte d'occupation des sols de l'année 2003.

Une lecture préliminaire de la carte d'occupation des sols fait ressortir une dominance de la classe représentée par les formations sableuses (dunes de sables stables & instables), celles-ci se concentrent essentiellement dans les parties Sud et Est de la région d'étude avec un pourcentage de 63% pour les dunes de sables instables. Elles indiquent une situation d'ensablement massif ayant intervenu durant la période allant de 1999 à 2003, aussi l'on dénote une régression de la couverture végétale steppique. Avec un totale de 10,47%. La carte d'occupation des sols pour l'année 2003 indique une situation de forte dégradation de l'écosystème steppique de la région de TIARET. Cette dégradation se traduit une action d'érosion éolienne ayant abouti un la formation de dunes de sables instables sur de grandes superficies et à différentes parties de la région d'étude.

Une comparaison entre les cartes d'occupation des sols pour l'année 2003 et les dates antérieures permet de statuer sur la grande sensibilité et vulnérabilité de la région steppique de TIARET aux conditions extrêmes du milieu naturel. La faible couverture végétale éparse présente ainsi que les vents dominants favorisent l'ensablement continue de la région

1.5 Carte d'occupation des sols pour l'année 2007 :

Le traitement de l'image satellitaire correspondant à l'année 2007 a permis de réaliser la carte d'occupation des sols illustrée dans la figure n°30. La figure n°31 illustre la répartition des superficies des classes d'occupation des sols.

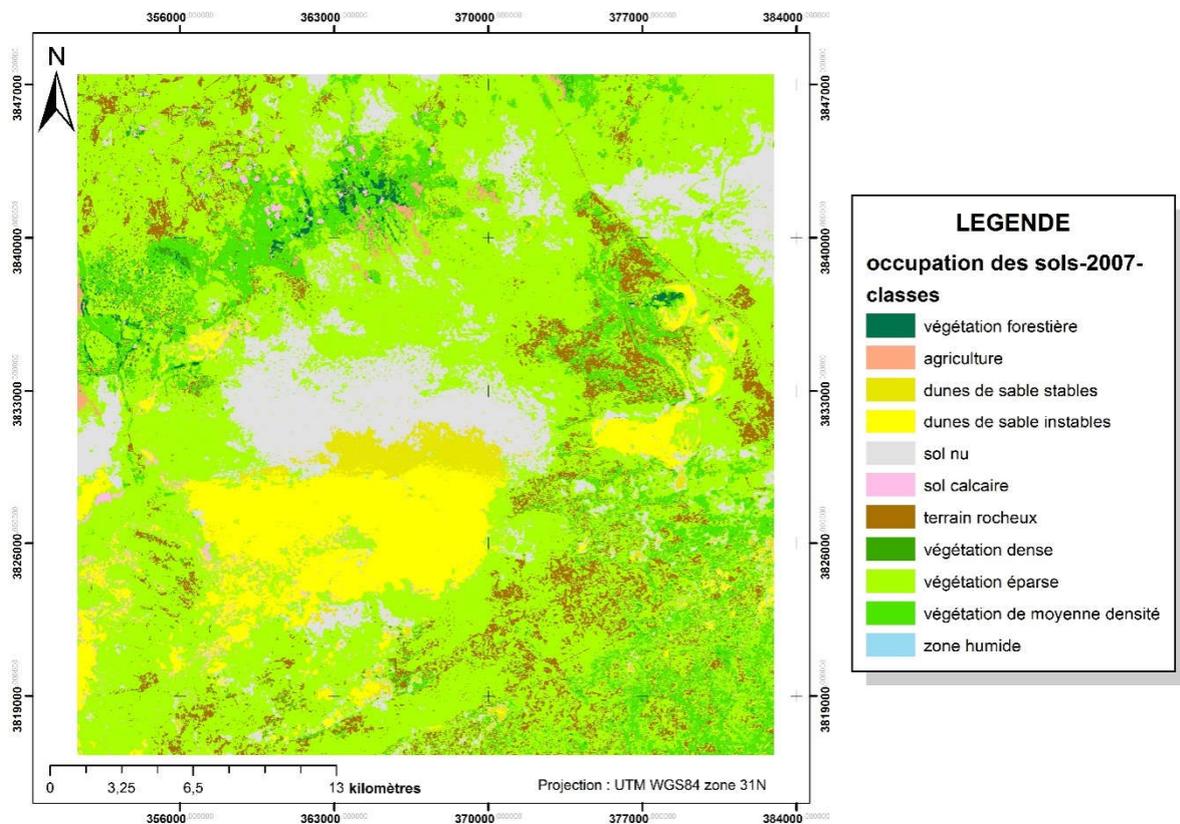


Figure n°30 : carte d'occupation des sols de l'année 2007.

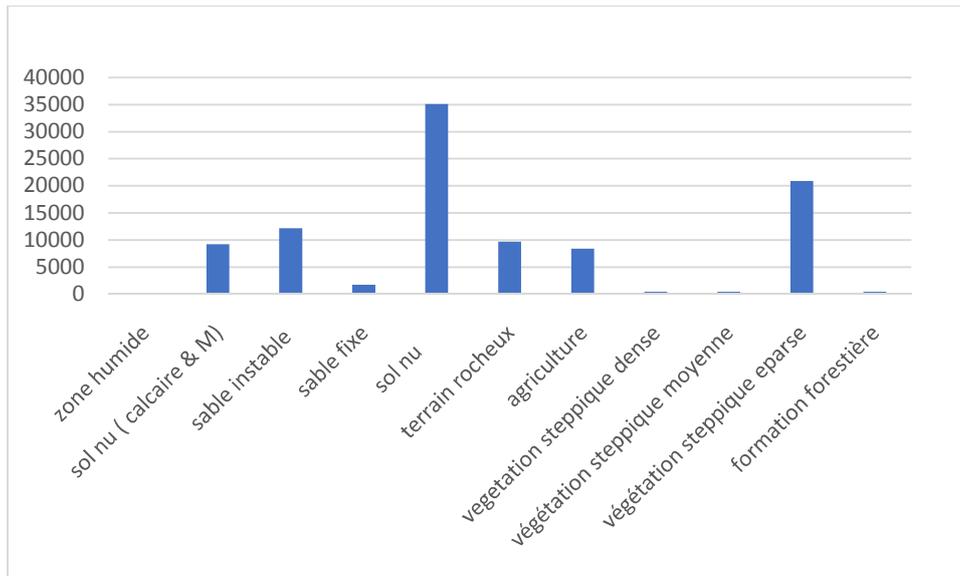


Figure n°31 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2007.

Les résultats obtenus font état de la dominance de la classe représentée par les sols nus, avec un pourcentage de 35,60%, suivie de la classe de végétation steppique éparse avec un totale de 30,29%, traduisant une situation de progression de la couverture végétale steppique durant la période allant de 2003 à 2007, aussi la carte d'occupation des sols pour l'année 2007 fait ressortir une tendance de l'utilisation des parcours steppiques par l'homme, en effet les parcelles occupées par la pratique agricole correspondent à 8.52% de la superficie de la région d'étude. En comparaison avec l'ensemble des cartes réalisées pour les périodes précédentes, il est à constater une nette augmentation de la classe agriculture, ce brusque changement conforte l'hypothèse de la sédentarisation de la population en milieu steppique mais aussi, une exploitation abusive et un changement de vocation des parcours steppique de la région de TIARET. Par ailleurs la végétation steppique en place se caractérise par la dominance de la végétation steppique éparse, les classes de végétation steppiques de moyenne densité et dense n'occupant que peu de superficies avec des pourcentages de l'ordre de 0.96% et 24%. Le regain de la végétation steppique de moyenne densité durant la période de 2003 à 2007 intervient dans le cadre du plan d'action national de lutte contre la désertification ou une série d'action de conservation in situ a été préconisée, particulièrement à travers des actions de mise en défens.

1.6 Carte d'occupation des sols pour l'année 2011 :

La carte d'occupation des sols réalisée pour l'année 2011 (figure n°32) fait ressortir une situation de remontée biologique de végétation steppique dans la région, en effet il est à constater une réappropriation des superficies dépourvues de végétation par une végétation steppiques éparse et de moyenne densité avec des valeurs de l'ordre de 30% et 24 % (figure n°33). Ce qui démontre une très grande tendance de l'écosystème steppique à changements paysagers, mais une situation d'évolution progressive par rapport aux années précédentes. la régression des superficies de sols sableux avec un pourcentage de 1.68% et 5.75% corrobore avec l'hypothèse d'une remontée biologique d'une végétation steppique psamophyte. La comparaison entre les cartes d'occupations précédemment décrites et celle de 2011 laisse entrevoir une alternance entre les situations de régression et de progression de la couverture végétale dans la région d'étude. De plus l'année 2011 marque la période durant laquelle un maximum de végétation a été identifié.

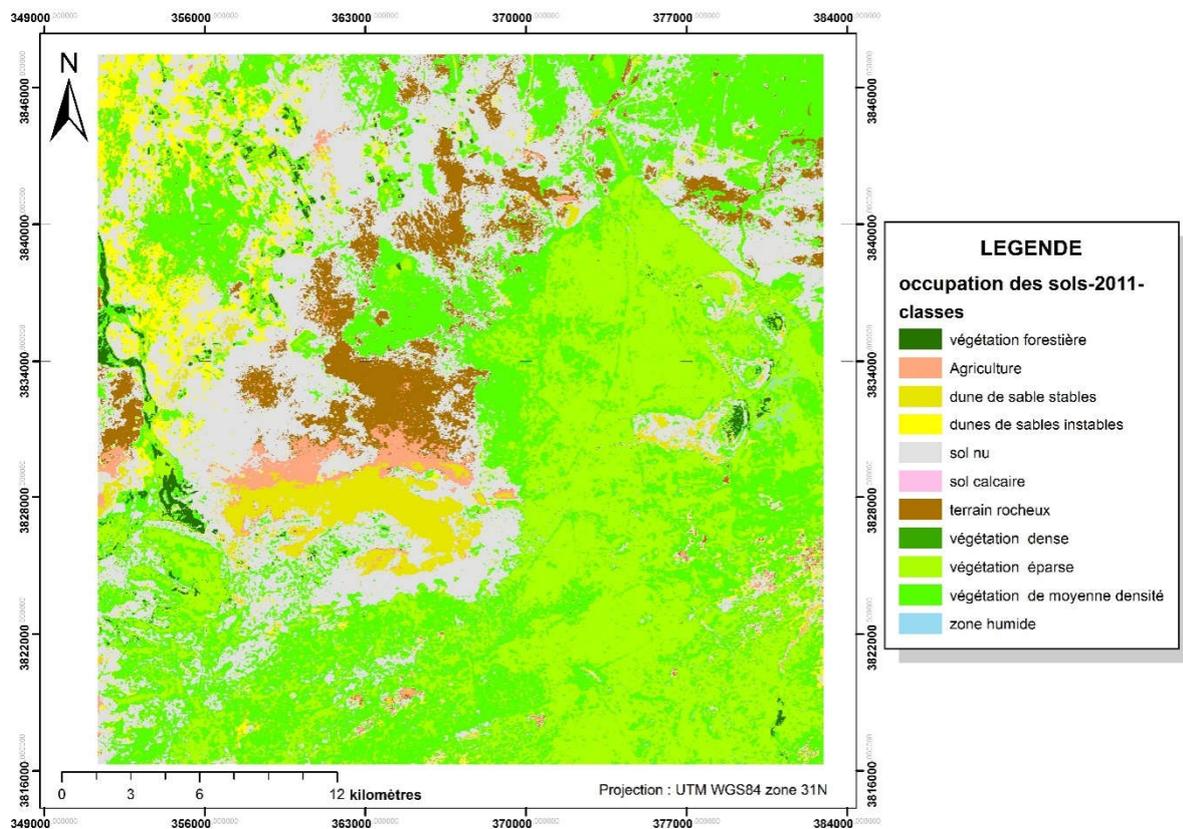


Figure n°32 : carte d'occupation des sols de l'année 2011.

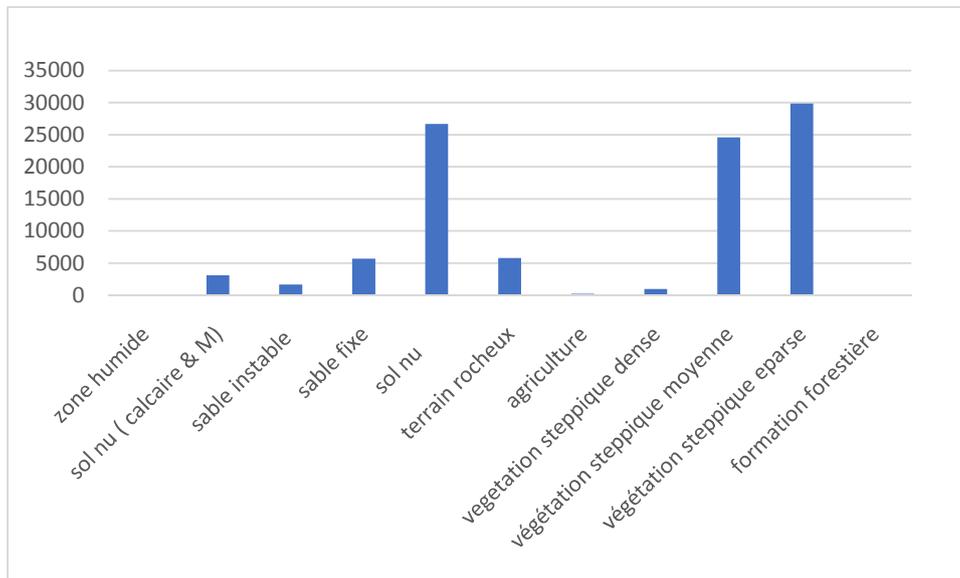


Figure n°33 : répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2011.

1.7 Carte d'occupation des sols pour l'année 2016 :

La carte d'occupation des sols établie pour l'année 2016 est réalisée à partir de la classification de l'image satellitaire *landsat* 8 Oli (figure n°34). Les résultats obtenus sont illustrés comme suit (figure n°35).

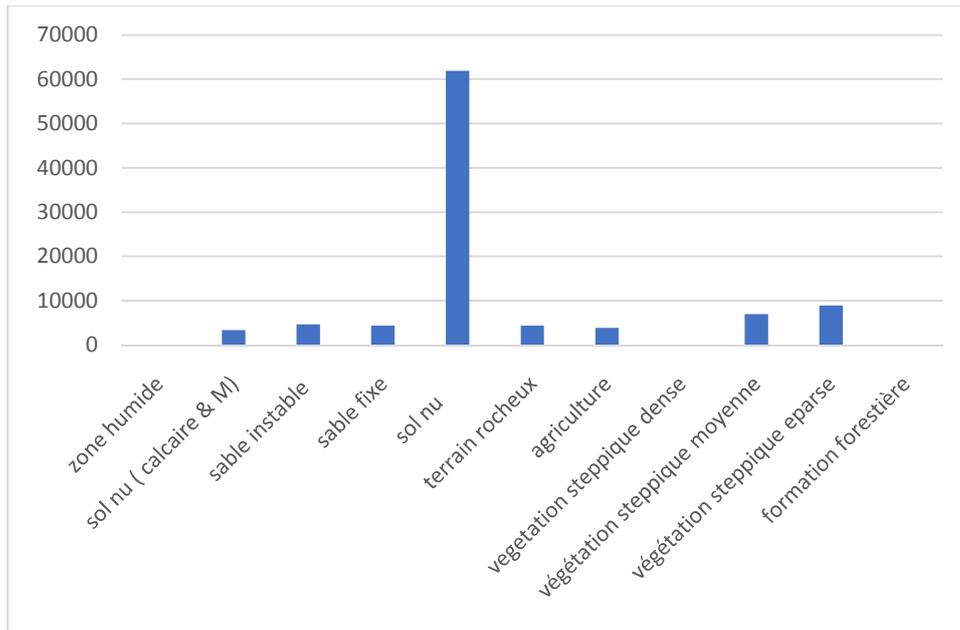


Figure n° 34: répartition des superficies par classes d'occupation des sols pour l'année 2016.

Les résultats de la cartographie de l'occupation des sols pour l'année 2016 démontrent une régression de la couverture végétale steppique par rapport à l'année 2011 avec des valeurs de l'ordre de 7.5% et 9.04% pour les formations végétales de moyennes densité et les formations végétales éparse. Les résultats démontrent une forte dominance de la classe des sols nus avec un totale de 61916 Ha par rapport à la superficie totale de la région d'étude, de plus en remarque une certaine hétérogénéité entre la répartition des autres classes identifiées, avec notamment 4.78% pour les formations sableuses instables. La superficie réduite des formations sableuses est indicatrice de ralentissement du processus d'ensablement sans pour autant que le phénomène en question ne soit de moindre envergure. Aussi l'on remarque l'instabilité paysagère en milieu steppique. En effet, à travers une comparaison entre les différentes cartes d'occupation des sols réalisées, il en ressort une différenciation temporelle et une répartition spatiale hétérogène des classes d'occupation identifiées. Ce constat permet de conclure des fortes interactions entre la végétation en place et les conditions du milieu naturel au niveau de la zone d'étude.

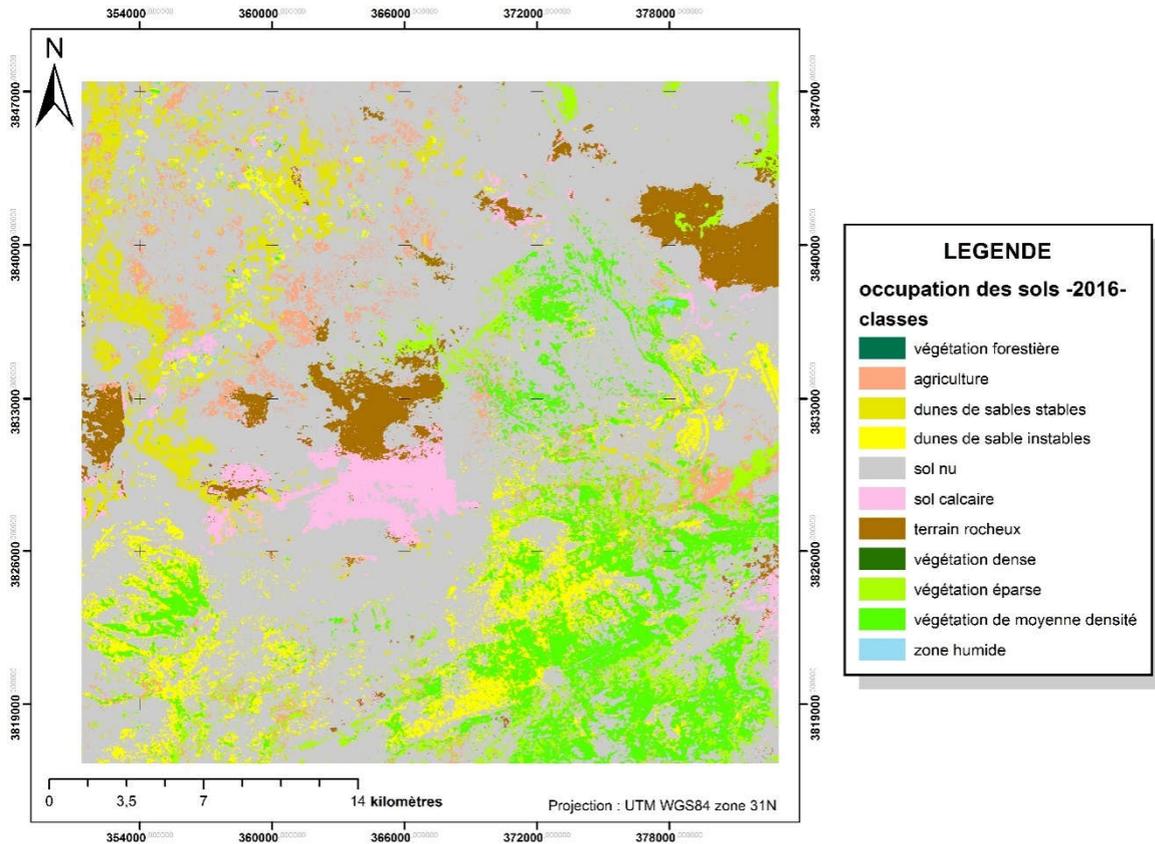


Figure n°35 : carte d'occupation des sols pour l'année 2016

2. Les indices :

Les résultats obtenus pour les indices calculés, indice de salinité SI et indice d'humidité NDWI sont illustrés comme suit :

2.1 Indice de salinité SI :

L'indice de salinité SI prends des valeurs allant de -1 à 1, ou une valeur de SI correspondant à 1 décrit une situation de forte salinité. Toutefois l'inconvénient des indices en télédétection réside dans l'indisponibilité d'intervalle définissant des seuils et des classes, le principe des indices est que la description de l'information contenue dans chaque indice calculé, est tributaire de la valeur de l'intervalle vers laquelle la valeur de l'indice tend.

L'acquisition des données relatives à l'indice de salinité SI à travers la plateforme de téléchargement google earth engine a permis de générer des cartes de salinité estimée à partir des images issues des capteurs landsat. Celles-ci sont illustrées comme suit :

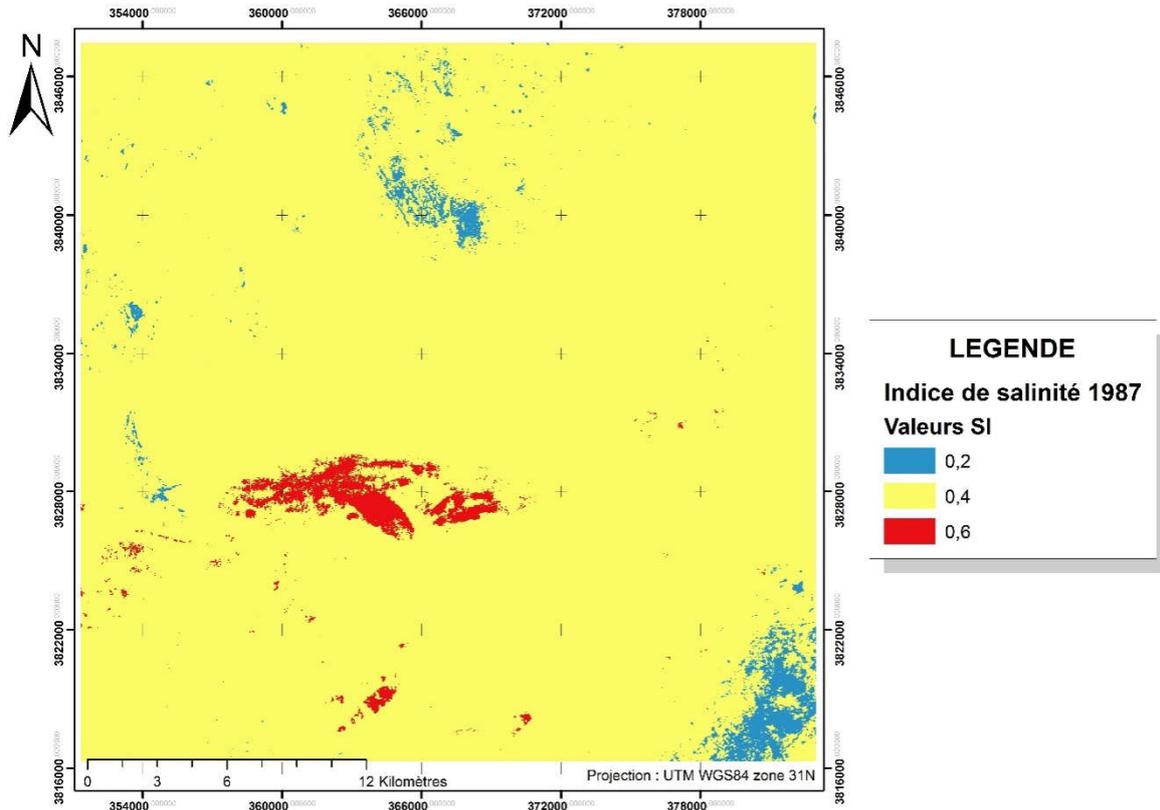


Figure n°36 : indice de salinité SI de la région d'étude pour l'année 1987.

Les valeurs de l'indice de salinité pour l'année 1987 sont comprises entre 0.2 et 0.6, elles indiquent des sols salins au niveau de la région d'étude, ou SI= 0.6 correspond à des régions de forte salinité. La carte de l'indice de salinité SI fait ressortir une dominance de la classe SI=0.4 correspondant à une salinité moyenne.

La figure n°37 correspond à l'indice de salinité SI de l'année 1995, les valeurs obtenues oscillent entre 0 et 0.12 démontrant ainsi une diminution de la salinité des sols , dû notamment à la progression de la couverture végétale. La comparaison entre les valeurs de SI pour l'année 1987 et l'année 1995 font état d'une légère diminution de l'indice calculé.

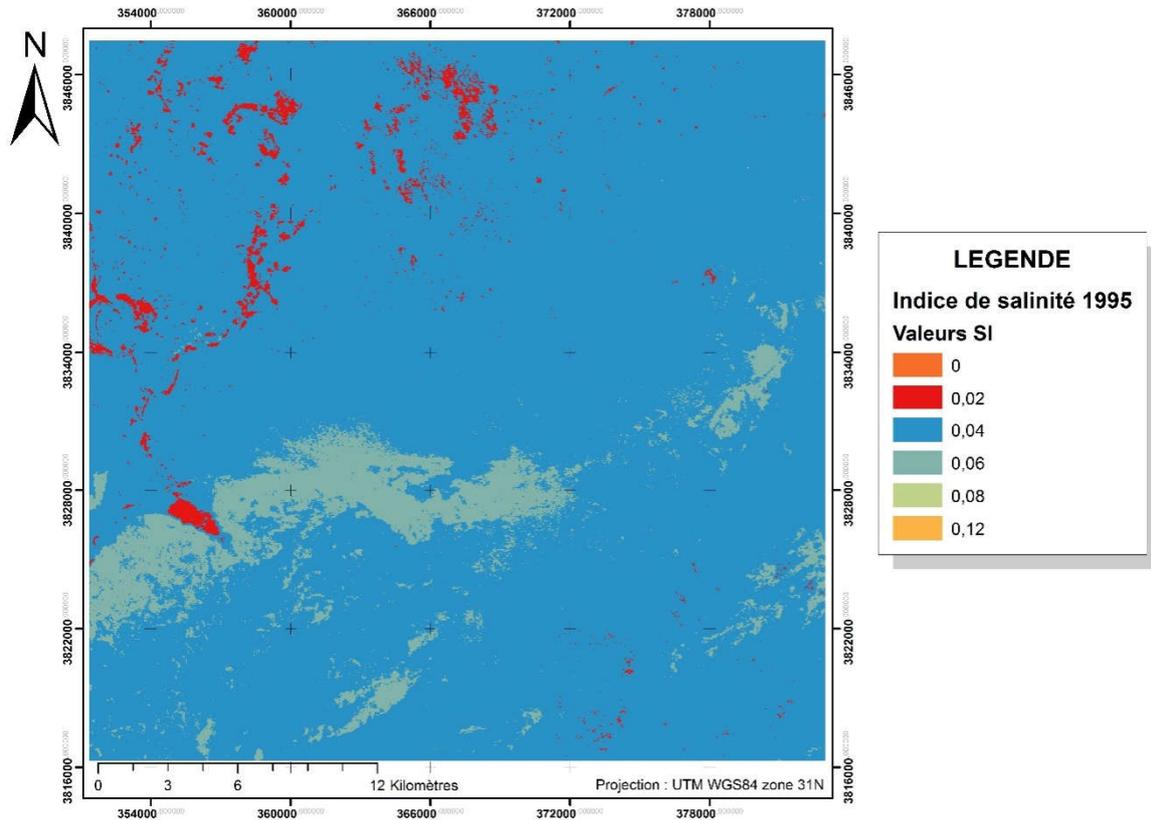


Figure n°37 : Carte de l'indice de salinité SI pour l'année 1995.

Les valeurs de l'indice de salinité SI obtenues pour l'année 1999 sont comprises entre 0 et 0.06, soit une légère ou absence de salinité sur la majeure partie de la région d'étude, de plus une comparaison avec l'indice de salinité calculé pour l'année 1995 démontrent un changement marginal, une régression des valeurs maximal de 0.12 à 0.06 indiquant ainsi l'absence de forme de dégradation des sols par salinisation durant la période allant de 1995 à 1999.

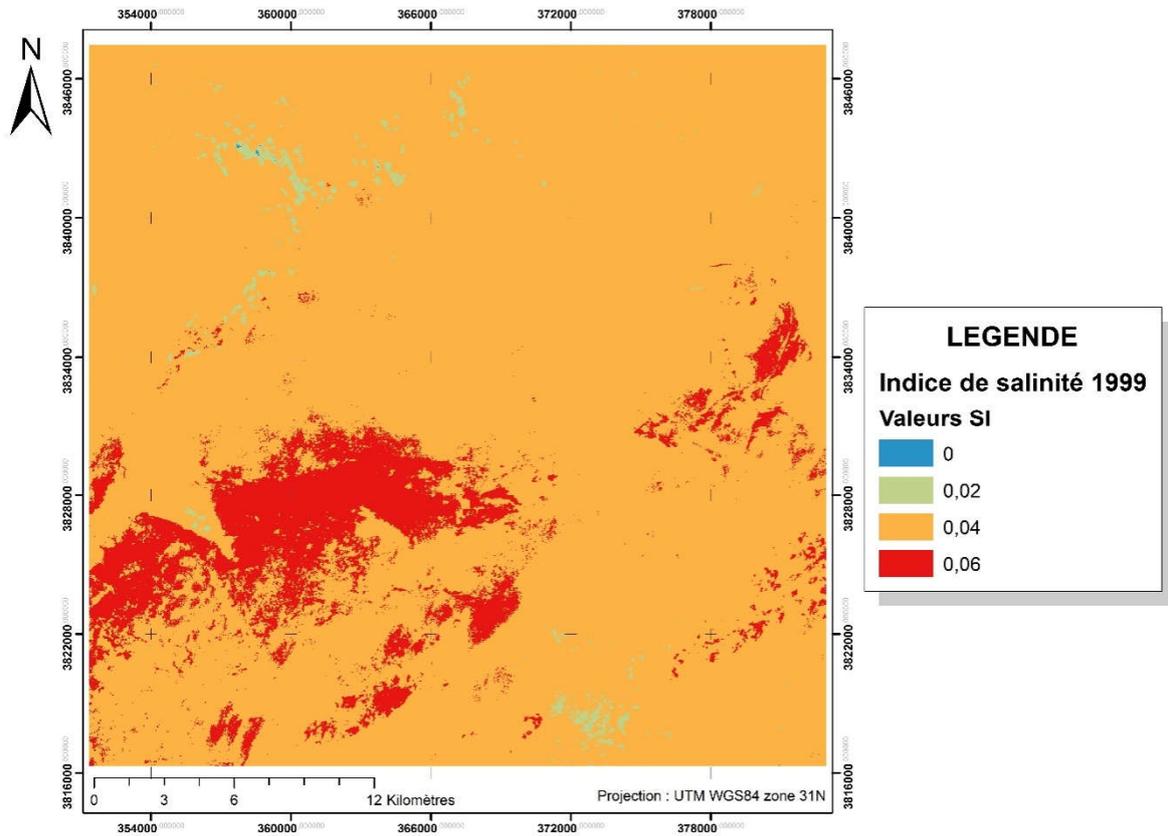


Figure n° 38: Carte de l'indice de salinité pour l'année 1999.

L'indice de salinité pour l'année 2003 prend des valeurs comprises entre 0 et 0.06 (figure n°39) comme pour l'année 1999 indiquant que la salinité des sols n'a pas évolué. Cependant l'on remarque une concentration des pixels dans les valeurs maximales sont de SI=0.06 au niveau de la partie Centre et Ouest au prolongement de la zone humide de CHOTT CHERGUI

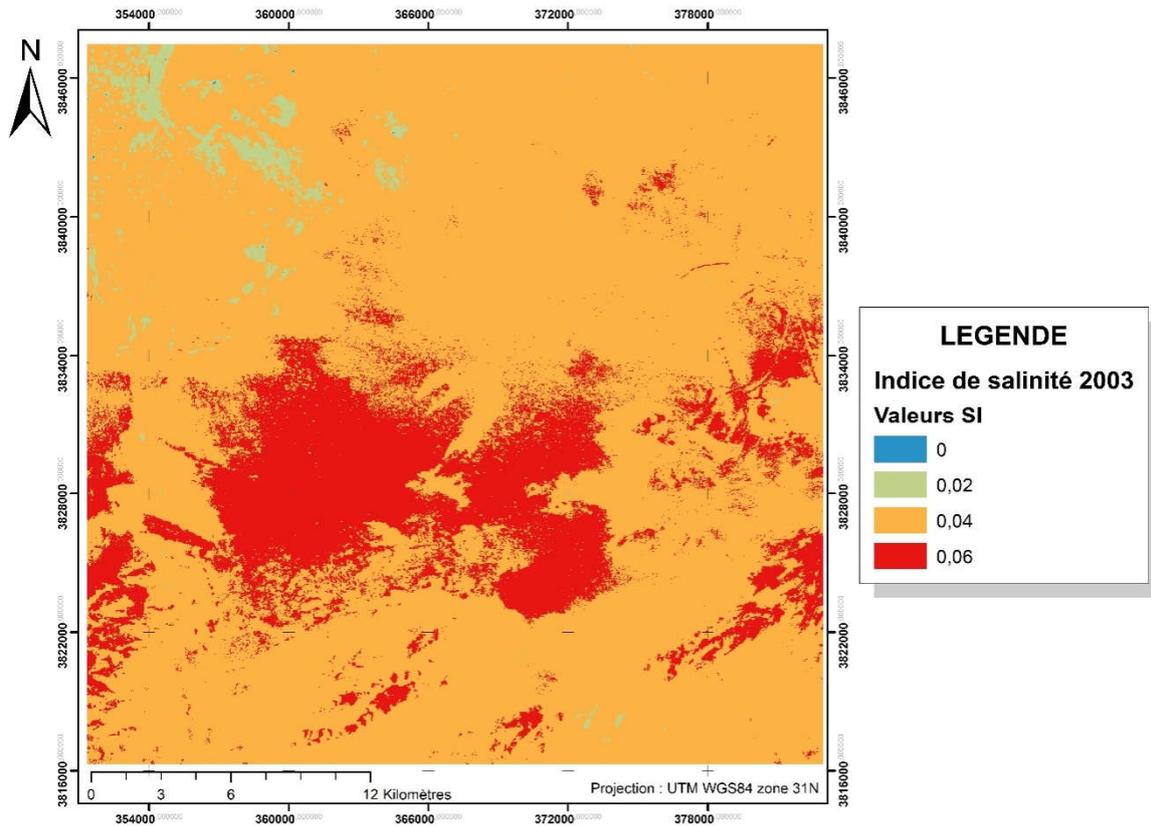


Figure n°39 : carte de l'indice de salinité SI calculé pour l'année 2003.

L'indice de salinité obtenu pour l'année 2007 comprend des valeurs comprises entre 0.02 et 0.06 tout comme pour les années 2003 et 2007, cependant il est à noter la dominance des pixels ayant des valeurs de SI=0.04 soit une diminution de la salinité par rapport aux dates antérieures

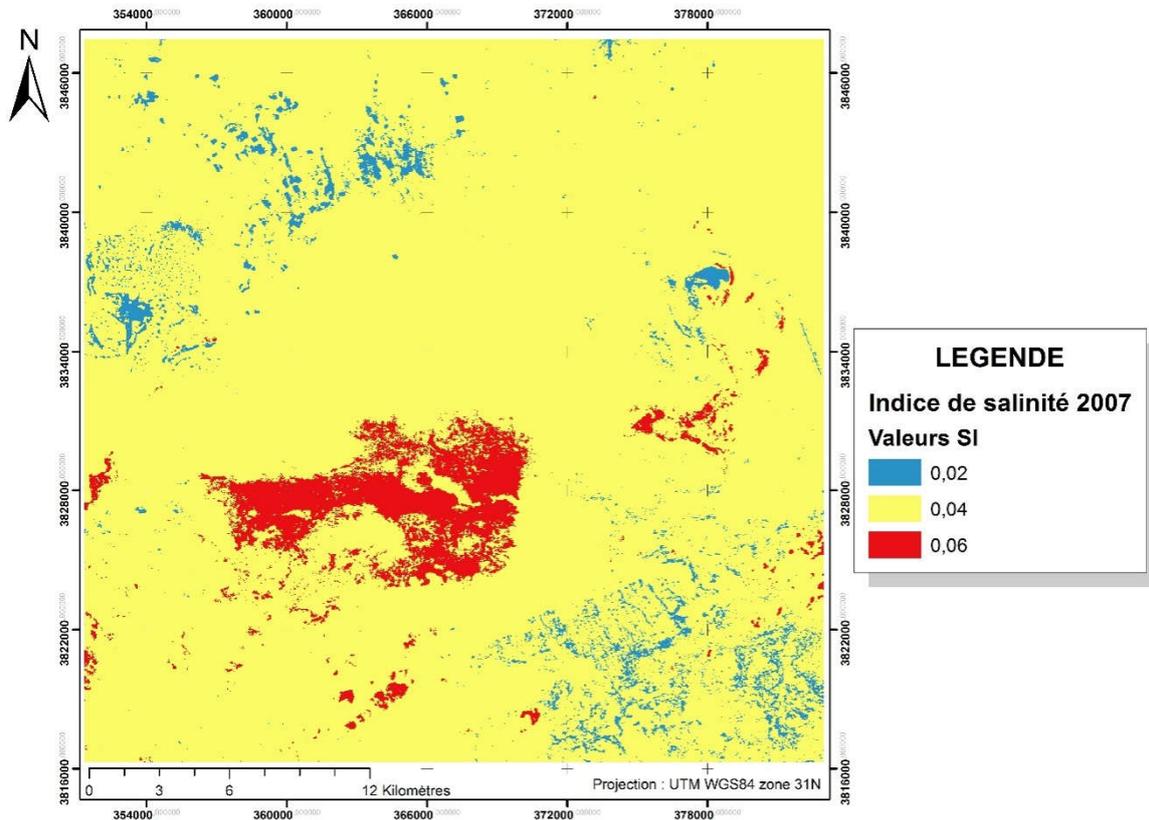


Figure n° 40: carte de l'indice de salinité de l'année 2007.

Les valeurs de l'indice de salinité obtenues pour l'année 2011 (Figure n°41) vont de 0 à 0.06 indiquant une très faible salinité. Celles-ci correspondent aux mêmes valeurs obtenues pour les dates précédentes, cependant, il en ressort une dominance de la classe de SI= 0.02 particulièrement dans la partie Est de la zone d'étude, de plus les valeurs élevées de l'indice de salinité SI=0.06 se situent dans la partie centre et Sud de la région d'étude, la comparaison avec les cartes de salinité obtenues permet de dire que la zone en question est la région la plus exposée et manifestant une grande aptitude de salinisation.

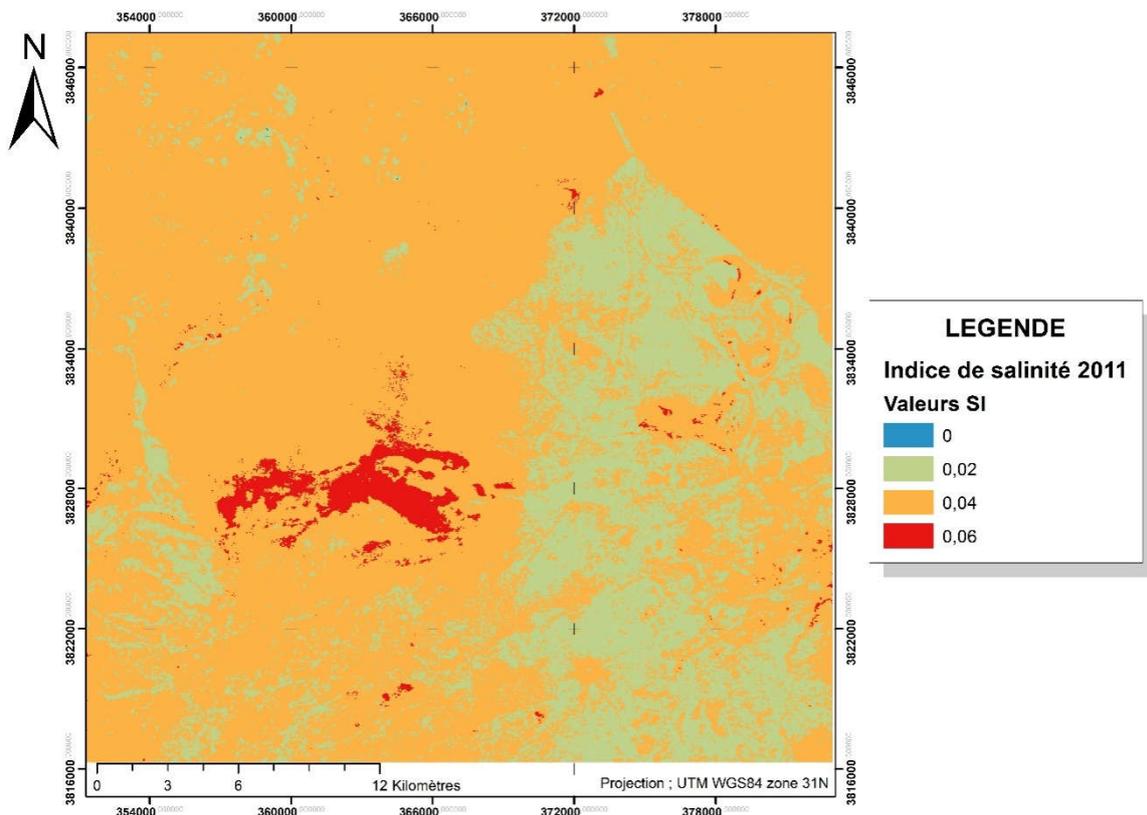


Figure n°41 : carte de l'indice de salinité SI pour l'année 2011.

L'indice de salinité calculé pour l'année 2016 (Figure n°42). Fait ressortir des valeurs allant de 0.2 à 0.6 laissant entrevoir une situation de salinisation intervenant au niveau de la région d'étude, les valeurs maximales de SI=0.6 se concentre essentiellement dans la partie centre de la région d'étude, de plus une appréciation globale permet de conclure à une légère salinisation des sols dans la région d'étude avec des valeurs de SI=0.2 se concentrant essentiellement dans la partie Est de la région d'étude.

L'indice de salinité SI calculé pour la région d'étude sur l'ensemble des années fait ressortir une constance du phénomène de la salinisation des sols, durant la majeure partie de la période d'observation. L'année 2016 indique que les sols de la région ont connu durant la période 2011-2016 une légère augmentation de la salinité

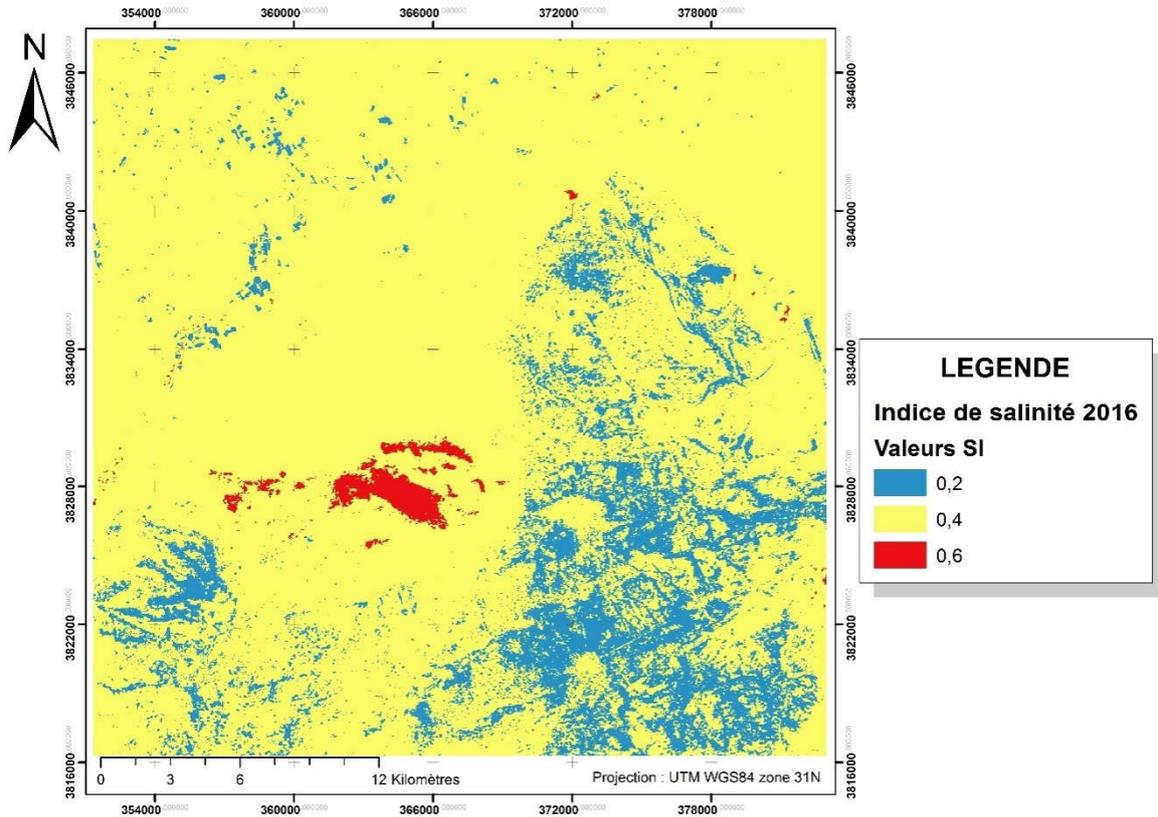


Figure n°42 : carte de l'indice de salinité SI pour l'année 2016.

2.2 L'indice d'humidité NDWI :

L'indice d'humidité NDWI indique une sécheresse sévère si la valeur de NDWI égale à -1 et une bonne humidité du sol quand la valeur égale ou tend à 1.

Les valeurs de l'indice d'humidité NDWI obtenues indiquent une disparité spatiale et temporelle de l'humidité des sols, laissant présager que la région steppique du Sud de la wilaya de TIARET connaît de forte saison de sécheresse.

Les valeurs de l'indice d'humidité pour l'année 1987 (figure n°), vont de -0.4 à .02. la lecture de la carte de l'indice NDWI établie dans ce sens , permet de dire que la région d'étude a connu durant la période une sécheresse accrue avec une dominance des sols avec des valeurs de NDWI=-0.04 , l'ensemble de la région parait sujet à une forte sécheresse , les quelques régions avec des valeurs de NDWI =0.2 se concentrent essentiellement dans la partie centre de la région et sont représentées par des dépressions , les dhayas.

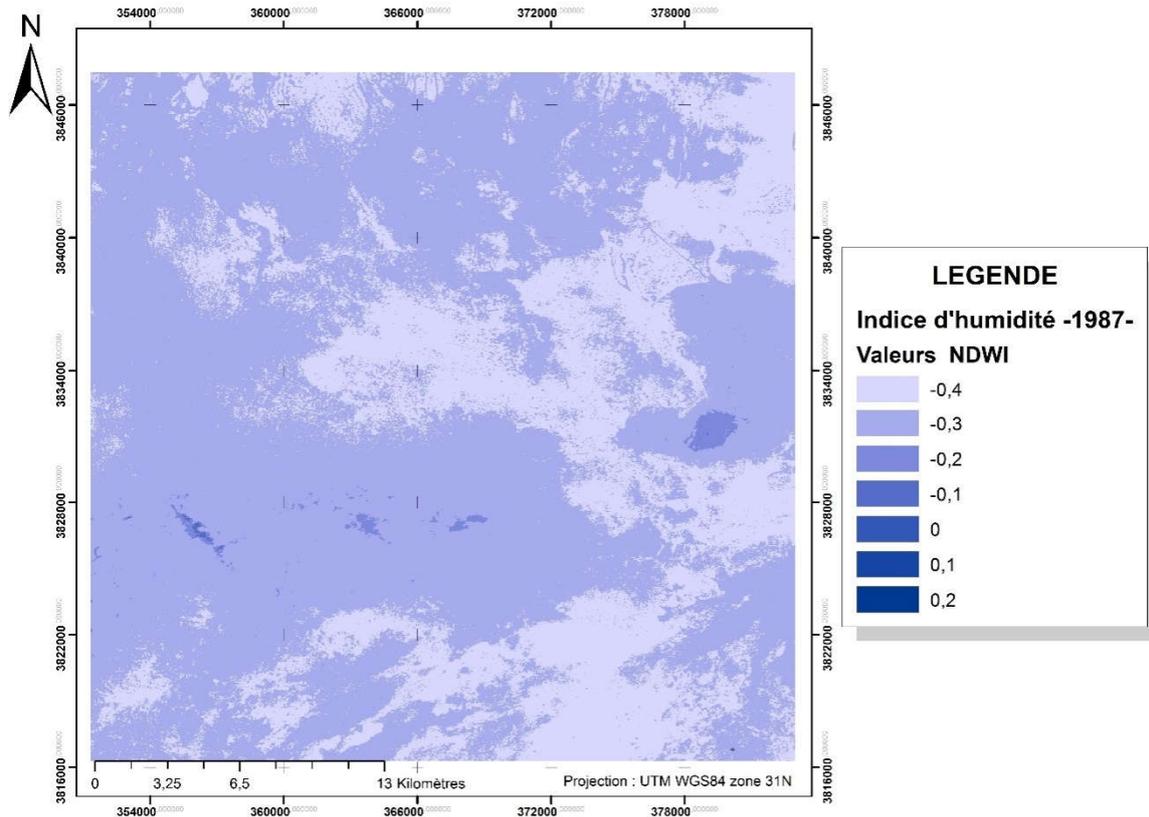


Figure n°43 : carte de l'indice d'humidité NDWI pour l'année 1987.

L'indice d'humidité calculé pour l'année 1995 (Figure n°44). fait ressortir des valeurs allant de -0.8 à 1. L'interprétation de la carte de l'NDWI établie permet de dire que la région d'étude connaît un accroissement de la sécheresse durant l'année 1995, les valeurs de l'indice dominantes se situent autour de -0.5 et -0.1. Les valeurs maximales de l'indice d'humidité sont faiblement représentées et se situent au niveau des dhayas, ou la possibilité d'une bonne capacité de rétention d'eau, celles-ci se situent essentiellement dans la partie Centre de la région d'étude.

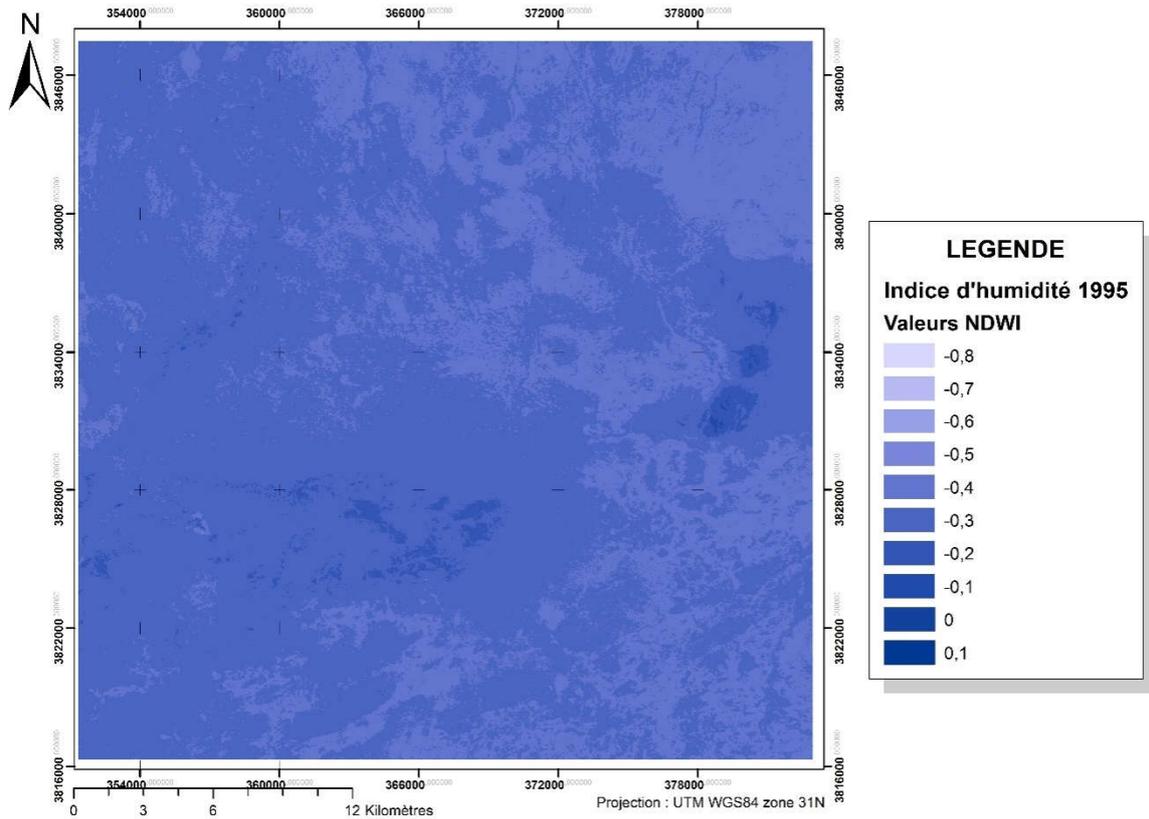


Figure n°44 : carte de l'indice NDWI pour l'année 1995.

La région d'étude manifeste des valeurs de NDWI pour l'année 1999 (figure n°45) allant de -0.5 à -0.1, décrivant une sécheresse absolue étant intervenue au niveau de la zone d'étude, de plus les résultats obtenus démontrent une dominance des pixels ayant une valeur de NDWI=-0.5 ce qui démontrent que la région a connu durant cette phase une sécheresse sévère. La comparaison de l'indice NDWI de l'année 1999 avec les cartes précédemment établies démontre que l'année 1999 marque un maximum de sécheresse intervenue et fait suite à une évolution progressive la sécheresse durant la période allant de 1987 à 1999.

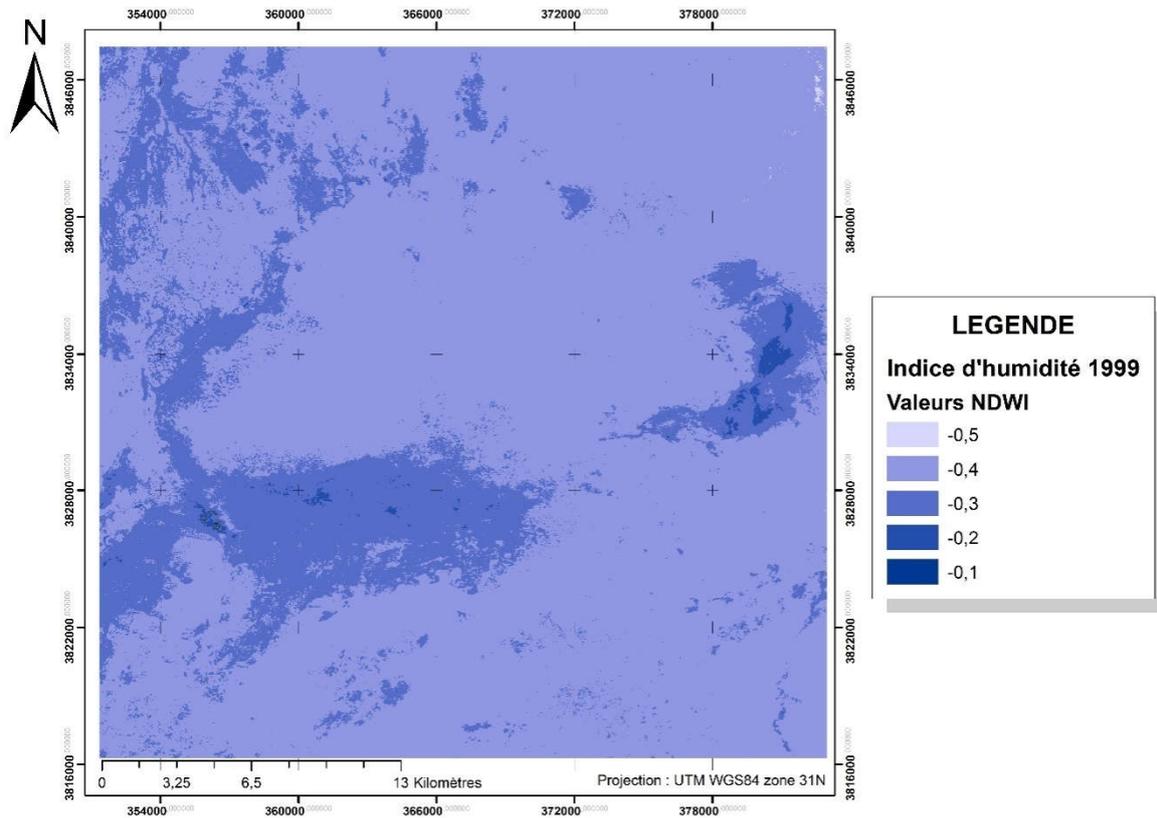


Figure n° 45: carte de l'indice d'humidité NDWI pour l'année 1999.

L'indice d'humidité NDWI pour l'année 2003 fait ressortir des valeurs comprises entre -0.5 et -0.1 , les classes dominantes sont celles avec des valeurs allant de -0.4 à -0.3

Tout comme les indices NDWI pour les cartes établies, l'humidité des sols caractérisée pour l'année 2003 démontre la sécheresse caractéristique de la zone d'étude. La région steppique du Sud de la wilaya de TIARET manifeste les caractéristiques climatiques des écosystèmes semi-arides.

L'interprétation de la carte permet de conclure à une hétérogénéité de la répartition des classes de l'indice NDWI avec notamment une dominance d'une seule classe pour l'ensemble des années de la période d'observation.

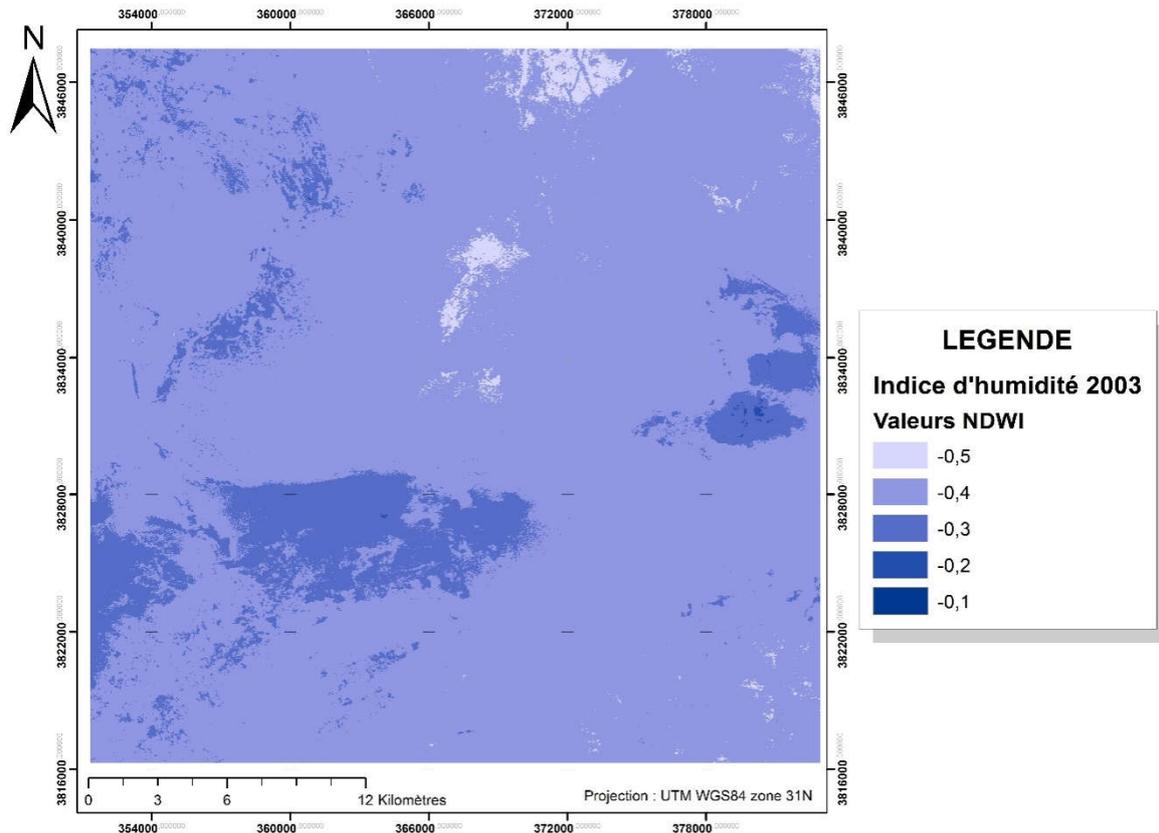


Figure n°46 : carte de l'indice NDWI de l'année 2003.

L'acquisition des données de l'indice d'humidité pour l'année 2007 a permis la réalisation de la carte correspondant (figure n°47).

D'après les résultats obtenus, il en ressort que la région d'étude connaît une légère amélioration de l'humidité des sols, avec des valeurs comprises entre -0.4 et 0.5. Cependant il en ressort une dominance des classes de NDWI correspondant à des zones sèches, en effet les classes dominantes sont celles avec des valeurs de NDWI= -0.4 jusqu'à -0.1. les valeurs de l'indice NDWI= 0.5 correspondent tout comme les cartes établies aux dates antérieures , à des dépressions ou la possibilité d'une bonne humidité des sols est indiquée.

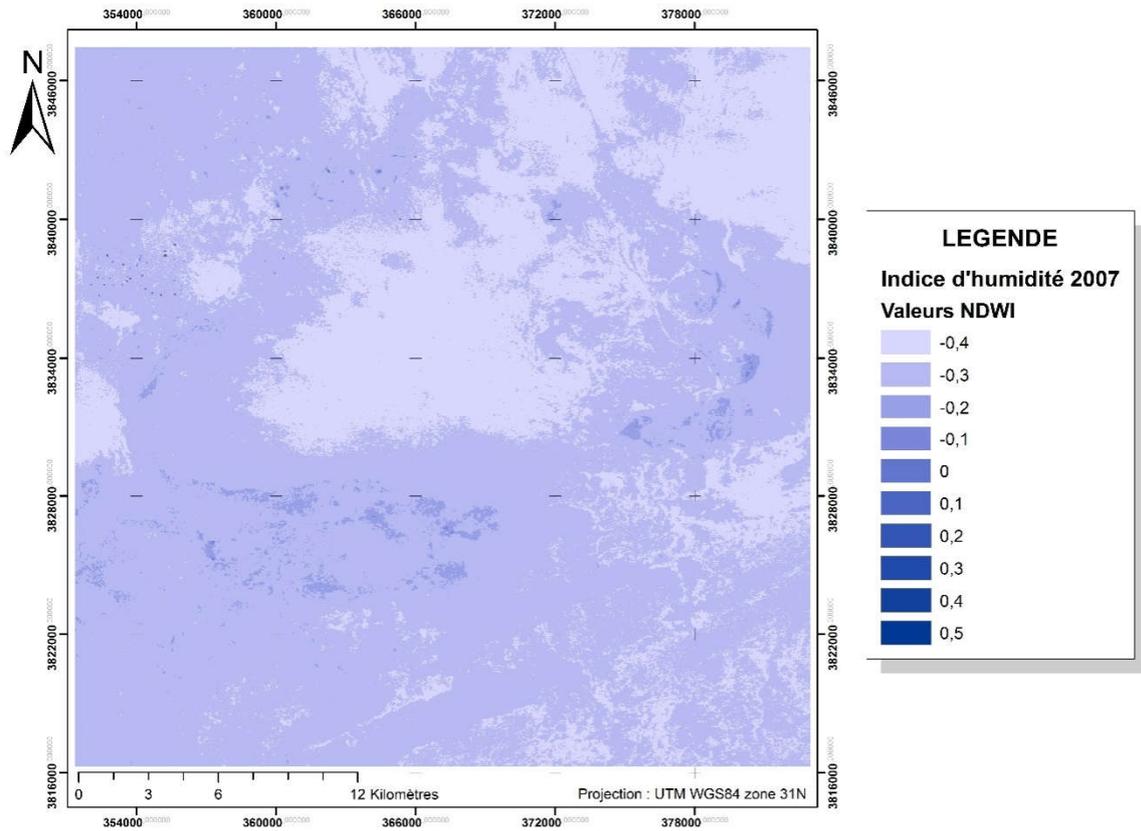


Figure n°47 : carte de l'indice NDWI pour l'année 2007.

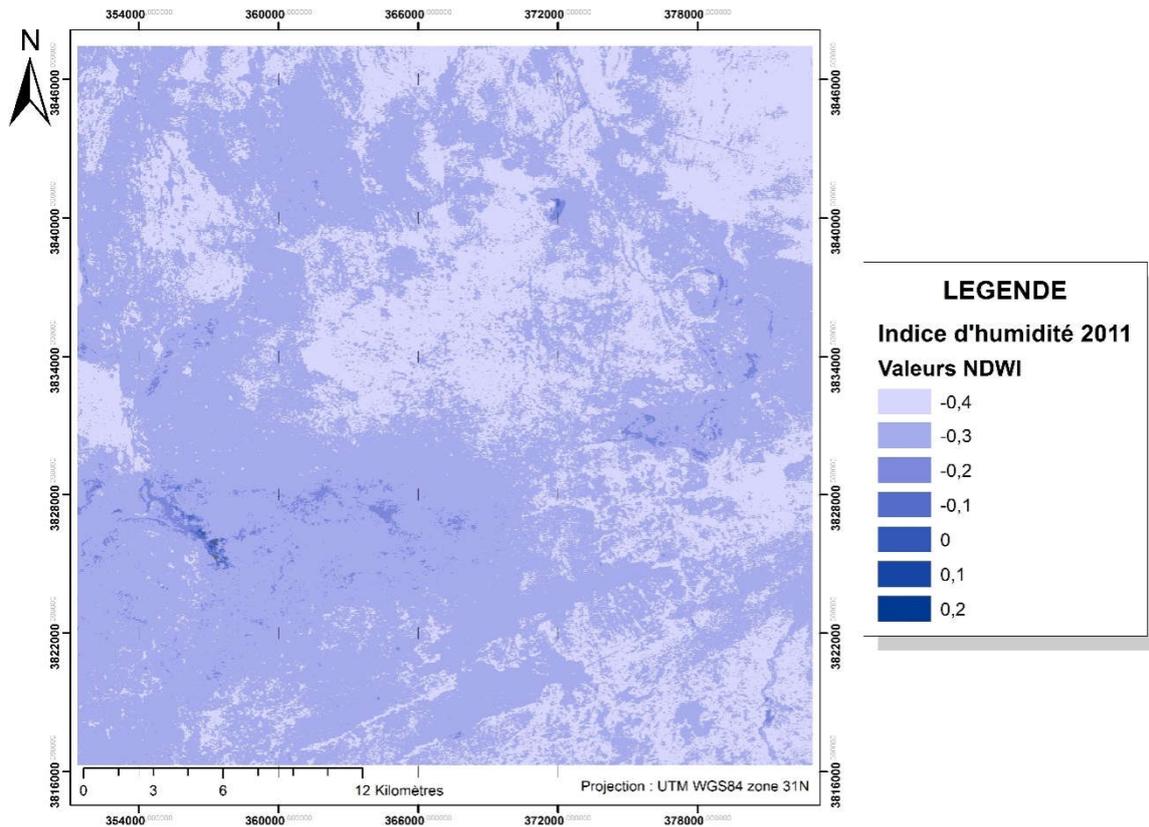


Figure n°48 : Carte de l'indice NDWI pour l'année 2011.

La carte de l'indice d'humidité pour l'année 2011 (figure n°48) démontrent des valeurs qui oscillent entre -0.4 et 0.2. L'indice NDWI obtenus pour l'année 2011 manifeste une similarité avec l'année 2007 ou l'on enregistre une dominance des classes dont les valeurs de l'NDWI sont celles comprises entre -0.4 et -0.1, avec une légère régression des valeurs maximale ou l'on enregistre une valeur maximale de 0.2 correspondant aux dhayas situées dans la région d'étude.

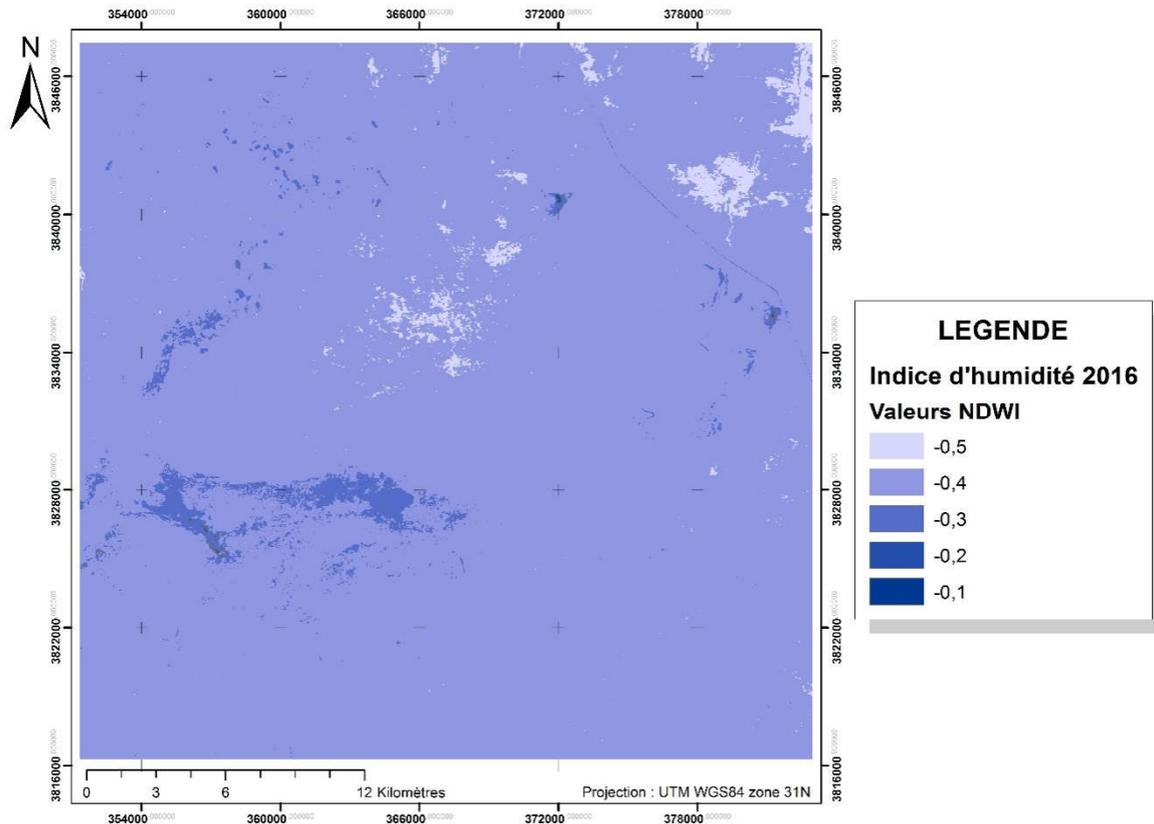


Figure n°49 : Carte de l'indice NDWI pour l'année 2016.

L'indice NDWI obtenu pour l'année 2016 fait ressortir une situation de sécheresse intervenue au niveau de la zone d'étude, avec des valeurs de NDWI comprises entre -0.5 et -0.1, la comparaison de l'indice d'humidité entre 2016, 2011 et 2007 démontre que la sécheresse s'accroît durant cette période, avec une dominance des classes dont la valeur de l'NDWI est comprise entre -0.4 et -0.3.

L'indice d'humidité NDWI calculé pour l'ensemble de la période d'observation permet d'identifier une région caractéristique des écosystèmes semi arides, avec une sécheresse permanente durant l'ensemble de la période d'observation. De plus, il en ressort une faible présence des classes dont les valeurs de l'NDWI correspondent à une bonne humidité des sols, et qui se concentrent essentiellement dans les Dhayas et à la limite des zones humides.

2.3 Précipitation cumulée :

Le calcul de la précipitation cumulée pour chaque année répond au besoin de connaître l'apport pluviométrique annuel au niveau de la région d'étude. Aussi, il fait suite à la problématique de connaître le degré de représentativité de l'indice d'humidité des sols NDWI obtenu pour la région d'étude. Les faibles valeurs de l'indice NDWI sont elles pour démontrer une région sèche ?

Le calcul de la précipitation annuelle cumulée à partir des données CHIRPS, permet à travers une comparaison avec les cartes de l'indice d'humidité NDWI de statuer sur la sécheresse de la région d'étude, ou de la faible capacité de rétention d'eau des sols steppiques de la région. Le tableau n°, illustre les résultats obtenus.

Tableau n°06 : précipitations annuelles cumulées pour la période de 1987-2016.

Année	1987	1995	1999	2003	2007	2011	2016
Précipitation cumulée (mm)	274,36	226,66	280	300	195	325	220

Il en ressort que les précipitations annuelles cumulées varient de 195 à 300 mm, la valeur minimale enregistrée correspond à l'année 2007 avec un maximale de 325 mm pour l'année 2011. La fluctuation des valeurs de précipitations caractérise les écosystèmes semi arides. La région steppique. Le calcul de la précipitation annuelle cumulée servira de fait à faire ressortir les interactions existantes avec l'évolution de la végétation steppique en place.

3.Détection des changements et dynamique de la végétation steppique :

La détection des changements est une procédure permettant d'identifier les passages survenus d'un état vers un autre. En télédétection, il existe diverses méthodes de détection des changements, les plus évoquées sont la comparaison entre 02 images successives. Or, détecter des changements entre deux images à part suppose la négligence du caractère de succession chronologique de plusieurs images et ne peut que permettre la connaissance des changements entre deux dates seulement.

Dans ce sens, et pour une meilleure appréciation des changements intervenus, nous avons procédé à une méthode simple, basée sur l'estimation des superficies de chaque classe d'occupation des sols.

Un suivi de l'évolution, de chaque classe durant la période d'observation, a permis, à travers une analyse de corrélation, de connaître quelles peuvent être les classes dont les changements dans le temps sont liés les uns aux autres.

La réalisation des cartes d'occupation des sols permet de calculer la superficie de chaque classe, son taux d'accroissement et le tracé sa courbe évolutive durant la période 1987-2016 (Figure n°50).

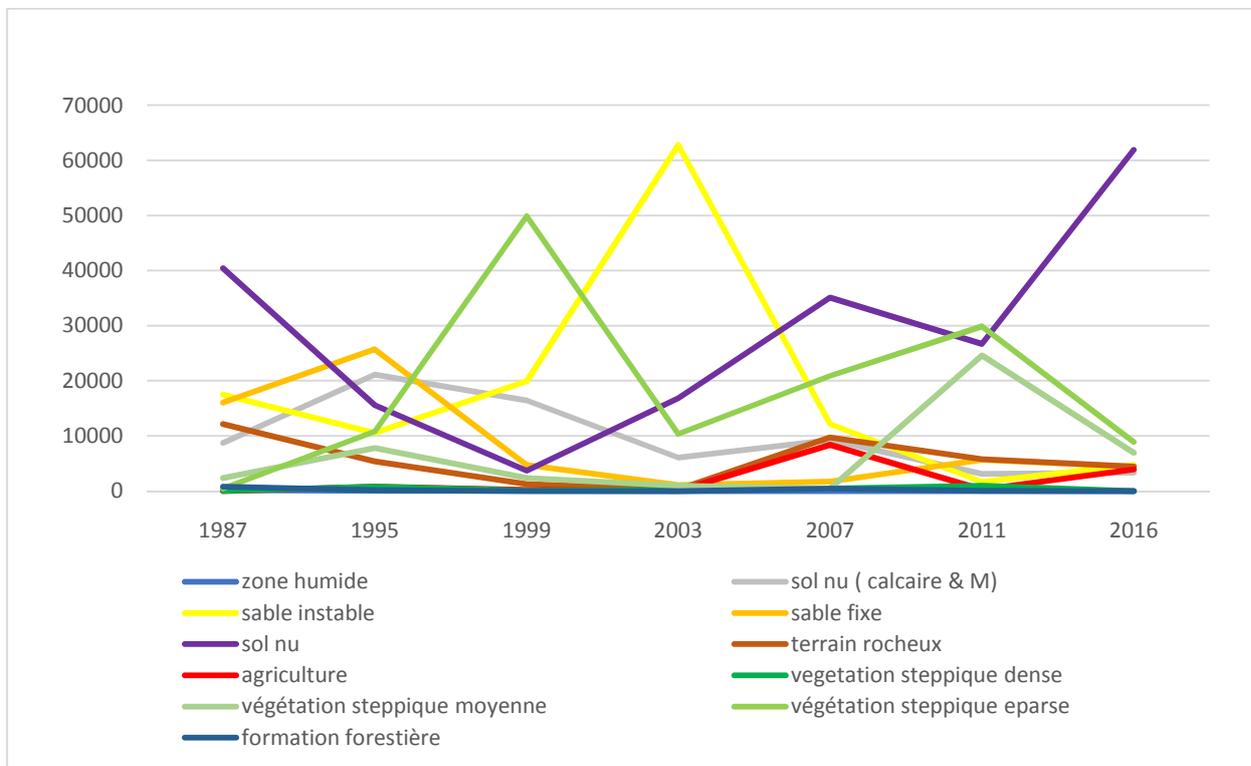


Figure n° 50: évolution des superficies des classes d'occupation des sols entre 1987 et 2016.

Les données d'évolution présentées indiquent une irrégularité de la dynamique des classes d'occupation des sols. En effet, la classe des sols nus présente une tendance à la progression, indiquant une situation d'évolution régressive de la zone d'étude. Aussi, les résultats obtenus font état d'une période d'ensablement massif durant la période allant de 1995 à 2007 avec un maximum durant l'année 2003, renseignant ainsi sur un processus d'érosion éolienne conséquent ayant intervenu au niveau de la région.

La végétation steppique manifeste une irrégularité d'évolution, ainsi qu'une passivité par rapport aux autres classes d'occupation confortant ainsi l'hypothèse d'une très grande vulnérabilité aux aléas du milieu physique.

Il en ressort que le couvert végétal steppique a connu trois phases évolutives distinctes :

De 1987 à 1999 : la superficie de la végétation steppique a connu une évolution progressive, avec un taux d'accroissement de la végétation steppique dense de 12% pour l'année 1995 et 0.9% pour l'année 1999. La végétation steppique moyenne enregistre un taux d'accroissement de 2.53% pour l'année 1995 et 0.02% pour l'année 1999, par ailleurs la classe de végétation steppique éparse présente un taux d'accroissement de 22,03% pour l'année 1995 et 105,35% pour l'année 1999.

De 1999 à 2003 :

Les taux d'accroissement calculés pour la période allant de 1999 à 2003 démontrent un déclin de la couverture végétale, en effet la classe de la végétation steppique dense qui manifestement présente un taux d'accroissement de 0.9% par rapport à l'année 1987, a connu une évolution régressive par rapport à l'année 1999. Ce constat d'évolution régressive est d'autant plus consolidé par le taux d'accroissement enregistré pour la classe de la végétation moyenne qui enregistre un taux de - 0.58% pour l'année 2003 par rapport à l'année 1987. L'évolution de la végétation éparse avec un taux d'accroissement de 21.03% est un indicateur sur l'évolution qualitative de la couverture végétale, démontrant ainsi que le couvert végétal durant la période 1999-2003 a connu une évolution régressive.

De 2003 à 2011 :

L'analyse des taux d'accroissement des classes de végétation démontrent une évolution progressive ayant intervenue. En effet la classe de végétation steppique dense enregistre un taux d'accroissement de 2.7% pour l'année 2003 et 6.7% pour l'année 2007 avec un maximum de 15.6% pour l'année 2011. La végétation steppique moyenne présente un taux d'accroissement de 0.81% pour l'année 2007 et 9,56% pour l'année 2011. La classe de la végétation steppique éparse enregistre des taux d'accroissement de l'ordre de 43.57 % pour l'année 2007 et 62,7% pour l'année 2011.

De 2011 à 2016 :

Durant cette période, il en ressort que la couverture végétale a connu une phase évolutive régressive. Les taux d'accroissement enregistrés pour les trois classes de végétation font état d'un taux de -0.9% pour la classe de végétation steppique dense, 1.98% pour la classe de végétation moyenne et un taux d'accroissement de 18,01% pour la classe végétation steppique éparse. Le type d'évolution a été identifié en comparaison avec les taux obtenus durant l'année 2011.

Les résultats de la lecture préliminaire des évolutions des classes de végétation font état d'une évolution irrégulière avec des phases d'évolution progressive et régressive.

La recherche des raisons et causes ayant abouti à cette conclusion, implique une comparaison interclasses, entre les différentes classes d'occupation des sols. La confrontation des évolutions des classes d'occupation des sols permet d'aboutir à des indicateurs sur les raisons ayant conditionner l'évolution de la couverture végétale durant la période 1987-2016.

Tableau n°07 : matrice de corrélation entre les classes de végétation et les classes d'occupation des sols.

	ZH	SN	SNC	SI	SS	TR	AGR	FR	VM	VE	VD
VD	-0,4061	-0,3223*	0,1646	-0,334	0,325	0,0618	-0,0692	-0,2097	0,7225	0,1539	1
VM	-0,3064	0,0431	-0,314	-0,506	0,078	-0,0119	-0,2769	-0,3566	1	0,1979	0,72
VE	-0,2587	-0,5848	0,2296	-0,151	-0,37	-0,4377	-0,0564	-0,4572	0,1979	1	0,15

ZH : zone humide/ SN : sol nu / SNC : sol nu (calcaire) / SI : sable instable/ SS : sable stable/ TR : terrain rocheux/

AGR : agriculture/FR : formation forestière/ VM : végétation steppique moyenne / VE : végétation steppique éparse/

VD : végétation steppique dense.

La matrice de corrélation générée (tableau n°07) pour identifier les relations interclasses permet de cerner liaisons entre les classes de végétations et les unités d'occupation des sols pouvant expliquer et argumenter les 04 phases évolutives de la végétation steppique durant la période d'observation.

Classe de végétation dense :

Les coefficients de corrélation obtenus font état d'une forte corrélation négative entre la classe de végétation dense et la classe sol nu avec $r = -0.32$. L'évolution de la classe de végétation dense est aussi fortement corrélée à l'évolution de la classe sable instable, avec un $r = -0.33$. et la classe sable stable avec $r = 0,32$ par la matrice de corrélation fait état d'une forte corrélation

négative entre les classes de zone humide et formation forestière et la classe de végétation dense.

Classe de végétation moyenne :

La classe de végétation moyenne manifeste de fortes corrélations négatives avec les classes de zone humide ($r=-0,30$), sable instable ($r= -0,5$), sols nus calcaire avec un coefficient $r=-0,31$ ainsi qu'avec la classe agriculture ($r=-0,27$).

Classe de végétation éparsé :

La matrice de corrélation fait apparaître une forte corrélation négative entre la classe de végétation éparsé et les classes de zone humide ($r= -0,25$), sols nus ($r= -0,58$), sable stable ($r=-0,37$) et la classe formation forestière avec un coefficient de corrélation $r= -0,45$.

Par ailleurs, la végétation steppique éparsé présente une forte corrélation positive avec les classes de terrains rocheux ($r= 0,43$) et la classe sols nus calcaire avec un coefficient $r= 0,22$. L'analyse de la matrice de corrélation permet de définir les types de changements survenus au niveau de la région d'étude. L'analyse de corrélation renseigne sur l'évolution de la végétation steppique et les changements qui s'opèrent dans les zones qu'elles occupent.

4. Dynamique de la végétation steppique :

4.1 Evolution progressive :

Les résultats obtenus montrent que les situations d'évolution régressive interviennent dans les régions, ou les classes sols nus et classe sols nus (calcaires et minéraux), connaissent des régressions, indiquant une remontée biologique de la couverture végétale steppique. Aussi, les évolutions progressives de la couverture végétale steppique s'opèrent dans les régions ou les formations sableuses des classes sable fixe et sable instable régressent, on parle dès lors d'une remontée biologique du couvert végétale, ou celui-ci est qualifié de communautés pionnières. Aussi, la végétation steppique évolue progressivement lorsque les surfaces des zones humides diminuent, c'est-à-dire que la végétation steppique s'installe après assèchement surfacique des zones humides.

4.2 Evolution régressive :

Les situations d'évolutions régressives interviennent essentiellement lorsque la végétation est de type moyenne et éparsé. En effet la matrice de corrélation permet d'identifier des régressions écologiques passant de végétation moyenne et éparsé, à formations sableuses, en conséquence à l'érosion éolienne que connaît la région.

Aussi l'analyse de la corrélation interclasses permet de constater une autre forme de régression du couvert végétal, sous l'effet de l'action anthropique, où les classes de végétation moyenne et éparse présentent des corrélations avec la classe agriculture, démontrant ainsi que l'action de l'homme contribue à la dégradation du couvert végétal en place.

Les résultats obtenus confortent l'hypothèse d'une dégradation de l'écosystème steppique. En effet, plusieurs auteurs évoquent une tendance de la végétation steppique à la dégradation, notamment dues à des problématiques liées à l'action de l'érosion éolienne (Bensaid, 2006), l'ensablement massif de l'écosystème steppique en Algérie est dû essentiellement à la proximité de cet écosystème avec le Sud désertique. D'autres paramètres interviennent aussi dans les évolutions régressives de la végétation, notamment l'effet de l'action anthropique (Haddouche, 2009), qui est le plus souvent soulevée et qui peut expliquer la disparition du couvert végétal et son remplacement par des terrains nus, du fait notamment du surpâturage (Maestre, 2004) et du défrichement des terres.

5. Interactions végétation-milieu physique :

Les résultats obtenus constatent une irrégularité de l'évolution de la couverture végétale dans la région d'étude ; il en résulte une série d'évolutions progressives et régressives ayant intervenus durant la période 1987-2016. Cependant, une étude de la dynamique de la végétation doit permettre d'identifier les facteurs ayant affectés ces évolutions. Le besoin exprimé de répondre à la question : pourquoi ces types d'évolutions ont eu lieu ? et quels sont les facteurs ayant un effet direct sur le couvert végétal en place ? nécessite d'intégrer à l'investigation une analyse permettant d'intégrer les paramètres du milieu physique comme variables explicatives de la dynamique.

Dans ce sens, les données collectées, via google earth engine, notamment les indices de salinité, l'indice d'humidité des sols ainsi que les données climatiques font l'objet d'une confrontation avec les classes de végétation. (Tableau n°08).

Tableau n°08 : variables biophysiques pour chaque classe de végétation.

Année	Végétation dense (Has)	Végétation moyenne (Has)	Végétation éparsé (Has)	Précipitation cumulée (mm)	Salinité	Humidité du sol	Température moyenne (°)
1987	56,88	2328	468,63	274,36	0,35	-0,35	16
1995	794,7	7816	10795	226,66	0,04	-0,34	14
1999	109,71	2373,66	49841,91	280	0,05	-0,33	15
2003	210,71	967,23	10327,05	300	0,05	-0,36	16
2007	423	424,62	20887,11	195	0,03	-0,34	15,5
2011	948,51	24585,75	29853,81	325	0,03	-0,34	18
2016	0,27	6956,19	8910,54	220	0,27	-0,38	17

Les données illustrées sur le tableau ci-dessus, correspondent à l'analyse statistique pouvant permettre d'identifier le degré de pondération de chaque paramètre de milieu physique sur le type de végétation, et de ce fait permettre de comprendre quels peuvent être les conditions de l'environnement dans lesquels évolue la végétation steppique, qui conditionnent les situations d'évolution progressive et régressive. L'analyse canonique des correspondances ACC peut apporter des réponses aux interrogations soulevées.

Tableau n°09 : résultat du test de permutation.

Permutations	500
Pseudo F	0,3907
p-value	0,9400
alpha	0,0500

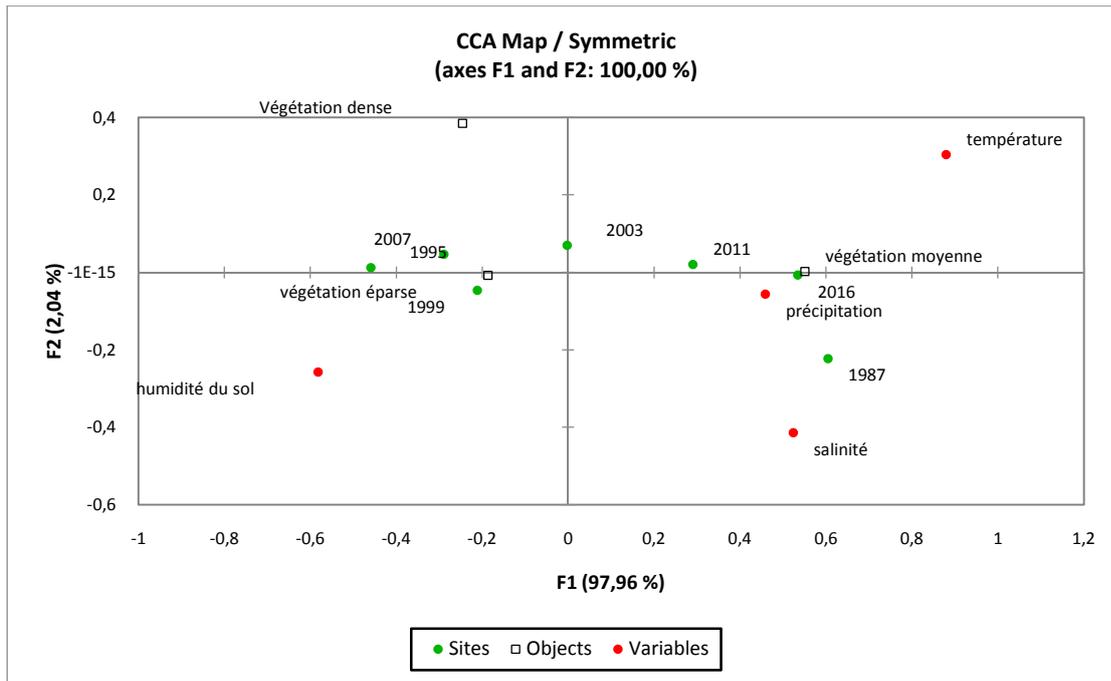


Figure n°51 : analyse canonique des correspondances reliant les classes de végétation et les paramètres de salinité, humidité des sols et précipitations cumulées.

D'après les résultats de l'ACC obtenus, il en résulte que la végétation steppique moyenne est favorisée par de fortes valeurs de précipitations ainsi que de faibles valeurs de salinité.

Nous constatons également que la végétation steppique éparse s'associe à des conditions du milieu physique avec une humidité des sols moyennes lors de faible apports pluviométriques.

Le graphique obtenu permet aussi de conclure que la végétation dense s'associe à de faibles valeurs des variables explicatives. La salinité des sols reste un facteur prépondérant dont la mesure où les trois classes de végétations s'associe à un faible taux d'humidité.

Les résultats obtenus, constatent l'effet la précipitation et de la salinité comme étant des facteurs prépondérants ayant un effet direct sur la couverture végétale. La salinité des sols étant un facteur intervient directement sur le processus de désertification (Nahal,2004), c'est une variable environnementale qui conditionne l'installation d'une couverture végétale sur les sols salins, notamment en milieu steppique, les résultats obtenus concordent avec les travaux de plusieurs chercheurs qui avancent l'hypothèse que la salinité est un facteur contraignant l'installation et la pérennité de la couverture végétale. (Azabdaftari& Sunarb,2016 ; Abbas et al,2007;Allbed& Kumar,2013).

Le facteur climatique, à travers ses deux variables (précipitations et températures), s'est positionné comme étant un paramètre conséquent ayant une incidence directe sur la couverture végétale (Saidi and Gintzburger,2013).

. L'utilisation des données de précipitations cumulées a permis de mettre en évidence la relation avec le couvert végétale, qui dans des conditions favorables et à travers un apport hydrique suffisant peut connaître une progression en milieu semi-aride. Néanmoins, la température moyenne ne semble pas être une variable explicative sachant que celle-ci présente une faible variabilité tout autant que la variable humidité des sols.

La méthodologie adoptée tout au long de ce travail a permis d'identifier les formes d'évolution écologique durant une période d'observation s'étalant de 1987 à 2016. Les résultats de la cartographie de l'occupation des sols à différentes dates ont abouti à l'identification des unités d'occupation des sols ainsi que de la connaissance de la dynamique de la couverture végétale. Google Earth Engine facilite l'acquisition de données descriptives des écosystèmes terrestres, l'utilisation des produits des indices de salinité SI, de l'indice d'humidité des sols NDWI ainsi que les données climatiques, ont permis de connaître l'influence des paramètres cités sur l'évolution de la couverture végétale. Les résultats obtenus permettent de constater l'irrégularité de l'évolution de la végétation steppique de la région de TIARET, mais aussi de connaître l'influence des facteurs impliqués notamment climatiques et édaphiques, ou le facteur de la salinité des sols est présenté comme une réelle problématique à traiter dans une perspective de mettre en place des stratégies de développement des ressources biologiques en milieu.

Conclusion Générale

Conclusion générale

La connaissance des transformations actuelles des surfaces et les interactions entre les différents facteurs du milieu, représente un enjeu important pour l'évaluation des problèmes environnementaux. Ainsi, les dynamiques spatio-temporelles, de l'occupation et de l'utilisation des sols constituent un des critères essentiels à prendre en compte dans la mise en œuvre de décisions fondées sur le concept de développement durable, tant à une échelle globale qu'à une échelle régionale et locale.

En outre, l'observation des changements actuels et passés des modes d'occupation des sols, de la végétation steppique en place ainsi que la compréhension des facteurs qui les produisent permettent, dans le cadre d'études prédictives ou prospectives, de simuler des changements et les scénarios futurs à travers des images prises sur de nombreuses dates et des approches intégrées.

Nous avons essayé de démontrer tout au long de ce travail, l'intérêt que porte l'étude de l'occupation des sols pour faire l'évaluation et le suivi de la dynamique de végétation dans les milieux steppiques, qui restent la zone la plus affectée par les processus de dégradation.

En effet, l'analyse de la série chronologique des images satellitaires utilisées pour la période allant de 1987 à 2016 a permis de connaître l'évolution de l'occupation de sol dans la région de TIARET, et par la donc de connaître les impacts et les facteurs influençant la tenue et l'évolution de la végétation dans la région.

Par ailleurs, nous avons essayé aussi de démontrer toute l'importance et la contribution de l'utilisation des données de la télédétection, les images satellitaires, photographies aériennes ont permis une cohérence dans ce travail. Une approche ciblée de la méthodologie, de manière à ce que le suivi du phénomène de désertification, ou l'évolution de l'occupation des sols soit bien défini dans l'espace et dans le temps

En effet, Il ressort de cette étude que d'importants changements ont eu lieu sur l'occupation des sols dans la région d'étude, et selon les données statistiques obtenues, la région d'étude a connu diverses phases évolutives , une alternance de régression et de progression qui permet de statuer sur la vulnérabilité de l'écosystème steppique de la région. : une période d'évolution régressive, ou la couverture végétale a connu une régression ,résultat de l'interaction entre l'action anthropique ainsi que les conditions climatiques défavorables. Une autre période d'évolution progressive ou le paysage de la région d'étude a connu quelques améliorations, particulièrement pour ce qui est de la progression de la végétation.

A travers cette étude nous avons pu démontrer toute la sensibilité et vulnérabilité des parcours steppiques, quant aux facteurs de dégradation ;menant à un déséquilibre totale de l'écosystème et de la société , néanmoins l'accent a été mis sur l'implication et la contribution directe de l'action anthropozoïque dans la dégradation de la région steppique , entre autre l'action humaine traduite à travers une pastoralisme anarchique (le surpâturage), une exploitation abusive des ressources hydrique ayant mené à leurs épuisement , une exploitation des terres fragilisées à des fins agricoles (extension de la céréaliculture à des parcours steppiques), celles-ci en interaction avec un climat défavorable sur de large intervalle de temps , comme pour la sécheresse connu pendant la période (1999-2007) ont abouti à la diminution des surfaces occupées par les steppes, de permettre l'accroissement de l'ensablement forme ultime de la désertification d'où la nécessité de mettre en place un projet de lutte, pouvant apporter des solutions adéquates sur le moyens et le long terme.

Aujourd'hui, et malgré l'importance des moyens humains et matériels important mis en place pour essayer de préserver la steppe en Algérie, les résultats escomptés ne seront guère atteints du moment que la désertification continue toujours de progresser dans le temps et dans l'espace. L'échec de la politique de lutte menée jusqu'à aujourd'hui reflète l'incohérence des planifications de lutte et les données réelles de la steppe Algérienne, néanmoins l'étude que nous avons menés sur la région de TIARET à démontrer une évolution plus ou moins encourageante à la régression des phases de dégradation. la régénération des parcours steppiques démontre l'efficacité des actions de protection menées jusqu'à maintenant , toutefois beaucoup reste à faire , car l'action anthropique ne cesse de s'accroître et risque de porter de plus grave préjudice à la steppe de la région de TIARET, c'est pourquoi les actions de lutte et planification prochaine visant à faire face à la désertification doivent être faites sur la base d'une coopération et de la participation de l'élément humain , la société steppique et du milieu rural pour faire face à une dégradation qui menace son environnement et la menace directement , pour une perspective de développement durable, pour une sensibilisation de la société quant à la menace qu'est à la désertification , pour une prise de conscience et une efficacité de la lutte sur le moyen et le long terme.

Références

Bibliographiques.

Références bibliographiques

- *Aidoud A., 1989, Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés des hautes plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales. Thèse doctorat, USTHB, Alger, 240p.
- *Aidoud A. et NEDJRAOUI D., 1992.- The steppes of alfa (*Stipatenacissima* L) and their utilisation by sheeps. In Plant animal interactions in mediterranean-type ecosystems, MEDECOS VI, Grèce. p. 62-67.
- *AIDOUD A, TOUFFET J ; 1996 -La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima*L.) graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 7(3), 187-193.
- *AIDOUD A, LOUNIS F ; 1997. - Le complexe alfa-armoise-sparte (*Stipa tenacissima*L., *Artemisia herba-alba* Asso, *Lygeumspartum*L.) des steppes arides d'Algérie : structure et dynamique des communautés végétales. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille, Marseille.263p.
- *ANAT (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire) 2004.- rapport sur le plan d'aménagement du territoire en l'Algérie.
- *Anonyme, 2002. Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD). Ministère de l'Aménagement du Territoire et de L'Environnement, 122p. <http://enviro-gestion.org/download/PNA-DD.doc>
- *AUBERVILLE, A., 1949, Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Société d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales, Paris, 351 p.
- *BENMESSAOUD H, KALLA M, DRIDDI H et ARAR A/K ; 2009- Utilisation des données satellitaires pour le suivi des processus de la dégradation des ressources naturelles dans les zones semi-arides Cas de la région Sud des Aurès (Algérie). Université HADJ LAKHDAR BATNA, 29 p
- *BENSAID ABDELKRIM ; 2006- SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone semi-aride : (le cas de la wilaya de NAAMA- Algérie). Thèse de doctorat. Université JOSEPH FOURIER-GRENOBLE 1.p175-209.
- *Boudy P., 1950, Economie forestière Nord Africaine. Paris, La Rose 2, (II), 777 - 818.

- *Boukhobza M., 1982, L'agro pastoralisme traditionnel en Algérie: de l'ordre tribal au Désordre colonial. OPU; Alger, 458p
- *CHAVEZ G.L. 1982 :“Statistical method for selecting Landsat MSS ration” *Journal of appliedphotographicengineering* Pp23-30.
- *CORNET, A., 2002, La désertification à la croisée de l’environnement et du développement : un problème qui nous concerne, 35 p. [En ligne] :www.csfd-desertification.org/catalogue/2001_CSFD_Cornet.pdf décembre 2008.
- *C.N.T.S., 2010, Cartographie et inventaire des nappes alfatières sur l’ensemble des Wilayas.
- *DAGORGNE A, 1992 :Mutations et désertisation sur les hautes plaines algériennes. Aménagement et gestion du territoire, applications en Algérie (régions de Tiaret et d'Alger). , p107
- *DJEBAILI, S., 1978, Recherche phytosociologique et écologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l’Atlas saharien algérien. Thèse doctorat. Université. Sci. Tech. Languedoc, MONTPELLIER, 299p. + annexes.
- *CORNET, A., 2002, La désertification à la croisée de l’environnement et du développement : un problème qui nous concerne, 35 p. [En ligne] :www.csfd-desertification.org/catalogue/2001_CSFD_Cornet.pdf décembre 2008.
- *Djellouli Y., 1990, Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminismes Climatiques de la répartition des plantes. Thèse Doct. Sciences, USTHB., Alger, 210
- *DAOUDI A, NACIMA BENTERKI, TERRANTI SALIMA ; 2010 : la lutte contre la désertification dans les parcours steppiques : l’approche du développement agro-pastorale intégré. Revue innovation et développement durable dans l’agriculture et l’agroalimentaire
- *DGF. Direction Générale des Forêts, 2004, Rapport national de l’Algérie sur la mise en Oeuvre 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>.
- *EL ZEREY W, BACHIR S,BENSLIMANE M et MEDERBEL KH,2009 l’écosystème steppique face à la désertification : cas de la région d’EL BAYADH, revue vertigo, volume 09, N°02,p12
- *FAIZA H ; 2010-rapport sur le haut commissariat au développement de la steppe. Rapport de stage. Université AMAR TELIDJI-LAGHOUAT, 25p
- *Foody G.M., 2002, “Status of land cover classification accuracy assessment”, *Remote Sensing of Environment*, vol. 80, p. 185-201.
- *FOTSING E. et MADI A., 1999. Suivi de la biomasse ligneuse par une approche intégrée SIG Télédétection. Paraître dans les actes du colloque International sur la

Télédétection optique et radar et la géomatique pour la gestion des problèmes Environnementaux. 67^e congrès de l'ACFAS, Ottawa, 18 pages.

*FAO., 1992, Le rôle de forestière dans la lutte contre la désertification pp124-126.

*Funk, Chris, Pete Peterson, Martin Landsfeld, Diego Pedreros, James Verdin, ShradhdhanandShukla, Gregory Husak, James Rowland, Laura Harrison, Andrew Hoell& Joel Michaelson.

"The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes". *Scientific Data* 2, 150066. doi:10.1038/sdata.2015.66 2015.

* HADJIT H, OUKEBDANE A ;2004 : étalonnage radio métrique des capteurs de télédétection,p6.

*Hireche A., A. Boughani et M. Salamani, 2007, Évolution de la pluviosité dans quelques Stations arides algériennes. Science et changement planétaire/Sécheresse, Vol.18, N° 4 314-20

*HCDS, 2008. Bilan des réalisations du HCDS, Document interne, Djelfa, 35p

*HADOUCHE I ; 2009. la télédétection et la dynamique des paysage en milieu aride et semi-aride en Algérie : cas de la région de NAAMA. Thèse de doctorat, Université de TLEMCEM,259p.

*Jauffret, Sandrine and Lavorel, Sandra,2003: Are plant functional types relevant to describe degradation in arid, southern Tunisian steppes? *Journal of Vegetation Science* 14: 399-408

*Lambin, E.F. et al., 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11, pp. 261–269.

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

*MAINGUET, M., 1990, La désertification: une crise autant socio-économique que climatique. *Sécheresse*, 1 : 187-195.

*Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, 1974, La steppe algérienne, In Statistique agricole, n° 14.

- *Ministère de l'Agriculture et du Développement 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
- *Nedjraoui D., 2003, Les mécanismes de suivi de la désertification en Algérie proposition D'un dispositif national de surveillance écologique à long terme. Doc. OSS, 37 P.
- *Nedjraoui D., 2006, La recherche scientifique, un moyen de lutte contre la Désertification. Com. Conf. Intern. Université des Nations Unies ; Alger, Déc. 2006.
- *Nedjraoui Dalila et Bédrani Slimane, 2008 « La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 8 Numéro 1 | avril 2008, [En ligne], mis en ligne le 01 avril 2008. URL : <http://vertigo.revues.org/index5375.html>. Consulté le 22 mai 2009.
- *Nedjraoui Dalila., 2003. Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques Algériennes et définition des indicateurs de dégradation. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c62/04600165.pdf>
- *Nedjraouidalila., Boughani A. et Hirche A. 2009 ; interactions changement climatique et désertification en Algérie : vulnérabilité de la végétation à la sécheresse et principes d'adaptation, acte de colloque, niamey 2009, p36.
- *Ouattara T., Dubois J.M., Gwyn J., 2006, « Méthodes de cartographie de l'occupation des terres en milieu aride à l'aide de données multi-sources et de l'indice de végétation TSAVI », *Télédétection*, vol. 6, n ° 4, p. 291-304.
- *Saïdi Slim and Gustave Gintzburger: A spatial desertification indicator for Mediterranean arid range lands: a case study in Algeria *The Rangeland Journal*, 2013, 35, 47–62.
- *Slimani, H. and Aidoud, A., 2004: Desertification in the Maghreb: a case study of an Algerian high-plain steppe. In: Marquina, A. (Ed.), *Environmental Challenges in The Mediterranean 2000–2050*. Kluwer Academic Publishers, pp. 93–108.
- *Maestre, F.T., 2004: On the importance of patch attributes, environmental factors and past human impacts as determinants of perennial plant species richness and diversity in Mediterranean semi-arid steppes. *Divers. Distrib.* 10, 21–29.

Résumé :

Les parcours steppiques algériens occupent une superficie de 20 millions d'hectares, leur situation géographique, leur confère un rôle de zone tampon entre le Nord à climat Subhumide, et le grand Sahara aride au Sud. L'écosystème steppique est aujourd'hui confronté à une grave problématique de dégradation, la désertification est en effet un phénomène dont les conséquences peuvent être irréversible. La caractérisation de la végétation steppique et son utilisation comme indicateur biologique permet de définir l'évolution de l'écosystème steppique et d'identifier les changements intervenus. L'objectif de l'étude est de déterminer les phases évolutives de la végétation steppique de la région de TIARET, à travers l'utilisation des données de la télédétection. Une approche basée sur la combinaison de divers paramètres étudiés, par la mise en place d'un système géographique est adoptée. Une série d'images satellitaires Landsat, couvrant la période 1987-2016 avec un intervalle de 04 ans est utilisée pour la réalisation de cartes d'occupation des sols. Des données des indices de salinité SI et NDWI, ainsi que climatiques sont acquises via la plateforme google earth engine. Les résultats obtenus démontrent une variabilité de la répartition spatio-temporelle de la végétation steppique de la région d'étude. L'analyse canonique des correspondances fait ressortir des associations entre le couvert végétal steppique et les paramètres de précipitations et de salinité démontrant une forte sensibilité de la végétation steppique aux aléas extrêmes.

Mots clés : Steppe, désertification, SIG & télédétection, google earth engine, TIARET.

Abstract :

The Algerian steppe routes cover an area of 20 million hectares; their geographical location gives them a buffer zone between the North with a Sub humid climate and the large arid Sahara in the South. The steppe ecosystem is now facing a serious problem of degradation: desertification. The characterization of steppe vegetation and its use as a biological indicator makes it possible to define the evolution of the steppe ecosystem and to identify the changes that have occurred. The objective of the study is to study the evolution of steppe vegetation in the TIARET region, by using remote sensing data. An approach based on the combination of various studied parameters, by the establishment of a geographical system is adopted. A series of LANDSAT satellite images, covering the period 1987-2016, with several 07 images is used to produce land use maps. Data from salinity indices SI and NDWI, as well as climatic data are acquired from the google earth engine platform. The results obtained demonstrate a variability of the spatio-temporal distribution of the steppe vegetation of the study area with a tendency to degradation. The canonical correspondence analysis reveals associations between the steppe vegetation cover and the precipitation and salinity parameters, demonstrating a strong sensitivity of steppe vegetation to external hazards.

Keywords: Steppe, Desertification, remote sensing, Google earth engine. Tiaret,

ملخص

تغطي طرق السهوب الجزائرية مساحة 20 مليون هكتار؛ موقعها الجغرافي يجعل منها منطقة عازلة بين الشمال بمناخ رطب جزئي والصحراء القاحلة في الجنوب. يواجه النظام البيئي للسهوب الآن مشكلة خطيرة تتمثل في التدهور: التصحر. إن توصيف نباتات السهوب واستخدامها كمؤشر بيولوجي يمكننا من تحديد تطور النظام البيئي للسهوب وتحديد التغيرات التي حدثت. الهدف من الدراسة هو دراسة تطور الغطاء النباتي السهبي في منطقة تيارت، باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد، من خلال إنشاء نظام معلوماتي جغرافي. يتم استخدام سلسلة من صور الأقمار الصناعية لـ **LANDSAT** ، والتي تغطي الفترة 1987-2016 ، مع عدة صور 07 لإنتاج خرائط استخدام الأراضي. يتم الحصول على البيانات من مؤشرات الملوحة **SI** و رطوبة الأرض **NDWI** ، فضلا عن البيانات المناخية من منصة محرك جوجل الأرض. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها تباين التوزيع المكاني والزمني للغطاء النباتي في منطقة الدراسة مع ميل إلى التدهور. تحليل المراسلات الكنسي يكشف عن الارتباط بين الغطاء النباتي السهبي ومعلمات هطول الأمطار والملوحة ، مما يدل على حساسية قوية من الغطاء النباتي السهوب إلى المخاطر الخارجية.

كلمات البحث: السهوب ، والتصحر ، والاستشعار عن بعد ،
محرك جوجل الأرض. تيارت ، الجزائر