



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
جامعة زيان عاشور-
Université Ziane Achour –Djelfa
كلية علوم الطبيعة و الحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم العلوم الفلاحية و البيطرية
Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires
Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Ecologie Forestière et Désertification

Thème

**Application des techniques de la géomatique pour la spatialisation
des indicateurs environnementaux. Cas de l'indicateur Sensibilité
à la désertification de la wilaya de Djelfa.**

Présenté par: Merabet Hamid

Soutenu le : 18/12/2018

Devant le jury composé de :

Président	Mr. ADLI B.	MCB Univ. Djelfa
Promoteur	Mr. LAID K.	MAA Univ. Djelfa
Examineur	Mr. MOUISSA H.	MCB Univ. Djelfa
Examineur	Mr. KHADER M.	MCB Univ. Djelfa

Année Université:2018 - 2019

Remerciements

Tout d'abord nous remercions le bon Dieu qui nous a aidé et nous a donné la force, le courage et la volonté pour terminer ce travail.

Nous remercions infiniment :

Mon encadreur M. LAID.K pour sa disponibilité, ses précieux conseils et ses orientations, et pour tout son aide, les remarques constructives qui nous ont permis d'améliorer et réaliser ce travail.

Mes précieux remerciements vont au président et aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail.

Mes grands remerciements aussi s'adressent à tous les enseignants de Faculté des sciences de nature et de la vie qui ont contribué à notre formation

Mes vifs remerciements vont aussi à mes collègues pour leur aide.

MERABET H.

Dédicace

**C'est avec un grand honneur, une grande fierté et une *immense joie*
*que je dédie ce travail :***

A mes chers parents qui m'ont toujours soutenu

A mes frères et mes sœurs

A toute ma famille

Ames chères amies

MERABET H.

Liste des abréviations

ANAT	Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire
ANRH	Agence National des Recherches Hydrauliques
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
CCT	Centre Canadienne de la télédétection
CES	Convention des Eaux et du Sol
CV	Couverture Végétale
DISMED	Désertification Indicator system for Mediterranean
ENVI	Environment for Visualising Image
ETP	Évapotranspiration potentielle annuelle
FAO	Food and Agriculture Organization
GMS	Geostationary Meteorological Satellites
GPS	Global Positioning System
Ha	Hectare
IA	Indice d'Aridité
IB	<i>Indice de Brillance</i>
IMU	Unité de mesure intertielle
INDSAT	Indian National Satellite System
INSID	Institu National des Sols, de l'Irrigation et de Drainage
IQC	Indice de la qualité de climat
IQS	Indice de la qualité du sol
IQV	indice da la qualité végétale
ISD	Indice de Sensibilité a la Désertification
LANDSAT	Land Satellite
LIDAR	Light Détection And Rangin
M	Maximum
M	Minimum
MEDALUS	Méditerranéen Désertification and Land Use
NDVI	Indice de Végétation par Différence Normalisé
NOAA	Nationa Oceanic and Atmospheric Admnistration
NU	Nations Unies
O.N.M	Office National Météorologique
PE	: Protection contre l'Erosion
PIR	proche infrarouge

Liste des abréviations

R.C.D	Réserve de Chasse de Djelfa
RADAR	Radio Detectio And Ranging
RI	Risque d'Incendie
RS	Résistance à la Sécheresse
SIG	Système d'Information Géographique
SPOTe	Système pour observation de la terre
TLD	Téledétection
TM	Themayic Mapper
UTM	Universal Transverse Mercator

Liste des figures

Figure 1	Situation administrative de la wilaya de Djelfa.	6
Figure 2	Patrimoine forestier de la wilaya de Djelfa.	8
Figure 3	Précipitations moyennes mensuelles (1990-2016).	11
Figure 4	Variation des pluies annuelles durant la période (1990-2016).	12
Figure 5	Courbes de variation des températures maximales et minimales mensuelles en(c°) pendant la période (1990-2016).	14
Figure 6	Diagramme Ombrothermique de Gaussen (1990-2016).	16
Figure 7	Diagramme d'EMBERGER.	18
Figure 8	SIG et monde réel (THERIAULT M., 1997)	24
Figure 9	Modèles raster et vecteur	28
Figure 10	Types de Buffering	30
Figure11	Schéma du processus de capture et d'enregistrement des informations en télédétection (CCT, 2007)	32
Figure 12	Le spectre électromagnétique et les systèmes de TLD d'après GIRARD M.C., 1999.	35
Figure 13	Rehaussement de l'image. Source : Centre canadien de TLD, 2005.	41
Figure 14	Organigramme général du travail.	47
Figure 15	Fenêtre ENVI	49
Figure 16	Indice de qualité du climat	61
Figure 17	Carte de l'Indice de qualité du climat	62
Figure 18	Indice de qualité de la végétation	64
Figure 19	Carte de l'Indice de qualité de la végétation	64
Figure 20	Indice de qualité du sol	66
Figure 21	Carte de l'Indice de la qualité du sol	67
Figure 22	Indice de sensibilité à la désertification	69
Figure 23	Carte du croisement des couches	70
Figure 24	Carte de l'indice de sensibilité à la désertification	71

Tableau 1	Précipitations moyennes mensuelles (mm) pour la zone d'étude (1990-2016)	11
Tableau 2	Les valeurs concernant les précipitations annuelles, durant la période (1990-2016)	12
Tableau 3	Moyenne des températures maximales et minimales en (°C) durant la période (1990-2016).	13
Tableau 4	Humidité moyennes mensuelles en (%) durant la période (1990-2016).	14
Tableau 5	Nombre de jour de gelée	15
Tableau 6	la vitesse de vent en (m/s) pendant la période (1990-2016).	15
Tableau 7	Evaporations moyennes mensuelles durant la période (1990-2016).	15
Tableau 8	Propriétés comparatives des modes vecteurs et rasters	28
Tableau 9	Caractéristiques des principaux systèmes satellitaires d'observation de la terre dans les bandes du visible et du proche infrarouge	39
Tableau 10	Score et classes portant indice de qualité du climat(IQC)	52
Tableau 11	Classe portant indice de qualité de la végétation	54
Tableau 12	Score du paramètre matériau parental du sol	55
Tableau 13	Score du paramètre profondeur du sol	56
Tableau 14	Score du paramètre texture du sol	57
Tableau 15	Score du paramètre pente du sol	57
Tableau 16	Classes portant indice de qualité du sol (IQS)	58
Tableau 17	Classes portant indice de sensibilité à la désertification	59
Tableau 18	Répartition des classes portant indice de qualité du climat(IQC)	61
Tableau 19	Répartition des classes portant indice de qualité de la végétation	63
Tableau 20	Répartition des classes portant indice de qualité du sol	66
Tableau 21	Répartition des classes portant l'indice de sensibilité à la désertification	69

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste d'abréviation

Liste des Tableaux, Figures

Introduction1

Chapitre I. Présentation de la zone d'études	
Introduction	4
Les critères de choix de la zone d'étude	4
I.1.Présentation de la région d'étude	4
I.2.Patrimoine forestier de la wilaya de Djelfa	7
I.3. Facteur abiotique	9
I.4. Facteur pédologique	9
I.4.1. Les sols calcimagnésiques carbonatés	9
I.4.2. Les sols halomorphes	10
I.4.3. Les sols hydromorphes sales	10
I.4.4. Les sols peu évolués d'apport alluvial	10
I.4.5. Les sols minéraux bruts d'apport éolien	10
I.5. Facteur climatique du milieu	10
I.5.1. Précipitation	11
I.5.2.Précipitations annuelles	12
I.5.3.Températures	13
I.5.4.Humidité relative	14
I.5.6. La Gelée	15
I.5.7.Les vents	15
I.5.8.L'évaporation	15
I.6.Synthèse climatiques	16
I.6.1.Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls	16
I.6.2.Diagramme pluviométrique d'EMBERGER	17
I.7. Facteurs biotiques de la région d'étude	19

I.7.1.La végétation	19
I.7.2. La faune	20
Conclusion	21
Chapitre II. Concepts Généraux sur Les Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection	
Introduction	23
II. 1. Les Systèmes d'information géographique : (SIG)	23
II. 1.1. Définitions	23
II.1.2. Principales composantes d'un SIG	25
II.1.2.1. Equipement	25
II.1.2.2. Logiciels	25
II.1.2.3. Ressources humaines et organisation	25
II.1.3. Les données dans un SIG	26
II.1.3.1. Données alphanumériques ou non graphiques	26
II.1.3.2. Données graphiques (géométriques)	26
II.1.3.2.1. Mode raster	26
II.1.3.2.2. Mode vectoriel	27
II.1.4. Analyse spatiale et manipulation	29
II.1.4.1. Manipulation des segments	29
II.1.4.2. Extraction des couches	29
II.1.4.3. Croisement des couches	29
II.1.4.4. Zone tampon (Buffering	30
II.1.5. SIG et application	30
II.2. Télédétection	31
II.2.1. Définition	31
II.2..2. Télédétection LIDAR	32
II.2.3. Apport de la TLD	33
II.2.4. Etapes du processus de la TLD	33
II.2.5. Spectre électromagnétique	34
II.2.6. Satellites d'observation de la Terre	36
II.2.6.1. Plate-forme	36
II.2.6.2. Composante du satellite	36
II.2.6.3. Capteur	37

II.2.6.4. Orbites des satellites	38
II.2.6.5. Satellites d'observation de la Terre	38
II.2.7. Traitements numériques des images satellitaires	40
II.2.7.1. Correction radiométriques	40
II.2.7.2. Correction géométriques	40
II.2.7.3. Rehaussement de l'image	41
II.2.7.4. Composition colorée	41
II.2.7.5. Classification de l'image satellitaire	42
II.2.7.6. Synthèse des néo-canaux	43
Conclusion	44
Chapitre III. Méthodologie du travail	
Introduction	46
III.1. Organisation générale du travail	46
III.1.2. Collecte des données et moyen logiciels	48
III.1.2.1. Collecte des données	48
III.1.2.2. Moyens logiciels	48
III.1.2.2.1. MapInf	48
III.1.2.2.2. ENVI 4.1(Environnement for visualisng Image)	49
III.1.3. Scannage des cartes	49
III.1.4. Le système de projection	49
III.1.5. Le calage	50
III.1.6. Vectorisation des données cartographiques	50
III.2. Etapes de spatialisation de la désertification	50
III.2.1. Création de la base de données et cartographie thématique	51
III.2.1.1.Détermination de la qualité de climat	51
III.2.1.2.Détermination de la qualité de végétation	52
III.2.1.2.1.choix de paramètres	52
a) Couverture végétale(CV)	53
b) Risque d'incendie(RI)	53
c) Résistance à la sécheresse (RS)	53
d) Protection contre l'érosion(PE)	53
III.2.1.2.2.Indice de qualité de la végétation	54
III.2.1.3.Détermination de la qualité de sol	54

III.2.1.3.1.Choix des paramètres	54
a) Les matériaux parentaux	55
b) Le profondeur du sol	56
c) La texture	56
d) La pente	57
III.2.1.3.2. Indice de qualité de sol(IQS)	58
III.2.2.Indice de la sensibilité à la désertification	58
Conclusion	59
Chapitre IV. Résultats et discussions	
Introduction	61
IV.1. Détermination des trios indices de qualité	61
IV.1.1.Indice de qualité du climat(IQC)	61
IV.1.2. Indice de qualité de la végétation(IQV)	63
IV.1.3.Indice de qualité du sol(IQS)	65
IV.2. Détermination de l'indice de sensibilité à la désertification	69
IV.2.1. Le croisement de trios couches par le SIG	69
Conclusion	71
Conclusion générale	73
Références bibliographiques)	76

Introduction générale

La désertification est considérée au plan écologique comme l'une des problématiques environnementales les plus préoccupantes du XXI^e siècle. Par désertification, on entend les mécanismes de la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches sous l'action de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines (NU, 1994)

Elle représente à la fois un problème d'environnement et un problème de développement. Ce phénomène affecte l'environnement local et le mode de vie des populations, mais ses effets ont du fait de nombreuses interactions des retentissements plus globaux au niveau de la biodiversité, des changements climatiques et des ressources en eau. Etroitement liée à l'activité humaine, la dégradation des terres constitue à la fois une des conséquences du mal-développement et une entrave majeure au développement durable des zones sèches.

Suite au Sommet de la TERRE de RIO en 1992, la communauté internationale s'est dotée d'un instrument juridique pouvant apporter une réponse globale forte à cette problématique. C'est ainsi que, en 1994, la Convention des Nations Unies de Lutte contre la désertification (CNULD) a été institutionnalisée.

En général, la dégradation débute par une altération de la végétation, une modification de la composition floristique, les espèces les plus utilisées ou les plus appréciées se raréfient et disparaissent. Ensuite ou parallèlement, le couvert végétal s'éclaircit et la production de biomasse diminue. Les capacités de reproduction et de régénération de la végétation se réduisent de plus en plus. Le sol, moins protégé par la couverture végétale est soumis à l'action mécanique des précipitations qui provoquent une modification des états de surface (MES,2005).

L'Algérie fait partie d'une région bioclimatique où les zones sèches constituent la majeure partie du territoire (littoral : 2 % ; steppe : 11% ; Sahara et oasis : 87 %). Cette situation induit une grande précarité de la productivité biologique variant au gré d'une grande variabilité interannuelle du climat (D.G.F, 2004). La zone steppique est actuellement très menacée par le phénomène de désertification.

Notre zone d'étude est située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord au-delà piémont sud de l'Atlas tellien fait partie d'un espace steppique pilote où l'activité pastorale constitue la base de l'organisation sociale et la principale ressource économique .face à la désorganisation du tissu social aux déverses pressions qui exercent sur cet écosystème

accélèrent la phénomène de désertification les terrains de parcours connaissent une dégradation intense qui menace sérieusement l'avenir de la région.

La présente étude pour un objectif s'intéresse à identifier la sensibilité à la désertification de cet écosystème par un indice de sensibilité à la désertification (ISD) obtenu à partir de la moyenne géométrique des indices de qualité du milieu selon le model MEDALUS (Méditerranéen Désertification and Land Use). Notre travail comporte une première partie ayant pour objet de présenter la zone d'étude, une seconde partie consiste à définir les paramètres de la télédétection et le système d'information géographique afin de déterminer la cartographie de la désertification par la méthode MEDALUS.

Chapitre I :

**Présentation de la zone
d'étude**

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

Introduction

Le climat, le sol, la végétation et la faune sont interdépendants et contribuent à former des écosystèmes existants dans un équilibre dynamique .Les facteurs d'ordre climatiques et édaphiques fixes la composition taxonomique, la structure et l'étendue de la biocénose (Duvignaud, 1980).

L'homogénéité apparente de l'écosystème steppique original cache une grande hétérogénéité dans le détail. Celle-ci est liée à la diversité des climats, à la topographie, à la nature et à la profondeur des soles et aux divers degrés de la pression humaine (Djoudi S, 2013)

Les critères de choix de la zone d'étude :

- Toute la protection des zones du nord du pays contre la désertification doit nécessairement commencer par la protection des régions steppiques et la wilaya de Djelfa, qui souffre de ce fléau eu égard à sa position géographique de l'immensité de sa steppe fait de la lutte une des priorités de ses actions de développement.

- Le pâturage ovin des parcours a longtemps été l'utilisation principale de ce type de steppe et quelle que soit la cause de la régression, la disparition d'une telle espèce risque d'avoir des conséquences dramatiques sur l'équilibre écologique de l'ensemble de l'écosystème.

-La wilaya de Djelfa se trouve sur le couloir des vents violents (sirocos) chauds et secs dont la durée peut varier de 20 à 30 jours par ans, qui accélèrent considérablement le processus.

I.1.Présentation de la région d'étude

La wilaya de DJELFA, par son immensité territoriale, occupe une place stratégique au cœur des hauts plateaux. Elle est, de ce fait, un passage inévitable entre le Nord et le Sud, et l'Ouest et l'Est. La wilaya de DJELFA malgré la diversité de ses panoramas, reste dominée par le biotope steppique qui couvre les trois quarts de son territoire (D.S.A, 2017).

Située dans la partie centrale de l'Algérie, au-delà des piémonts sud de l'Atlas Tellien en venant du Nord dont le chef lieu de Wilaya est à 300 Km au sud de la capitale et une centaine de kilomètres au Nord de la ville de LAGHOUAT. Elle est comprise entre 2° et 5° de

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

longitude Est et entre 33° et 35° de latitude Nord. Erigée au rang de Wilaya suite au découpage administratif de 1974. Actuellement elle se compose de 36 communes regroupées en 12 daïras. Sa surface totale est de 32.362 km² soit 1.36 % du pays.

Elle était administrativement rattachée :

-Avant 1830 : au Beylik du Titteri dont la capitale était Médéa.

-De 1830 à 1848 : à la province d'Alger.

-De 1848 à 1956 : au département d'Alger.

-De 1956 à 1974 : au département de Titteri. Elle est limitée :

Au Nord : par la wilaya de Médéa et Tissemsilt

A l'Est : par la wilaya de Biskra et M'sila

A l'ouest : par la wilaya de Tiaret et Laghouat

Au Sud : par la wilaya de Ghardaïa Ouargla et Laghouat.

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

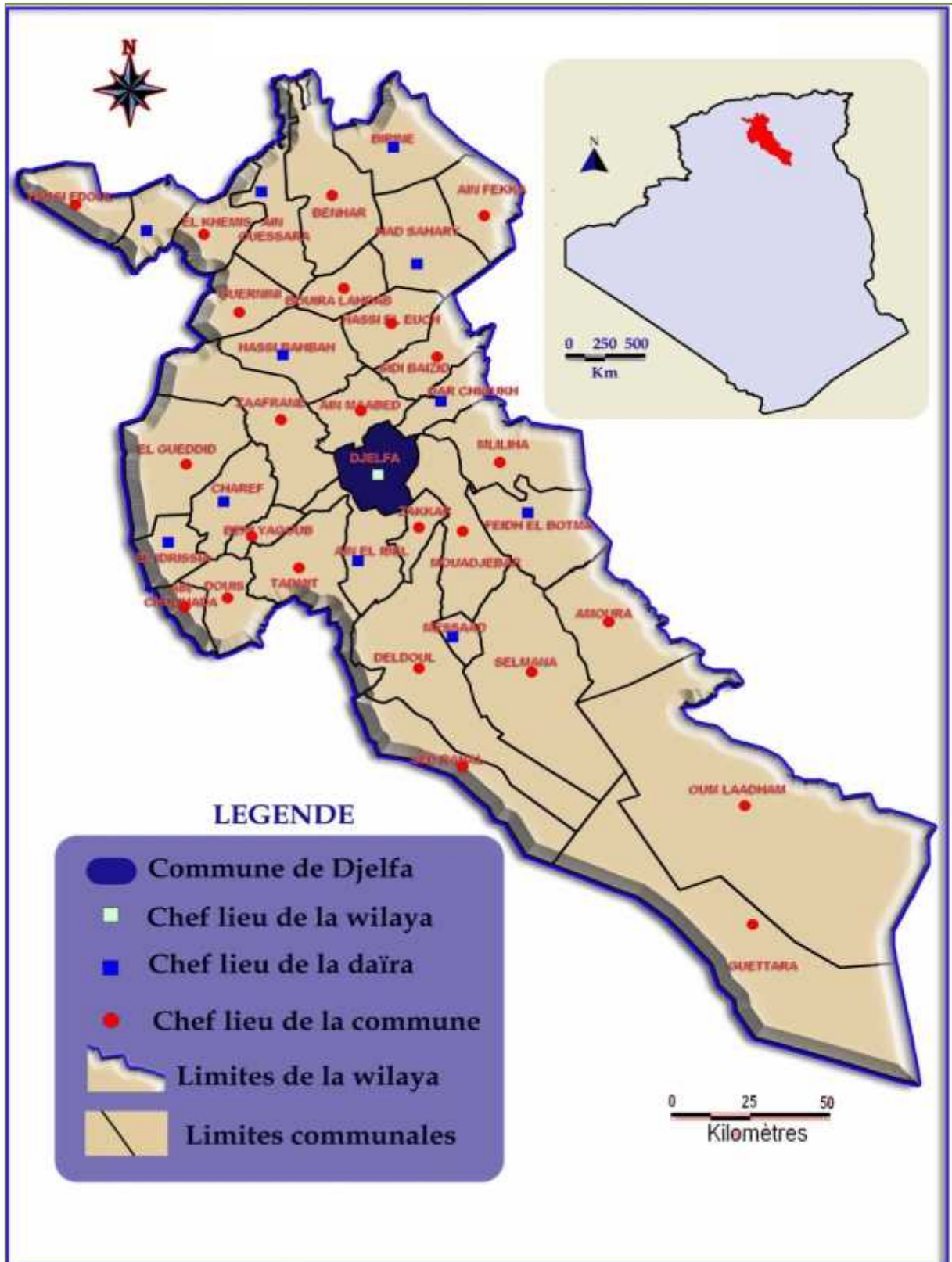


Figure 1 : Situation administrative de la wilaya de Djelfa (Source LAID K. 2007).

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

I.2.Patrimoine forestier de la wilaya deDjelfa

La wilaya de Djelfa est une des rares wilayat steppiques, possédant un patrimoine forestier assez important. Il constitue un rempart de lutte contre l'avancée du désert, et contribue dans l'équilibre écologique de la région, et dans la protection du milieu naturel.

Le patrimoine forestier de la wilaya, constitué principalement de Pin d'Alep, est estimé à 215.182 ha et ne représente que 6,67% de la superficie totale de la wilaya. Il se concentre dans la partie centrale du territoire de la wilaya, au niveau des Monts des OuledNaïl.

Le taux de boisement reste faible, relativement au vaste territoire de la wilaya, et ne peut assurer à ce stade, un vrai équilibre écologique dans la région, d'où des efforts considérables qui restent à déployer pour atteindre un taux d'équilibre valable (entre 12 % et 14%).

Le patrimoine forestier de la wilaya est constitué de :

- 152.753 ha entre forêts naturelles de Pin d'Alep et maquis (52.650ha).
- 62429 ha de reboisement réalisés depuis l'indépendance duPays.
- 350.000 ha de nappes alfatières, dont 50.000 ha jugés exploitables (en 1988). Ces nappes connaissent une très forte dégradation, sous l'effet de nombreux facteurs, le surpâturage, le défrichage et la sécheresse (C.F.DJELFA, 2017).

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

I.3. Facteur abiotique :

I.3.1. Situation géologique et géomorphologique

La région de Djelfa fait partie de la chaîne des monts de OuledsNails qui constituent la partie centrale de l'Atlas Saharien. L'orientation est Sud - Ouest et Nord- Est. Les formations rencontrées sont de plusieurs âges à savoir : le fin de jurassique, le crétacée, le tertiaire et le quaternaire. Ils sont limités au Nord par les hauts plateaux et au Sud par la plate forme saharienne (A.N.R.H, 1994).

L'altitude moyenne ne dépassant pas 1300 m. Le point culminant qui est de 1492 m se situe sur le Kef Haouas. Les seuls accidents du relief sont les lignes de crêtes de Kef Haouas et de Sénalba qui sont constituées essentiellement de calcaire dur affleurant. Part ailleurs, la topographie est peu marquée, la monotonie du relief est due à l'homogénéité lithologique calcaire- marneux. (B.N.E.F, 1983).

I.4. Facteur pédologique

Les sols en zone aride sont le résultat de l'action du climat, de la roche mère et de la topographie.(B.N.E.F, 1983).

La distribution des différents sols se fait en relation étroite avec la situation géomorphologique (POUGET, 1980), d'une façon générale les sols de la région de Djelfa sont squelettique fragile et pauvre en matière organique, ils représentent une faible stabilité structurale (pauvre en humus). Ce sont des sols peu profonds, souvent ils présentent une croûte calcaire et un taux de salinité remarquable (B.N.E.F, 1983).

L'existence des bons sols est très limitée. Ces derniers sont destinés aux cultures d'une manière générale, ils se localisent dans les dépressions, les lits d'oueds, les dayas et les piémonts de montagnes par le fait que leur situation permettent une accumulation d'eau et d'éléments fins (HALITIM, 1988).

D'après les travaux de POUGET (1980) et HALITIM (1988), sur la région de Djelfa on peut ressortir les classes de sol suivant:

I.4.1. Les sols calcimagnésiques carbonatés

Ce sont des sols bruns calcaires à croûte calcaire (POUGET, 1980).

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

I.4.2. Les sols halomorphes

D'après DJEBAILI (1984), les sols halomorphes ce sont des sols sodiques dont la conductivité électrique est importante et la texture sablo limoneuse. Ils sont localisés dans le Sebkhia et colonisée par une végétation halophile à base d'Atriplex.

I.4.3. Les sols hydromorphes sales

Ils occupent essentiellement les dépressions alluviales. Ils présents une texture sableuse à argileuse présentant un horizon carbonatée blanc induré (encroûtement gypseux).

La végétation qui occupe ces sols est à base gypso halophytes (POUGET, 1971).

I.4.4. Les sols peu évolués d'apport alluvial

Les apports alluviaux sont récents sur ces sols qui occupent les lits des oueds, les zones d'épandages et les dayas. Ces sols sont occupés soit par la céréaliculture ou par une végétation poste culturale (DJEBAILI, 1984).

I.4.5. Les sols minéraux bruts d'apport éolien

Granulométriquement caractérisée par une faible fraction fine. La matière organique est insignifiante ainsi que la teneur en calcaire reste faible. Ils sont occupés par une végétation psammophyte (TRAYSSAC, 1980).

I.5. Facteur climatique du milieu

On peut distinguer parmi les facteurs climatiques un ensemble de facteurs énergétiques constitués par la lumière et la température, de facteur hydrologique comme les précipitations et les humidités de l'air et les facteurs mécaniques avec le vent et les l'enneigement (RAMADE, 1984).

D'après FAURIE et *al* (1980), le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants. La zone de Djelfa se distingue par un climat semi-aride caractérisé par deux saisons, un hiver frais et un été chaud. Le travail a été réalisé, en s'appuyant sur données météorologiques enregistrées au niveau de station météorologique de Djelfa, durant la période (1990-2016), dont les caractéristiques sont suivantes :

Station : Office National de Météorologie

Latitude : 34° 20' Nord

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

Longitude : 3° 23' Est

Altitude : 1180,5 mètres

I.5.1. Précipitation

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale pour la répartition des groupements végétaux ainsi que son fonctionnement. SELTZER (1946) montre que la répartition des pluies en Algérie suit trois lois :

- La hauteur de la pluie augmente avec l'altitude ;
- Le niveau des précipitations s'élève de l'Ouest vers l'Est ;
- L'importance des pluies se réduit au fur et à mesure qu'on s'éloigne du littoral.

Tableau 1 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) pour la zone d'étude (1990-2016)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P(mm)	36.98	32.27	31.64	33.65	35.80	19.64	10.22	22.25	38.56	31.84	23.42	29.0

Source : (O.N.M. DJELFA, 2017)

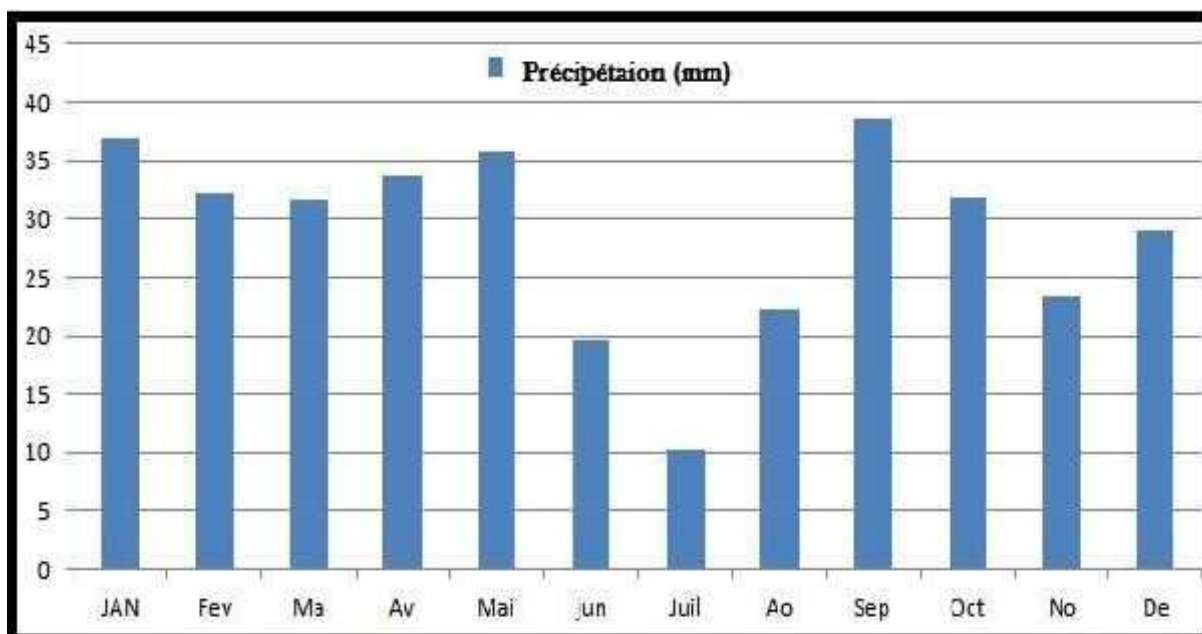


Figure 3 : Précipitations moyennes mensuelles (1990-2016)

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

A partir de l'analyse des histogrammes de la figure n°06, on remarque que le mois plus pluvieux est Septembre avec de 38.56mm, et le mois le plus sec est juillet avec 10.22mm.

D'après les données de la station de la forêt (tableau 02), sur une période de 26 ans, La quantité moyenne annuelle de précipitations est de 345.35.

I.5.2.Précipitations annuelles

Tableau 2 : Les valeurs concernant les précipitations annuelles, durant la période (1990-2016)

Année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
P(mm)	447.4	451.5	380	290,8	371	281,1	438,8
Année	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
P(mm)	391	177	295,6	152,2	238,9	212,8	295,3
Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
P(mm)	376	248,8	288	297.4	337,3	387,9	311,2
Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
P(mm)	328,6	236	239,2	280,22	277,9	190.2	

Source : O.N.M de Djelfa, 2017

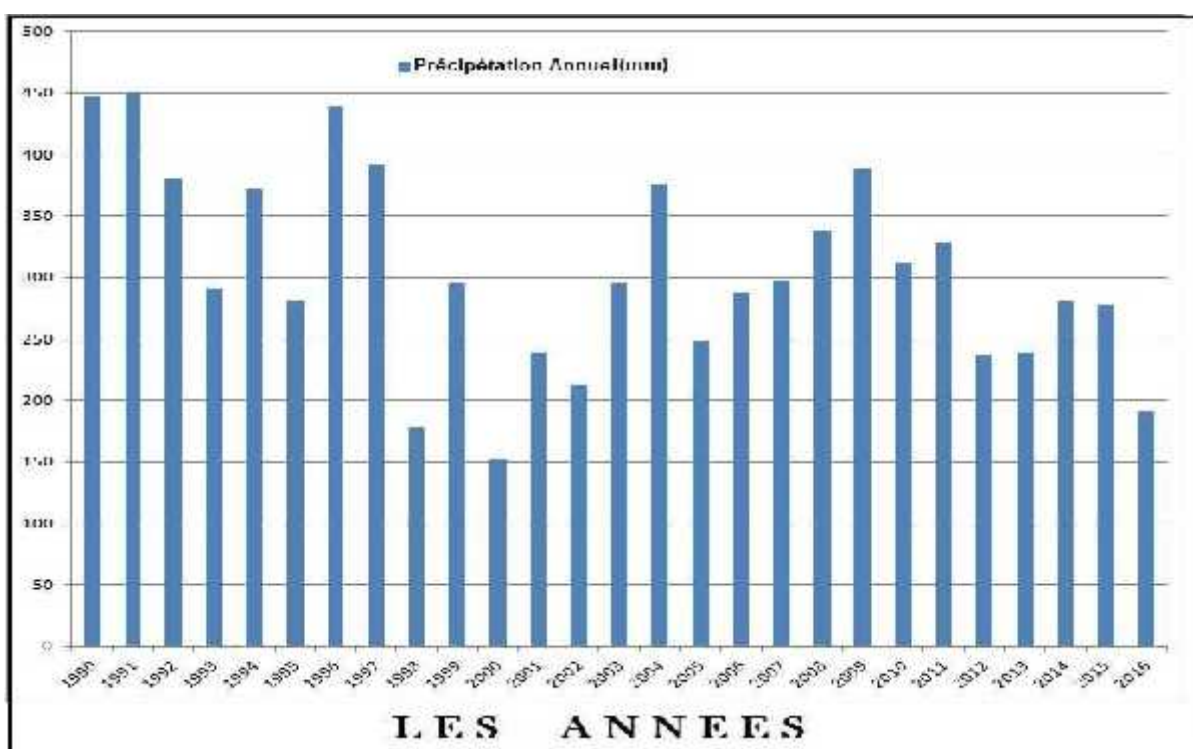


Figure 4 : Variation des pluies annuelles durant la période (1990-2016)

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

L'analyse des variations de précipitations annuelles au cours de la période (1990-2016) montre que l'année la plus pluvieuse est 1991 avec de valeur de 451.5 mm, par contre l'année la plus sèche 2000 avec une valeur de 152.2 mm.

I.5.3.Températures

La température est considérée comme étant le facteur le plus important agissant sur la répartition géographique de la flore et de la faune ainsi que sur leurs comportements. Elle conditionne de ce fait les différentes activités de la totalité des espèces et des communautés vivant dans la biosphère. La variation de la température agissant aussi sur le comportement des différentes espèces d'invertébrés et de vertébrés. (RAMADE, 1984)

L'étude des données sur la température à savoir la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (M), et la moyenne des températures minimales des mois les plus froid (m), donne une idée sur le climat de la région qui résume dans le tableau3:

Tableau 3 : Moyenne des températures maximales et minimales en (°C) durant la période (1990-2016).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
M (°c)	-0.5	0.75	2.66	5.4	10.07	14.55	17.84	17.44	13.64	9.27	4.07	1.24
m (°c)	8.73	10.6	14.0	17.	23.08	29.08	33	32.26	26.34	20.2	18.9	13.6
(M+m)/2	4.11	5.69	8.36	11.	16.57	21.81	25.42	24.85	19.99	14.7	11.5	7.44

Source : O.N.M.Djelfa, 2017

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

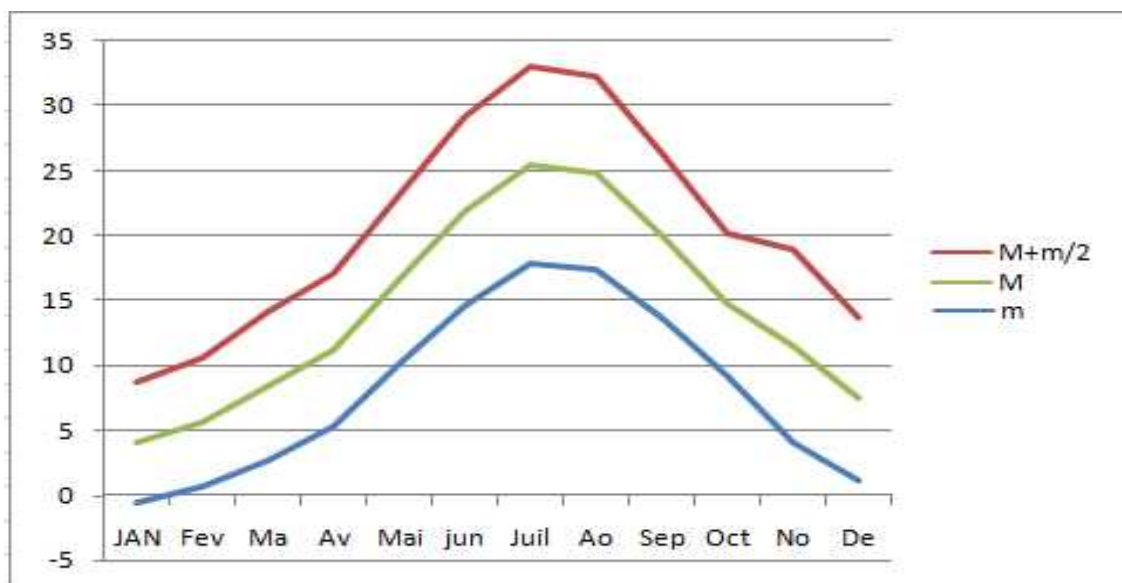


Figure 5: Courbes de variation des températures maximales et minimales mensuelles en(c°) pendant la période (1990-2016)

L'analyse de ses paramètres montre que le mois le plus chaud est juillet avec une température de 33 °C. Tandis que le mois le plus froid est Janvier avec une valeur de (- 0,5 °C). Les valeurs moyennes des minimas correspondent pratiquement à la limite biologique du pin d'Alep qui peut supporter des températures allant jusqu'à (-15°C) (NAHAL, 1962).

I.5.4.Humidité relative

L'humidité est un élément important pour la physiologie animale et végétale. L'évaluation moyenne mensuelle de l'humidité est mentionnée dans le tableau ci dessous :

Tableau 4: Humidité moyennes mensuelles en (%) durant la période (1990-2016)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidité (%)	74.78	70.3	63.82	57.58	51.51	41.71	34.54	38.36	52.65	62.3	71.79	77.96

Source : O.N.M.Djelfa, 2017

L'humidité relative moyenne annuelle est de 58,10% à la zone d'étude, l'humidité relative est plus élevée en hiver avec une valeur maximale enregistrée au mois de Décembre 77.69.En été, cette humidité atteint la valeur la plus minimale au mois Juillet (34.45%).

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

I.5.6. La Gelée

La gelée joue un rôle dans la désarticulation des cônes dans la germination des graines (par la levée de la dormance).

Tableau 5 : Nombre de jour de gelée

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
N jrs de gelée	11.22	10.11	4.11	1.18	0	0	0	0	0	0	4.11	9.48

Source : O.N.M.Djelfa, 2017

Le tableau ci-dessus montre que les gelées sont enregistrées pendant une période de 6 mois De Novembre à avril, avec un maximum de 11.22 jours en moyenne au mois de janvier.

I.5.7.Les vents

Le vent prend parfois des ampleurs impressionnantes est crée dans les forêts des phénomènes catastrophiques réunis sous le nom de chablis.

Tableau 6 : la vitesse de vent en (m/s) pendant la période (1990-2016).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Vents m/s	4.09	4.19	4.44	4.58	4.29	3.7	3.97	3.17	3.27	3.48	3.77	4.45

Source : O.N.M.Djelfa, 2017

Le tableau montre que la vitesse minimale est 3,17 m/s au mois d'aout, et la vitesse maximale de vent est 4,58 m/s au mois d'avril.

I.5.8.L'évaporation

Tableau n°07: Evaporations moyennes mensuelles durant la période (1990-2016).

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
EVP (mm)	47.48	60.52	92.49	113.41	152.64	203.18	254.84	235.32	156	105.41	63.22	44.32

Source : O.N.M.Djelfa, 2017

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

A partir de l'analyse de ce tableau, montre que l'évaporation maximale en juillet avec une valeur 254.84mm, son minimum est enregistré au mois de décembre avec 44.32mm

I.6.Synthèse climatiques

I.6.1.Diagramme ombrothermique de Gausсен et Bagnouls

Pour Gausсен, la sécheresse s'établit si le quotient de la précipitation mensuelle (p) exprimé en mm est égal à 2 la température, pour un mois donne ($P=2T$). La représentation sur un même graphique des températures et précipitations en ordonnées avec $P= 2T$ et en abscisse les mois, permet d'obtenir le diagramme ombrothermique qui mettent immédiatement en évidence les périodes sèches et les périodes pluvieuses (GERARD ,1999).

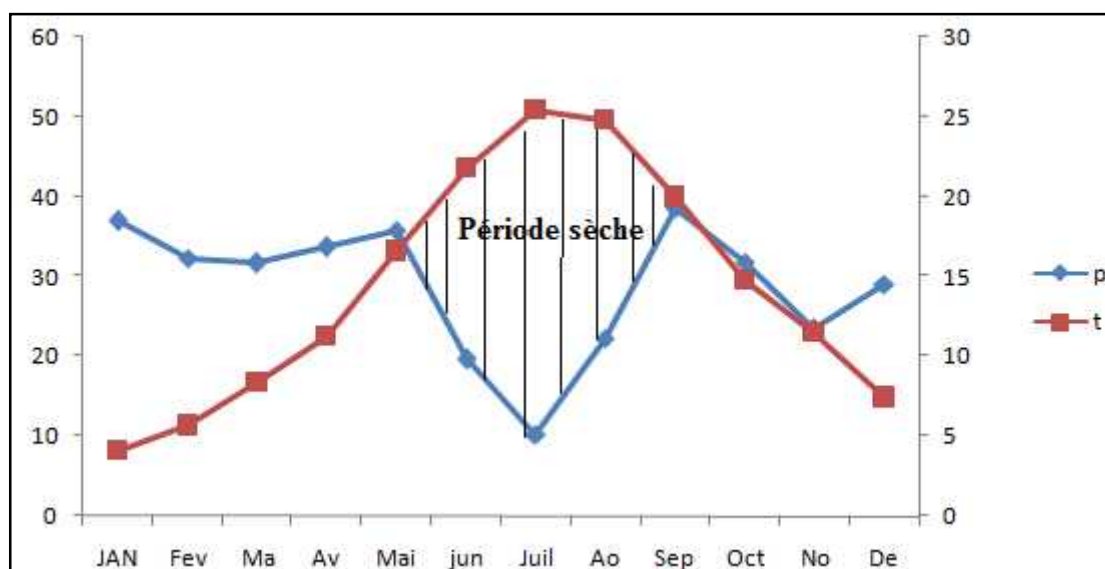


Figure 6 : Diagramme ombrothermique de Gausсен (1990-2016).

Le climat est caractérisé par deux périodes :

- Une saison pluvieuse et froide s'étalant du début du mois d'octobre jusqu'à la fin du mois de mai.
- Une saison sèche et chaude qui s'étale du début du mois de juin jusqu'à la fin de mois de septembre et qui dure quatre moi

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

I.6.2.Diagramme pluviométrique d'EMBERGER

La formule d'EMBERGER permet de calculer le quotient pluviométrique annuel en tenant compte des précipitations et de la température (EMBERGER, 1952). Cette formule s'écrit comme suit : $Q_2 = 3,43 \times P / (M-m)$

Q₂ : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

P : Pluviosité moyenne annuelle exprimée en mm

M : température maximale du mois le plus chaud en °C. m : température minimale du mois le plus froid en °C.

Pour notre zone d'étude, les constantes sont : P = 304.52 mm. M = 33 °C. m = -0.5 °C

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

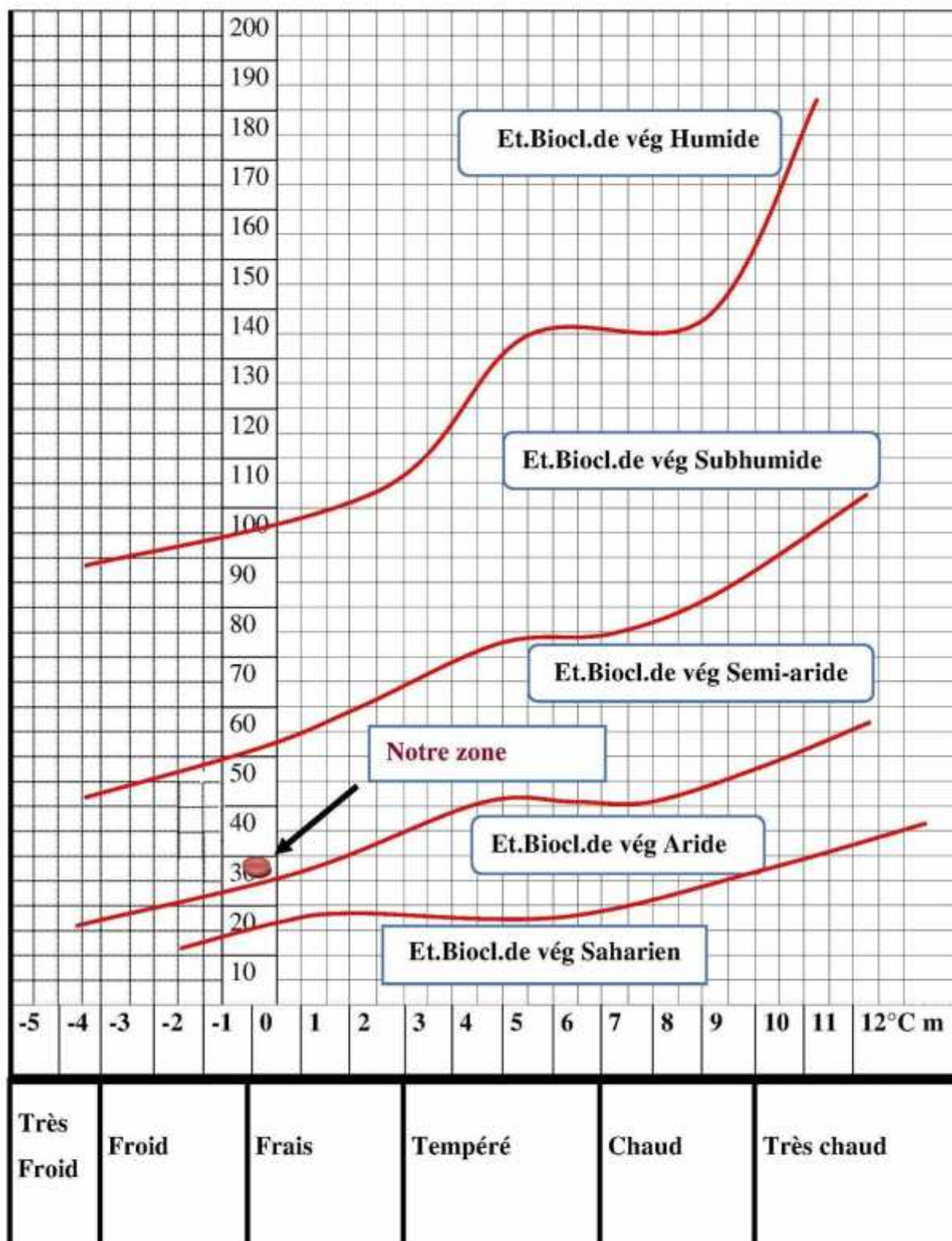


Figure 7 : Diagramme d'EMBERGER.

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

Le Q2 de la zone d'étude est égale à 35.36 correspondant à l'étage bioclimatique Semi-aride à hiver frais..

I.7. Facteurs biotiques de la région d'étude

Cette partie représente les facteurs biotiques qui sont la végétation et la faune de la région d'étude.

I.7.1.La végétation

En Afrique septentrionale, il existe des écosystèmes steppiques faisant la transition entre la zone euméditerranéenne et les biomes désertiques qui la jouxent. Au cours des derniers millénaires, l'action conjuguée de la hache, du feu et du pâturage, a provoqué la transformation des forêts à des formations végétales dégradées constituées par des arbustes et buissons de nature pyrophytique(RAMADE, 1997).

La wilaya de Djelfa comprend quatre (04) types d'occupation des terres avec un total de 3228036 ha reparties comme suit :

-Agriculture : 378,665ha (11,73%)

-Parcours 2135401 ha (66,15%)

-Alfa 255238 ha (7,90%)

-Forêt 91527ha (5,93%)

-Terres improductives : 167205ha (5,17%)

Aperçu sur les formations steppiques :

Les formations steppiques sont basses et très ouvertes à base de graminées et à base de chamaephytes,(Yousef, 1997), on distingue :

Les steppes graminées :

-A base d'alfa (stipa tenacissima) ;

-A base de sparte(lygeumspartum) ;

-A base Aristida(Aristidapungens)

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

Les steppes chameaphytes :

- A base de « chih »(*Artemisia herba alba*)
- A base de « d'gouft »(*Artemisiacampestris*)
- A base « zefzef »(*Halianthemumvirgatum*)
- A base de « choubroug »(*Noreamuacrona*)
- A base de « sar »(*Atractylisrataloides*)

La foret occupe les chaines de montagnes du Sénalba,du Djebel Azreg et du Djebel Boukahil.Lesforets sont claires et aérées par manque de sous bois conséquent et l'inexistence de maquis. Les principales essences forestieres sont le Pin d'Alep, le chêne vert et le genévrier de phénicie (arar).

I.7.2. La faune

La faune de la région de Djelfa est constituée par plusieurs espèces, on compte parmi les espèces sédentaires les plus répandues :

La perdrix gambra (*Alectorisbarbara*), le lièvre (*Lepuscapensis*) et le sanglier (*Sus scrofa*). Parmi les espèces migratrices :

La caille des blés (*Coturincoturinx*), le pigeon ramier (*Columbapalumbus*), la tourterelle des bois (*Streptopeliaturtur*).

Et parmi les prédateurs :

Le chacal (*Canis aureus*), le renard (*Vulpes vulpes*), le chat sauvage (*Felislibyca*) et d'espèces menacées telles que la gazelle de cuvier (*Gazellacuvieri*) et la genette (*Genetageneta*) (R.C.D, 2002).

Chikhi (1989) à signaler l'existence de plusieurs types qui appartiennent à la classe des insectes dans la région de Djelfa dont on cite:

- Orthoptères par exemple :*Schistocera**gregaria* ,*Dociostaurus**jagoijagoi*,...
- Coléoptères.
- Diptères.

Chapitre I :Présentation de la zone d'étude

Selon Dellouli (2006) il existe dans la région d'autres classe appartiennent aux Arthropodes parmi lesquelles :

-classe des Arachnidés comprend trois ordres :Scorpion,opilion, isopodes.

-classe des Myriapodes comprennent les ordres siuvants :Dipodes,chilopodes,araignées.

Conclusion

La région de Djelfa est considérée, à juste titre, comme un écosystème fragilisé, exposé au phénomène de la désertification. Les températures et la sécheresse empêchent les végétaux de se développer, le sol, aride, ne retient plus les eaux quand elles sont disponibles. L'activité humaine (surexploitation agricole, artificialisation des sols, déforestation contribue à ce phénomène en détruisant les milieux. De fait la biodiversité diminue localement,ce qui accélère encore la désertification.

Chapitre II :

Systemes d'Information

Géographique et la

Téledétection

Introduction

La possibilité pour les chercheurs d'utiliser les moyens d'observation aériens puis satellitaires a constitué une révolution méthodologique majeure. Cette prise de hauteur dans les observations a conduit à une nouvelle approche des territoires, en offrant une vision globale de l'espace et en permettant d'y découvrir la distribution des éléments constitutifs. Cet outil, la télédétection s'est amélioré continuellement en qualité précision. En outre, l'acquisition d'information pouvant désormais s'opérer de façon répétitive et à moindre coût dans le temps. Parallèlement au développement de la technologie de collecte de l'information, le traitement de l'information a aussi connu un développement méthodologique important lié aux progrès de l'informatique, et permis de rendre les informations analysables, non seulement par les scientifiques mais aussi par les usagers et les décideurs.

.1.Système d'information géographique (SIG)

La révolution introduite par le développement des moyens de saisie et de traitement numérique des informations rend possible une caractérisation de plus en plus fine de la réalité géographique que l'on cherche à modéliser. Avec ces moyens est apparu le besoin de numériser l'information géographique et d'en confier la gestion à l'ordinateur. Ainsi sont nés les systèmes d'information géographique (SIG), en sachant que les premiers SIG opérationnels sont apparus dans les années 1960 au Canada et aux Etats unis. Le pionnier, est indiscutablement le canadien «Géographic Information Système en 1964», qui rassemble des informations relatives à l'usage du sol et des données concernent l'environnement, sur une grande partie du territoire canadien, le New York » land use Information Système en 1967 », et le Minnesota » land Management Système en 1969 ». Depuis cette époque les coûts et les difficultés techniques ont considérablement diminué.

Le champ des applications des SIG est nombreux et diversifié (aménagement, urbanisme, environnement, transport, etc....).

I.1.1.Définition

Avant de définir le SIG, donnons la définition de quelques termes qui sont en relation directe avec les SIG :

➤ **Système** : est un ensemble organisé globalement et comprenant des éléments qui se coordonnent pour concourir à une information.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

- **Information** : est un "élément de connaissance susceptible d'être codé pour être conservé, traité ou communiqué".
- **Géographique** : est "relatif à la géographie ayant pour objet la description de la surface de la terre".
- **Information géographique** : est un ensemble reliant une information de type sémantique (relative à un objet ou à un phénomène du monde terrestre). C'est donc la représentation d'un objet ou d'un phénomène géographique localisé dans l'espace. (CONDOM T., 2006).

Système d'information géographique:

Selon la société française de photogrammétrie et de télédétection, 1989 un Système d'Information Géographique (S.I.G.) est "un système informatique qui permet à partir de diverses sources, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace".

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, où le pixel de différentes valeurs.

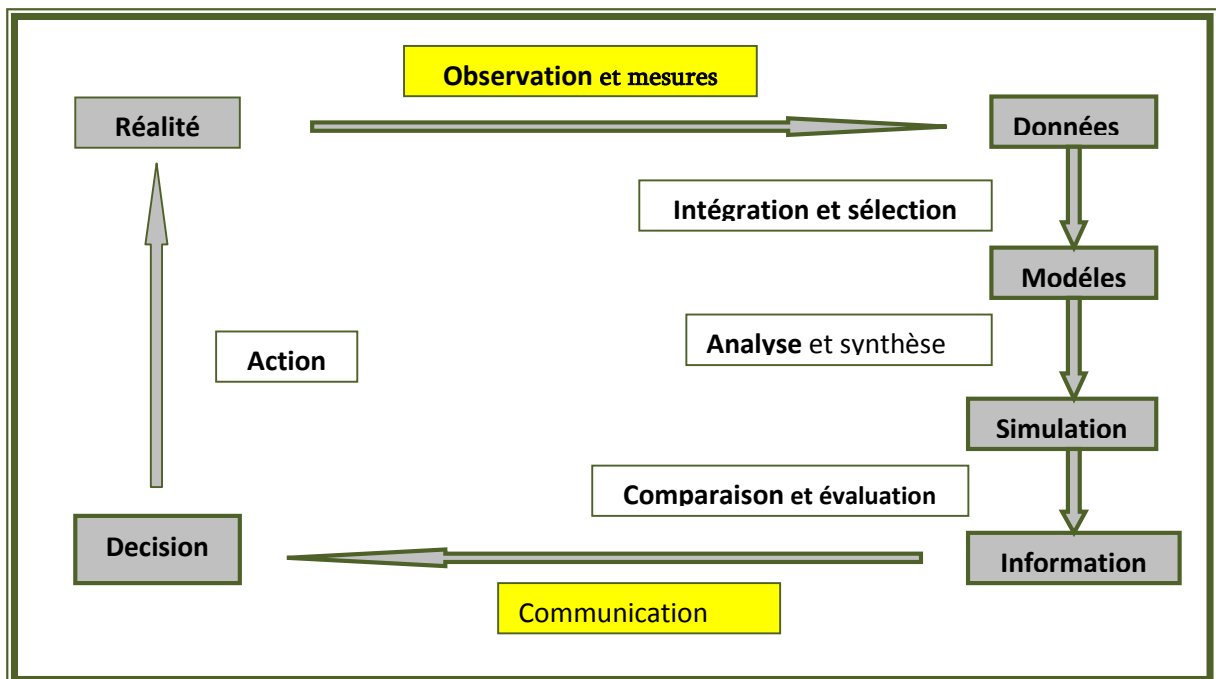


Figure 8 : SIG et monde réel THERIAULT M., 1997).

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

.1.2.Principales composantes d'un SIG

Les systèmes d'information géographique sont composés de trois (03) éléments :

L'équipement, les logiciels et la composante humaine (personnel et organisation) qui font fonctionner les systèmes.

.1.2.1.Equipement

C'est un système informatique sur lequel fonctionne un SIG et diffuse ses résultats ; c'est à dire n'importe quel système de gestion automatisé de base de données, un ordinateur central, plusieurs unités de disques pour enregistrer des données et des programmes, un système de bandes magnétiques pour sauvegarder des données, des unités de visualisation de graphique en couleur, et autres éléments périphériques communs aux ordinateurs.

.1.2.2.Logiciels

Tous les logiciels du SIG assurent les 5 fonctionnalités suivantes :

- Acquisition (Saisie des informations géographique sous forme numérique).
- Archivage (Gestion de base de données).
- Accès (consultation des données).
- Analyse (Manipulation et interrogation des données géographique).
- Affichage (Mise en forme et visualisation).

Dans la panoplie des logiciels SIG on cite les plus fameux : Mapinfo, Arcgis, Qgis.

.1.2.3.Ressources humaines et organisation

Le SIG ne doit pas être perçu comme un "outil miracle" par le gestionnaire de ressources. La quantité des données qu'il produit sera à la hauteur de la qualité des données sources et de leur pertinence vis-à-vis de la problématique posée. Le résultat sera donc à l'image de la maîtrise des outils et concepts des SIG et de leur bonne application dans un cadre thématique donné.

La collecte de données et la création de nouvelles bases des données géoréférencées, exigent des niveaux de compétence pointus, une formation adaptée des personnels chargés de

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

cette collecte et de la saisie, et un contrôle de qualité à toutes les étapes. En d'autres termes, outre la qualité du matériel et des logiciels acquis, l'utilisation pertinente d'un SIG requiert un effort en matière de formation, de planification, d'organisation et de suivi afin d'assurer une bonne qualité et l'intégrité du produit final.

.1.3. Les données dans un SIG

Les données constituent le socle sur lequel s'appuient les SIG. Elles doivent être structurées, organisées, et gérées convenablement pour pouvoir en tirer les informations utiles à la décision.

Elles sont de deux types : alphanumériques et graphiques.

.1.3.1. Données alphanumériques ou non graphique

Chaque élément de l'espace reçoit un code d'identification qui peut être numérique ou littéral. Ce code constitue en quelque sorte une étiquette caractérisant le point, la ligne ou le polygone donc il s'agit de données permettant l'identification des objets tel que le nom d'un site, noms de propriétaires fonciers, nature des équipements publics d'une commune, etc (données qualitatives), et les statistiques démographiques ou économiques, etc (données quantitatives ou numériques), ces données sont stockées sous forme de nombres et ou de chaînes de caractères et sont directement injectées dans le système.

.1.3.2. Données graphiques (géométriques)

Il s'agit d'une représentation graphique des objets spatiaux (un point pour représenter un site, une ligne pour un tronçon routier, une aire pour une commune).

Ce type de données demande des manipulations plus ou moins complexes pour être injecté. Ces données sont souvent représentées en mode raster ou en mode vectoriel.

.1.3.2.1. Mode raster

Une image en mode raster est une matrice divisée en lignes et en colonnes formant ainsi une grille, chaque carré (ou rectangle) élémentaire de la grille constitue un pixel, donc l'entité spatiale de base est la cellule (pixel), de forme régulière et de maille dépendant de la résolution. Des entités complexes peuvent être construites et l'on peut définir une classe (cellules de même valeur) et une région (cellules contiguës appartenant à une même classe),

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

chaque cellule est associée à une valeur stockée dans un fichier indépendant et constituant l'attribut thématique de cette cellule.

Les images satellitaires sont des images raster ; l'obtention d'une image matricielle s'effectue par scannérisation, c'est-à-dire par balayage optique d'une scène ou une image analogique.

.1.3.2.2.Mode vectoriel

Dans ce mode, les entités spatiales sont définies individuellement de manière explicite. Un point est repéré par ses coordonnées X et Y, une ligne est formée par un ensemble de points et un polygone par un ensemble de lignes.

Des entités complexes peuvent être définies en combinant ces trois entités de base, une couche d'information représente des objets qu'on souhaite représenter simultanément :

Point géodésique, réseau routier, réseau hydrographique, commune, unité géologique, etc... Les attributions sont stockées dans des tables de données.

Les objets spatiaux sont décrits par :

- Leur position.
- Leur relation spatiale avec d'autres objets.
- Leur attribut (caractères non spatiaux).

Ce mode donne une représentation plus conforme au mode réel la localisation des objets, leurs dimensions, et les distances sont calculées avec précision. La technique d'élaboration d'une image se fait par digitalisation ou vécotorisation.

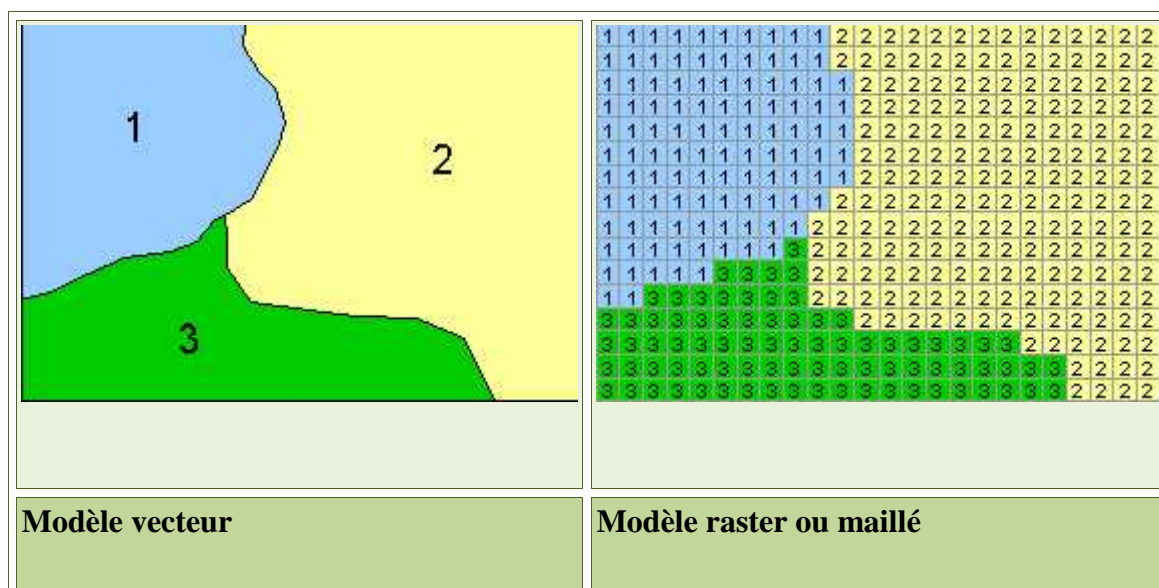


Figure 9 : Modèles raster et vecteur.

Tableau 8: Propriétés comparatives des modes vecteurs et rasters

	Avantages	Inconvénients
Mode raster	<ul style="list-style-type: none"> -Structure des données simples. -Bonne représentation des réalités continues. -Superposition et combinaison des données aisées. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiert beaucoup de mémoire pour des bases de données contenant beaucoup d'attributs. -Faible qualité d'affichage et d'impression. -Position et forme des objets peu précises (dépend de la résolution)
Mode vecteur	<ul style="list-style-type: none"> -Beaucoup moins de mémoire requise. -Possibilité de représenter la carte dans sa résolution initiale. -Possibilité de représentation d'attributs multiples. -Excellente qualité d'affichage et d'impression. 	<ul style="list-style-type: none"> -Structure des données complexe. -combinaison, superposition difficile à réaliser car chaque pixel est différent. -peu adapté à la représentation de réalités continues.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

II.1.4. Analyse spatiale et manipulation

La principale spécificité d'un SIG, est la gamme de possibilités de manipulation et d'analyse des données spatiales, parmi ces possibilités on peut citer :

II.1.4.1. Manipulation des segments

- a) **Généralisation**: consiste à supprimer, diminuer le nombre de points (nœuds) formant une ligne.
- b) **Densification** : consiste à ajout, augmenter le nombre de points sans changer leur forme.
- c) **Lissage** : permet d'adoucir la sinuosité des segments.

II.1.4.2. Extraction et agrégation

- a) **l'extraction** : est la création des nouveaux objets à partir des objets initiaux répondant à un critère donné.
- b) **l'agrégation** : permet d'agréger des valeurs et / ou des objets à partir de la fusion des polygones ou lignes ayant une propriété commune.

II.1.4.3. Croisement des couches

L'information est stockée et gérée dans une base de données géographiques, qui combine des données géométriques (localisation et forme) et thématiques. Chaque thème d'information est représenté par une couche, ensemble d'objets élémentaires de même nature. Une couche associe la représentation cartographique des objets spatiaux et la table d'information statistique qui leur est associée. Les SIG permettent de croiser les informations contenues dans la base de données de différentes façons. La superposition de différentes couches d'information : elle permet de mettre en relation des informations issues de sources variées et a priori incompatibles (recensement, image satellitaire, relevés de terrain etc.) et de nature différente (réseau routier, parcellaire, bâti etc.).

L'intersection, l'inclusion, l'union, qui permet de délimiter des ensembles spatiaux correspondant à certains critères. Ces opérations donnent lieu à la création de nouvelles informations géométriques.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

II.1.4.4.Zone tampon (Buffering)

Un tampon (ou buffer) est une zone qui est construite par le SIG autour de la Géométrie d'un objet ; quel que soit son type (point, polyligne, polygone), à partir d'une indication de distance à l'objet. Ainsi un tampon autour d'un point sera l'ensemble des points situés à " une certaine distance " de ce point. Cela Constituera un cercle.

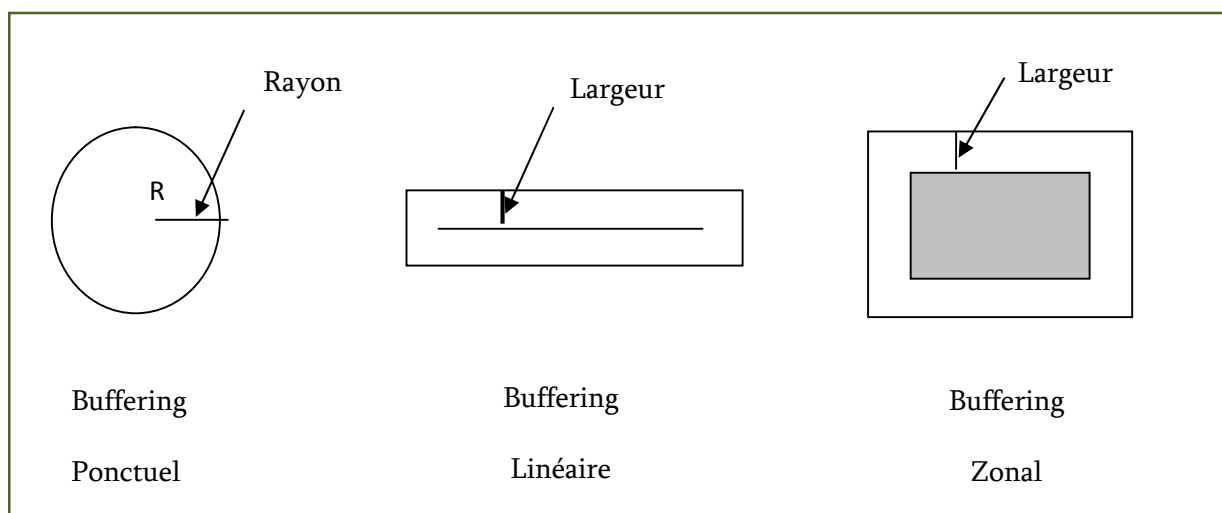


Figure 10 : Types de Buffering.

II.1.5.SIG et application

Les domaines d'application des SIG sont multiples et variés.

Parmi lesquels on peut citer :

➤ **Ressources Naturelles**

Protection des zones humides, modélisation des eaux souterraines et dépistage des contaminants, études des habitats fauniques et des migrations.

➤ **Ressources urbaines**

Localisation à partir des adresses civiques, planification des transports, développement de plan d'évacuation, sélection des sites, planification et distribution des flux de véhicules, localisation des accidents, sélection d'itinéraires, etc.

➤ **Administration multiple**

Gestion du cadastre, zonage, évaluation foncière, gestion la qualité des eaux, entretien des infrastructures, études d'impact environnementale, schémas d'aménagement, etc.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

➤ Gestion des installations

Localisation des câbles et tuyaux souterraine, rééquilibrage des réseaux électriques, planification et entretien des installations, localisation des dépenses énergétiques, etc.

➤ Commerce

Analyse de la structure de marchés, planification de développement et ciblage des clientèles visées, analyse de la concurrence et des tendances des marchés, etc.

➤ Santé

Epidémiologie, répartition et évolution des maladies et des décès, distribution des services sociaux sanitaires, plans d'urgence, etc.

➤ Protection de l'environnement

Etude des changements globaux, suivis des changements climatiques, biologiques, morphologiques, océaniques, etc.

II.2. Télédétection

La connaissance détaillée dispose d'une sorte d'inventaire des phénomènes, analysés dans leurs aspects statistiques et dynamiques de changement dans le temps. Cet inventaire doit reposer sur des données objectives, homogènes et récentes pour être fiables, quelle que soit l'échelle du territoire concerné. Pour réaliser cette analyse des phénomènes, il faut une description détaillée que l'on ne peut obtenir que par la photographie aérienne et l'Enregistrement provenant du satellite qui sont tous les deux des documents pris de loin et tous les deux rentrent dans la notion de télédétection (TLD).

II.2.1. Définition

La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir des informations sur la surface de la terre sans rentrer en contact direct avec celle-ci. Le principe de la télédétection est basé sur la capture et l'enregistrement de l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, le traitement et l'analyse de l'information et la mise en application de cette information (CCT, 2002). Il existe essentiellement deux (2) formes de télédétection :

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

La télédétection active : elle utilise des capteurs actifs qui sont à la fois émetteurs et récepteurs (les radars, le LIDAR etc.)

La télédétection passive : elle utilise des capteurs passifs qui sont uniquement des récepteurs (radiomètres, caméras, spectroradiomètres, etc.), la source d'énergie est le plus souvent le soleil.

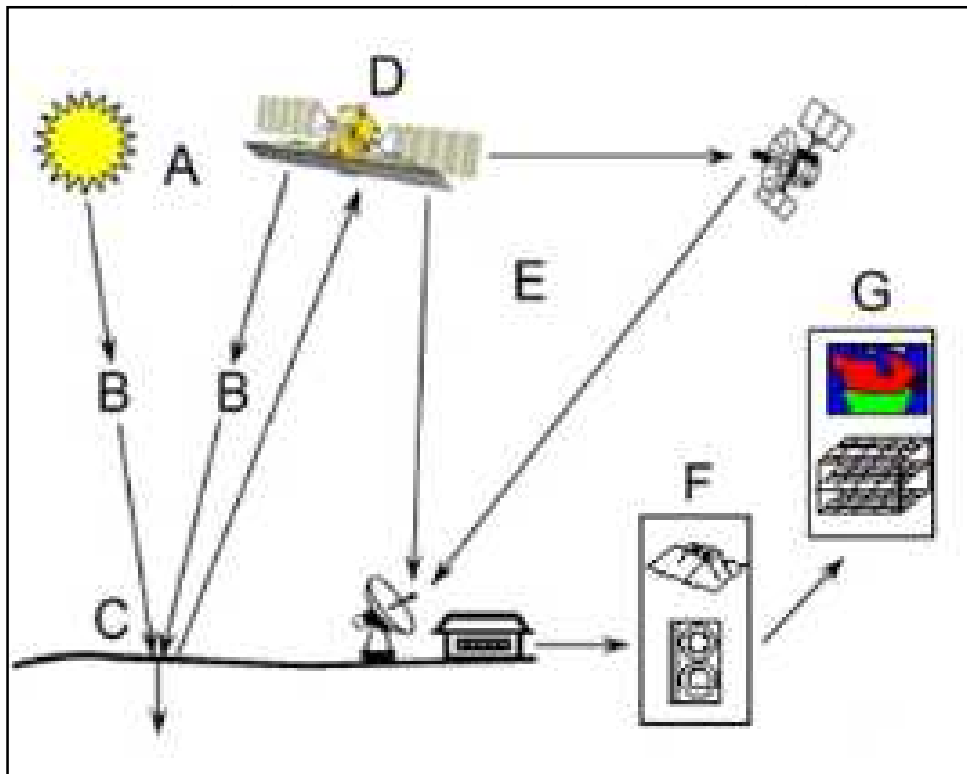


Figure 11: Schéma du processus de capture et d'enregistrement des informations en télédétection (CCT, 2007)

II.2.2. Télédétection LIDAR

La technologie LIDAR consiste à collecter des mesures de distance à un objet à l'aide d'un télémètre laser dont le faisceau lumineux est balayé à la surface de la terre par un miroir oscillant. La distance aux objets touchés par le faisceau laser du télémètre est calculée à partir de la différence de temps entre le moment où l'impulsion laser est émise et le moment où le retour de ce même signal réfléchi par l'objet touché est enregistré par le capteur. La répétition des mesures à une fréquence très élevée permet d'obtenir une description précise des objets sous la forme d'un nuage de points renseignés par des coordonnées x, y et z, dans la mesure où on connaît par ailleurs la position exacte de la source émettrice : les systèmes LIDAR sont en effet associés au système de géolocalisation par satellite *Global Positioning System* (GPS) et à une unité de mesure inertielle (IMU). Cette unité de mesure inertielle enregistre

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

l'accélération et tous les mouvements du système aéroporté permettant de définir un positionnement relatif très précis, pour corriger les relevés de position absolue (GPS). La très haute fréquence des impulsions du système laser assure l'acquisition d'une forte densité de données au m² (jusqu'à plus de 10 points de réflexion – 8 points dans la zone d'étude qui concerne le projet Lieppe), dont l'IMU et le GPS combinés garantissent une précision planimétrique et altimétrique sans équivalent avec une erreur absolue de l'ordre de 10 cm, voire moins (Laure N et all, 2010).

II-2-3- Apport de la TLD

On peut résumer l'apport de la télédétection comme suit :

- Les données de télédétection sont homogènes et continues sur de grandes surfaces ;
- Elle offre une vision riche d'informations (multispectrale) ;
- Elle permet d'accéder à des zones dites « inaccessible » pour des questions de topographie, de climat et de catastrophes naturelles ;
- Acquisitions de données en temps voulu ;
- Elle autorise des observations très rapprochées dans le temps d'un même endroit;
- Les images sont sous forme numérique, ce qui facilite considérablement leur intégration dans les bases de données des SIG.

II-2-4- Etapes du processus de la TLD

La TLD englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information.

- 1- Source d'énergie ou illumination : à l'origine de tout processus de TLD se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.
- 2- Rayonnement et atmosphère : durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère, une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

- 3- Interaction avec la cible : une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci la nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface.
- 4- Enregistrement de l'énergie par le capteur : une fois l'énergie est diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.
- 5- Transmission, réception et traitement : l'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).
- 6- Interprétation et analyse : une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est en suite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.
- 7- Application : la dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraire de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

II-2-4- Spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique présente toutes les gammes d'ondes (Figure n°II.4) depuis les plus petites longueurs d'onde (fréquence très élevée) jusqu'aux plus grandes (fréquence très basse).

Les ondes les plus utilisées en TLD sont :

a) Le visible, rayonnement solaire réfléchi par les surfaces terrestres

La partie visible du spectre va du $0,38\mu\text{m}$ à $0,78\mu\text{m}$, toutes les couleurs de arc-en-ciel du violet (proche de $0,38\mu\text{m}$) jusqu'au rouge (environ $0,65\mu\text{m}$) en passant par le bleu ($0,45\mu\text{m}$) et le vert ($0,55\mu\text{m}$), la plupart des satellites d'observation de la terre ont des capteurs enregistrant dans cette partie du spectre.

b) Le proche infrarouge, rayonnement solaire réfléchi par les surfaces terrestres

Centré sur environ $0,9\mu\text{m}$, est très utilisé pour l'étude de la végétation et la détection de l'eau.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

c) **Le moyen infrarouge, rayonnement à la fois réfléchi et émis par les surfaces terrestres**

Centré sur environ $3\mu\text{m}$, est un peu moins utilisé et sert à la détection de l'eau dans les plantes, la détection de la neige et de la glace, l'évaluation de l'humidité du sol.

d) **L'infrarouge thermique, émis par les surfaces terrestres :**

De 8 à $12\mu\text{m}$ est très utilisé en météorologie et climatologie.

e) **Le domaine des hyperfréquences, émis par une antenne et renvoyées par la surface terrestre pour les hyperfréquences actives et émises par les surfaces terrestres pour les hyperfréquences passives :**

➤ Est compris entre 2 et 30cm de longueur d'onde. Elles sont de plus en plus utilisées, océanographie et en agriculture.

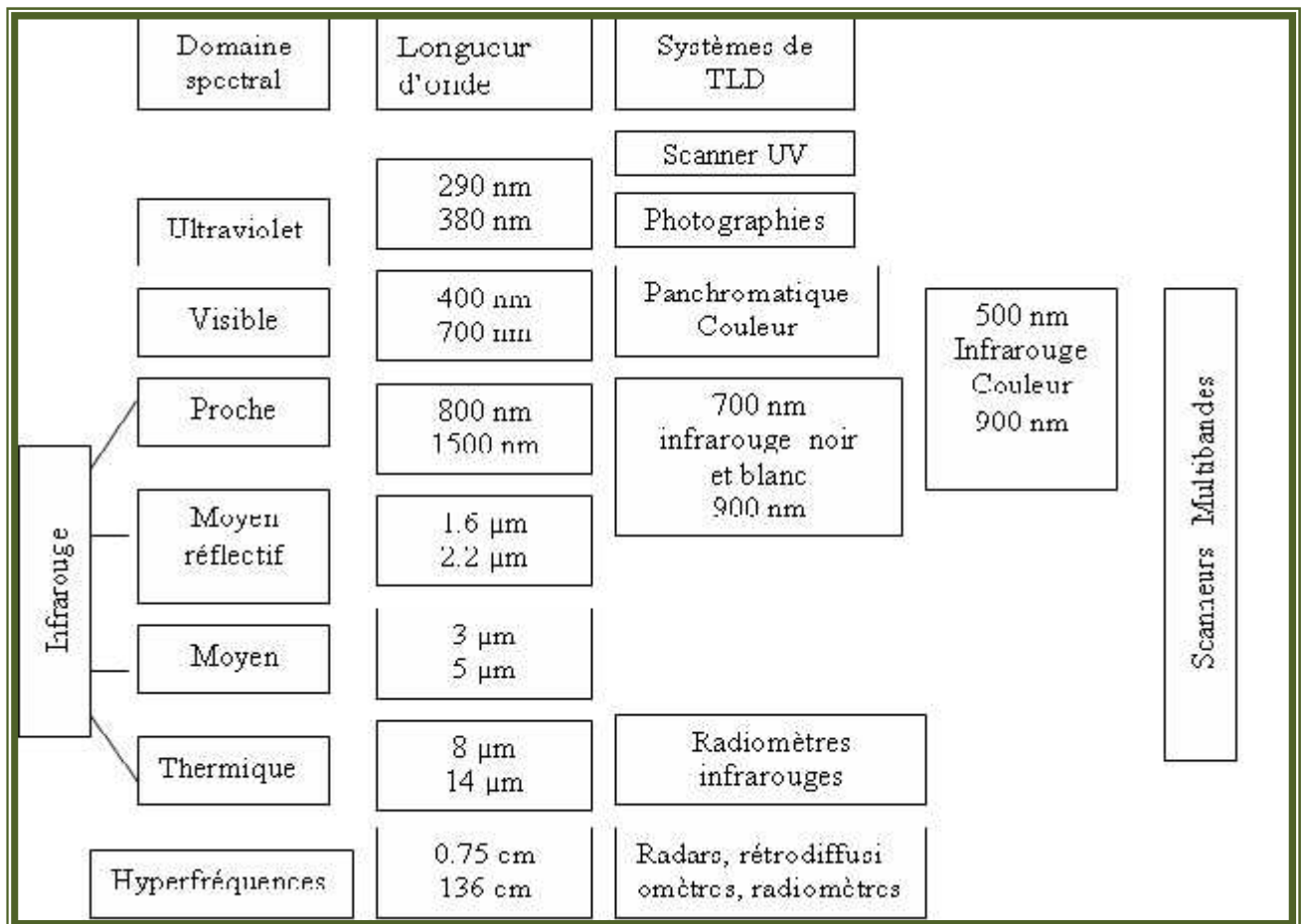


Figure 12: Le spectre électromagnétique et les systèmes de TLD d'après GIRARD M.C., 1999.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

II.2.5 Satellites d'observation de la terre

D'après DESHAYES, M. et MAUREL, P., la naissance des satellites s'échelonne d'avril 1960 (lancement de 'Transit 1', premier engin spatial pour la navigation) et juillet 1962 ('Telstar', premier satellite de communication), juillet 1972 ('Landsat 1, le premier satellite opérationnel d'observation de la terre), et au milieu des années 80 avec ceux de landsat 4 et 5 et de spot. Qui sont les vecteurs les plus courants transportant des capteurs.

II.2.5.1. Plate – forme

Le terme plate-forme s'applique à tout véhicule spatial, aérien ou terrestre capable de porter un capteur.

Appelée aussi vecteur à tout objet se déplaçant et susceptible de porter un capteur, on peut donc définir divers types de vecteurs :

- Ceux qui opèrent à quelques mètres du sol : grue, ou véhicules qui supportent des radiomètres ou appareils photographiques.
- Ceux qui opèrent entre la dizaine de mètres et la dizaine de kilomètres : avion, ballon, hélicoptère.
- Ceux qui opèrent entre la dizaine et la centaine de kilomètres : les ballons stratosphériques.
- Ceux qui opèrent entre 200 et 40000 km : ce sont les satellites soumis à l'attraction terrestre.

II.2.5.2. Composantes du satellite

Un satellite artificiel se compose de :

1. Un système de maintien de l'altitude, constamment perturbé par l'attraction de la terre, les frottements de l'atmosphère, la pression des radiations solaires.
2. Un système de commande d'altitude pour orienter l'axe de prise de vue vers la terre et empêcher le satellite d'osciller là encore les corrections sont faites avec des jets du gaz.
3. Un système producteur d'énergie : les panneaux solaires qui produisent l'électricité nécessaire.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

4. Un système de contrôle des opérations à bord et des communications avec la station au sol.
5. Des antennes radio pour la liaison avec le sol.
6. La charge utile : le capteur avec son système optique et son radiomètre.
7. Un système de stockage provisoire des informations que l'on peut lire lorsque le satellite entre dans la zone de réception de la station au sol.

II.2.5.3. Capteur

En TLD, les capteurs sont les équipements placés à bord satellites qui permettent de mesurer des objets étudiés dans une bande donnée de longueur d'onde.

Donc le capteur (imageur) est un instrument qui recueille le rayonnement électromagnétique en provenance de l'objet et le transforme en un signal numérique, il fournit des données organisées en lignes et en colonnes permettant de reconstituer une image en 02 dimensions de l'objet.

On distingue 02 types de capteurs :

- 1) **Le capteur actif** : capteur comprenant à la fois un émetteur et un récepteur du rayonnement électromagnétique, de façon à observer l'objet indépendamment d'une source de rayonnement naturel exemple : RADAR, LIDAR (Light Détection And Ranging)...etc.
- 2) **Le capteur passif** : capteur qui recueille le rayonnement d'origine naturelle en provenance de l'objet, dans une ou plusieurs bandes spectrales exemple : (radiomètres, caméras). l'émetteur principal étant le plus souvent le soleil.

D'après (GIRARD M.C., 1999) chaque capteur est caractérisé par :

- Sa résolution spatiale c'est à dire la dimension et des quantités d'observation de pixel.
- Sa résolution spectrale c'est à dire la finesse de séparation des longueurs d'onde proches.
- Sa résolution radiométrique, qui consiste en la distinction de quantité d'énergie captée, sa limite étant la plus petite variation d'énergie décelable.

II.2.5.4.Orbite des satellites

On note que les satellites pendant leurs rotations, ils décrivent des orbites qui influent sur leurs facultés d'observation, on distingue trois types d'orbite :

➤ L'orbite circulaire

Le satellite tourne autour de la terre à une même altitude. La vitesse minimale du satellite à l'altitude de 200 km est 7.77 km/s et la périodicité de l'ordre de 1h30.

Les satellites TIROS, NOAA et ERS-1 ont des orbites circulaires.

➤ L'orbite géostationnaire

Le satellite reste fixe au dessus d'un point de la terre. Pour cela, il doit avoir une vitesse angulaire égale à celle de la rotation de la terre et décrire dans le même sens une orbite circulaire dans plan équatorial, avec un rayon de l'orbite : 42164 km soit 35786 kmau dessus de l'équateur, et vitesse 3.07 km/s.

Les satellites : METEOSAT (France), GOES (Etats- Unis), GMS (Japon), et INSAT (Inde) ont des orbites géostationnaires.

➤ L'orbite héliosynchrone

Le satellite passe toujours à la même heure solaire locale en un même point de la terre.

Il faut donc que le plan orbital du satellite reste fixe par rapport au plan orbital de la terre autour du soleil. Ce qui revient à la ligne des nœuds fasse un angle constant avec la droite des centres de la terre et du soleil.

Les satellites NIMBUS, LANDSAT (Américain) et SPOT (France) ont des orbites héliosynchrones.

Donc on distingue les satellites à défilement (avec des orbites circulaires quelconques ou héliosynchrones), des satellites géostationnaires.

II.2.5.5.Satellites d'observation de la terre

Parmi les satellites qui nous intéressent (LANDSAT, SPOT) pour l'observation des ressources terrestres, (METEOSAT, NOAA) dont le but est l'environnement et la météorologie.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

Tableau 9: Caractéristiques des principaux systèmes satellitaires d'observation de la terre dans les bandes du visible et du proche infrarouge

Caractéristiques du Système	LANDSAT MSS	LANDSAT TM	SPOT	METEOSAT	NOAA-AVHRR
Orbite:	Sub-Polaire	Sub-Polaire	Sub-Polaire	Géostationnaire	Circulaire
Type d'orbite	Héliosynchrone	Héliosynchrone	Héliosynchrone		
Altitude (km)	705	705	830	35800	850
répétitivité	16j	16j	26(ou 1ou 5) j	25 min	12 h
Capteurs:					
Balayage	Miroir oscillant	Miroir oscillant	Barrettes CCD	Rotation du satellite	Miroir tournant
Résolution Spatiale	56x79m	30m	10m(pan) ; 20m(S)	2.5 km (S1) 5 km(S2, S3)	1.1ou4km
Bandes spectrales(μm)					
S1					
S2	0.5-0.6	0.45-0.52	0.50-0.59	0.4-1.1	0.58-0.68
S3	0.6-0.7	0.52-0.60	0.61-0.68	5.7-7.1	0.72-1.1
S4	0.7-0.8	0.63-0.69	0.79-0.89	10.5-12.5	3.55-3.93
S5	0.8-0.9	0.76-0.90			10.3-11.3
S6		1.55-1.75			11.5-12.5
S7		10.4-12.5			
panchromatique		2.0-2.35	0.51-0.73		
Dimensions de la scène (km)	185	185	60	Le globe	2400

Source : GIRARD M.C., 1999.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

II.2.6.Traitements numériques des images satellitaires

Les traitements des données consistent à transformer les données enregistrées en informations susceptibles d'utilisation immédiate.

II.2.6.1.Corrections radiométriques

Elles permettent de diminuer les perturbations dues à l'atmosphère et aux capteurs.

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

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

Les satellites d'observation de la terre passent sur chaque point de la terre à la même heure solaire. L'élévation solaire et l'azimut du temps d'acquisition sont normalement enregistrées à l'entête de l'image numérique et il est relativement simple d'ajuster les valeurs numérique d'une série d'images à une élévation solaire constante de telle sorte que les images apparaissent comme étant acquise au même moment de l'année (LEGG, 1992).

Ces traitements sont réalisés de manière générale en amont de l'utilisation finale.

II.2.6.2.Corrections géométriques

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

Elles sont faites soit à partir de paramètres d'orbite et d'altitudes enregistrées durant le vol, soit à l'aide de lois de déformations, pour rendre l'image conforme à un type de projection cartographique connu (UTM ou Lambert, par exemple). Les lois de déformation sont calculées de point particulier, encore appelés amers, dont les coordonnées sont connues à la fois sur le terrain et sur l'image (DESHAYES M et MAUREL P, 1990).

II.2.6.3.Rehaussement de l'image

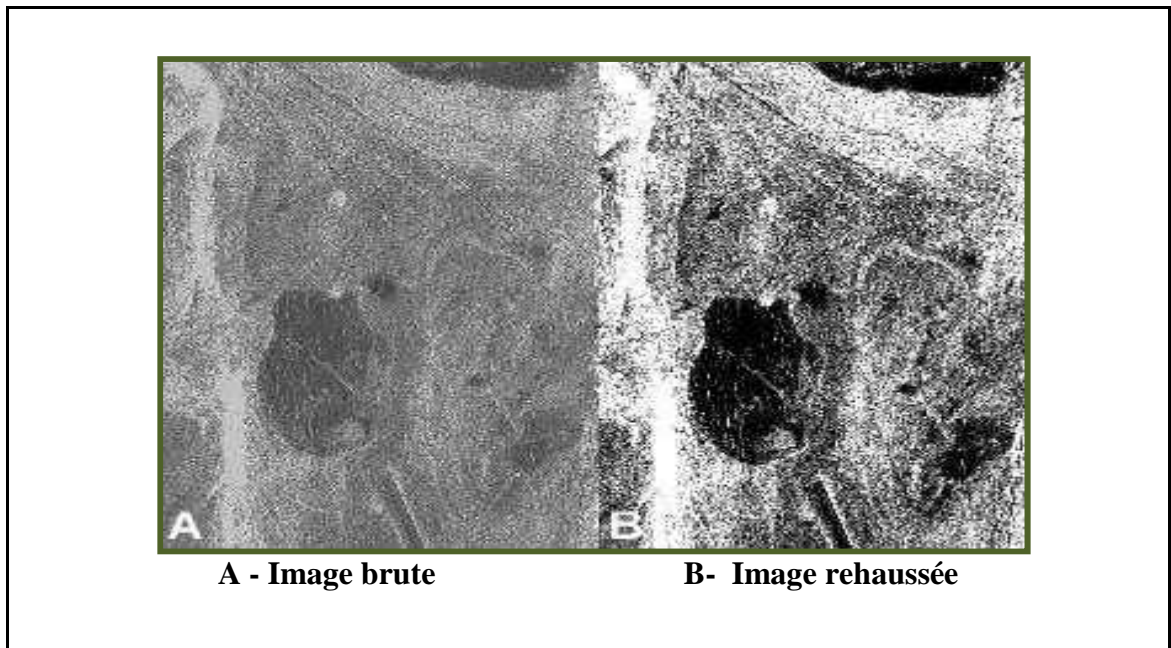


Figure 13 : Rehaussement de l'image.

Source : Centre canadien de TLD, 2005.

Une image de bonne qualité est celle dont les apparences permettent à notre système visuel d'identifier le maximum d'informations. La qualité visuelle de l'image joue un rôle prépondérant, cette qualité se réfère aux propriétés de notre système visuel : séparabilité des tons de gris, perception relative des couleurs. (Ce processus se fait généralement après la réalisation de procédés de prétraitement pour la finalité de représentation graphique ou interprétation visuelle des images numériques). L'étude de rehaussement est abordée en étapes parmi celles : les transformations simples, telles que l'agrandissement ou la réduction de la taille de l'image, les transformations qualifiées de globales s'appuyant sur les anamorphoses d'histogramme, les applications des filtrages spatiaux et fréquentiels, traitements des méthodes de fusion d'images

II.2.6.4.Composition colorée

L'information apportée par un seul canal ne permet pas toujours de donner un détail satisfaisant, le principe consiste à utiliser les trois canaux spectraux. À chaque canal on affecte une couleur différente, la superposition de ces images donne une nouvelle image appelée composition colorée.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

La composition colorée est obtenue par synthèse additive des lumières colorées (système Rouge- Vert- Bleu).

Par exemple, une composition TM 1, 2,4 affiche le canal vert de TM en bleu, le canal rouge en vert et le canal proche infrarouge en rouge.

II.2.6.5. Classification de l'image satellitaire

Les techniques de classification utilisent les propriétés spectrales et parfois spatiales de l'image pour segmenter l'image en classes homogènes de type de couvertures de sol.

L'œil humain utilise la couleur, la texture et le contexte pour identifier les différents types de couverture du sol.

La plupart des classifications opèrent sur la base de la couleur, seulement dans le sens où elles opèrent sur des valeurs individuelles de chaque pixel dans chaque longueur d'onde.

Il s'agit du procédé le plus utilisé en TLD. Il consiste à regrouper des ensembles de pixels similaires en classes. On peut se baser simplement sur les valeurs radiométriques des pixels ou intégrer également les relations de voisinage entre pixels.

Dans le cas de classification basée sur les radiométries, on rappelle qu'une image satellite peut être représentée à n dimensions. Chaque pixel a un point représentatif dans cet espace des radiométries et une image constitue donc un nuage de points, donc le but de cette opération consiste à réaliser le découpage optimal de nuage de points, sur lequel on peut appliquer divers traitements.

Les méthodes de classification se divisent en deux grands groupes :

A) La classification non supervisée (non dirigée)

Elle est effectuée sans prise en compte de données d'étalonnage sur le terrain ou bien dans le cas on ne dispose pas d'information a priori sur la zone. Il s'agit d'un découpage entièrement mathématique de l'espace radiométrique en un nombre de classe défini par l'utilisateur au départ. Le thématicien intervient ensuite pour donner un nom à chacune des classes obtenues. Cette technique est intéressante dans les cas où il est impossible de rendre sur le terrain.

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

B) La classification supervisée (dirigée)

Elle peut aussi être dénommée classification par échantillonnage. Où l'opérateur a défini au préalable les classes thématiques qu'il souhaite extraire de l'image et identifie quelques zones de l'image occupées, sans ambiguïté, par les classes d'intérêt de ces zones, il extrait les signatures spectrales par chaque classe, les pixels sont affectés à la classe qui correspond le mieux à ses caractéristiques spectrales. La classification comporte les étapes suivantes :

- définition de la légende et obtention d'une carte comprenant des échantillons de chaque classe de la légende.
- délimitation de ces échantillons sur l'image numérique.
- extraction des paramètres statistiques des échantillons et des classes,
- vérification de la possibilité de réaliser la classification (construction d'un tableau de contingence appelé « matrice de confusion ») et éventuelle modification de la légende.
- classification de toute l'image.
- édition de la carte obtenue.

II.2.6.6.Synthèse des néo-canaux

C'est une pratique courante dans l'analyse multi spectrale. Peut être classé comme méthode de compression des données, est issu de l'analyse de la physique des phénomènes, est utile pour différencier des objets au sol selon leur nature. L'examen des réponses obtenues dans les canaux du rouge et du proche infrarouge ont conduit à la définition de deux indices : l'indice de végétation et l'indice de brillance :

- **L'indice de végétation (IV)** : est lié à l'activité chlorophyllienne. C'est un indicateur de la densité de végétation, il est constitué par une simple combinaison de canaux. Ce traitement abouti à la création d'un néo canal en combinant la réflectance du canal rouge et d'infrarouge, il a pour formule :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{PIR} - R}{\text{PIR} + R} \quad \text{NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).}$$

Dont les valeurs du NDVI varient entre -1 et +1. (DESHAYES M et MAUREL P, 1990).

Chapitre II: Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection

➤ **L'indice de brillance (IB)** : traduit les changements de teintes des sols nus et des roches. Le passage des teintes sombres aux teintes claires s'accompagne d'une augmentation simultanée des valeurs radiométriques dans les deux canaux.

$$\mathbf{IB} = \sqrt{(PIR)^2 + R^2}$$

Cet indice permet théoriquement de mettre en évidence l'humidité du sol, la rugosité des surfaces ainsi que leur couleurs.(DESHAYES M et MAUREL P,1990).

Conclusion

Afin d'assurer la gestion environnementale durable des ressources naturelles, de la géo diversité, de la biodiversité et des espaces, en particulier à travers la mise en place de pratiques de mise en valeur, de protection et de conservation de la biodiversité et d'actions de lutte contre la dégradation des terres. Pour tous ces objectifs, il est indispensable de développer des méthodes d'évaluation et de suivi de l'état des milieux, de leur environnement et de l'impact des actions entreprises reposant sur la mise en place et l'utilisation d'un certain nombre d'outils développés par la recherche.

Chapitre III :

Méthodologie du travail

Chapitre III: Méthodologie du travail

Introduction

L'utilisation des différentes couches d'informations utiles à l'objectif recherché suivi d'un traitement et d'une analyse basée sur la combinaison de ces informations permettra par la suite de cartographier l'état de l'espace étudié, de suivre les phénomènes évolutifs et accéder à certaines zones naturelles ou modifiées difficilement explorables.

Notre étude a pour objectif l'évaluation de la sensibilité à la désertification dans la wilaya de Djelfa en utilisant l'outil télédétection et les différentes fonctionnalités offertes par le SIG.

Dans le souci de répondre aux termes de références du présent travail de recherche et tenant compte de la disponibilité actuelle des données, nous proposons l'application de la méthode MEDALUS développée pour l'évaluation de la sensibilité à la désertification et l'utilisation des terres dans les pays méditerranéens (CE, 1999) sous un système d'information géographique.

III.1.Organigramme général du travail :

Pour réaliser ce travail, nous avons établi l'organigramme suivant :

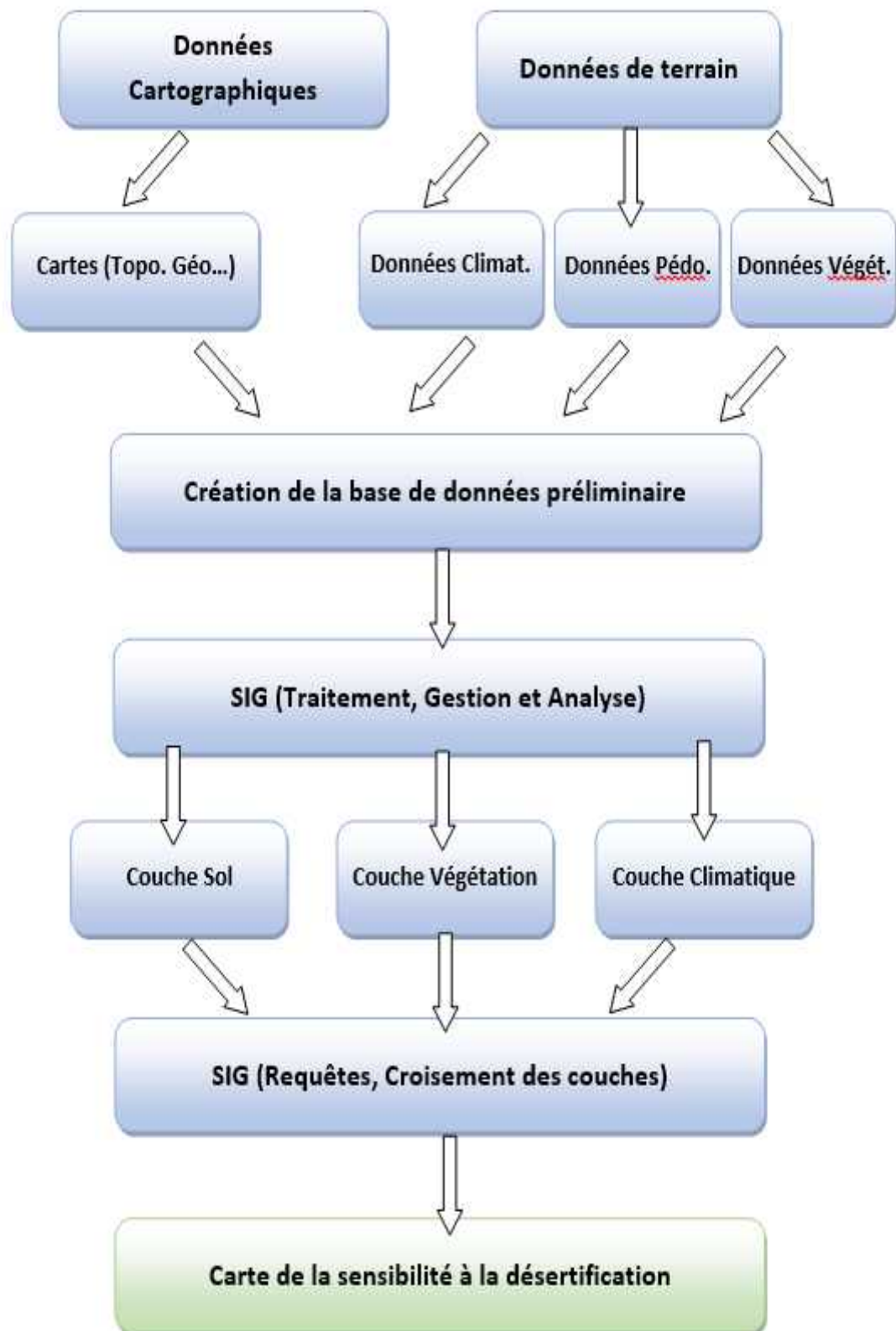


Figure14 : Organigramme général du travail.

Chapitre III: Méthodologie du travail

III.1.2.Collecte des données et moyens logiciels

III.1.2.1.Collecte des données :

Un SIG ne peut fonctionner que s'il contient des données fiables et valides.

L'acquisition des données constitue l'étape la plus difficile, et la plus délicate dans le déroulement de tout projet de type SIG.

Les documents cartographiques utilisés sont :

- Carte Pluviométrique, Source : (INSID2013) ;
- Carte de l'évapotranspiration, Source : (ANRH 2005) ;
- Carte d'occupation du sol, Source : (ANAT2003) ;
- Carte de l'indice de qualité des sols, Source : (Salamani et al 2006).

III.1.2.2.Moyens logiciels

Le choix des logiciels est dicté par la disponibilité et la maîtrise de ces logiciels.

III.1.2.2.1.MapInfo :

Les cartes, ainsi que les croisements de couches, ont été effectués à l'aide de la version MapInfo 8.0. C'est un outil dédié aux applications du système d'information géographique.

Ce logiciel permet l'acquisition, la gestion, l'analyse ainsi que la présentation des informations localisées géographiquement.

De plus, nous pouvons citer quelques fonctions de MapInfo qui ont été indispensables dans notre travail :

- Accéder à tous les types de données attributaires : Excel ...
- Importer et exporter de nombreux formats cartographiques.
- Géo référencer les images de type raster.
- Vectoriser les images et les cartes de type raster.
- Effectuer des analyses thématiques...

Chapitre III: Méthodologie du travail

III.1.2.2.2. ENVI 4.1 (Environment for Visualising Image) :

Est un logiciel de traitement d'images issues de la télédétection. Il s'adresse particulièrement à ceux qui traitent des images satellites ou des photos aériennes.

Il affiche trois fenêtres : "Scoll" (Comprenant la totalité de l'image), "Image"(Comprenant une partie du scoll) et " Zoom"(Comprenant une partie de l'image). Les applications sont nombreuses : géologie, agriculture, géographie, environnement. Il supporte une très large gamme de formats d'images (Spot, landsat, terra, ers, radarsat...) et vecteurs (mif, ddf, dxf...).

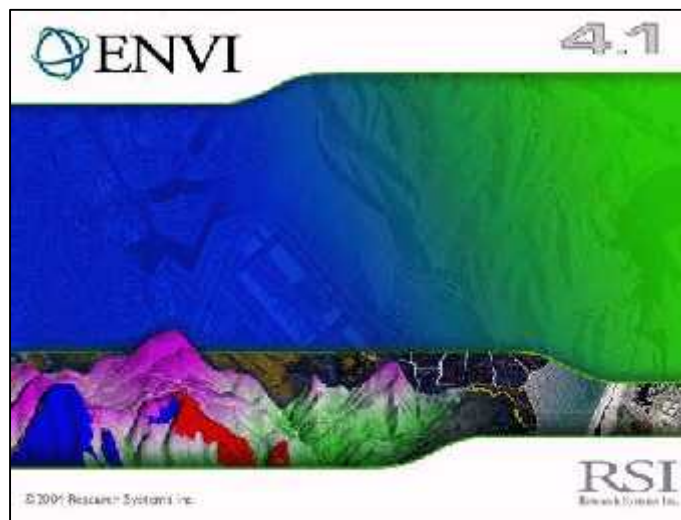


Figure15: Fenêtre ENVI.

III.1.3. Scannage des cartes

Elle consiste en la transforme des cartes en un fichier informatique pour qu'elles soient manipulées par l'ordinateur. L'appareil qui fait cette opération étant un scanner A0 en couleur relie à un ordinateur. Le résultat étant des images de type *JPEG, qui sont utilisées par Mapinfo en mode raster.

III.1.4. Le système de projection

Le système de projection adopté dans notre travail est la projection UTM (Universel Transverse Mercator), ellipsoïde WGS84. Ce système est compatible avec les données régionales.

Chapitre III: Méthodologie du travail

III.1.5. Le calage

Le calage est réalisé à l'aide de MapInfo, il consiste à choisir au moins quatre points distincts, régulièrement distribués (non alignés) et de leurs coordonnées géographiques réelles dans la projection choisie. L'ensemble des autres points de la carte calée est déduit automatiquement par projection et interpolation.

III.1.6. Vectorisation des données cartographiques

Les données cartographiques ont été indispensables pour notre travail, ces données nous ont fournies des informations qui ne sont pas toujours faciles à extraire des images satellites, surtout pour les images de faibles résolutions. Ces données cartographiques disponibles, voire peu coûteuses, nous ont permis d'effectuer des croisements afin d'appréhender certains phénomènes.

III.2. Etapes de spatialisation de la désertification

La méthodologie suivie dans ce travail est inspirée de celle développée dans le projet MEDALUS (Mediterranean Désertification and Land Use). Kosmas *et al.* (1999) identifient la sensibilité à la désertification des écosystèmes méditerranéens par un indice de sensibilité à la désertification (ISD) obtenu à partir de la moyenne géométrique de trois autres indices de qualité issue du milieu et de l'action de l'homme (sol, climat, végétation).

Ces facteurs sont évalués par des indices de qualité qui quantifient leur aptitude à résister à la désertification :

IQS : indice de qualité du sol

IQV : indice de qualité de la végétation

IQC : indice de qualité du climat

Chapitre III: Méthodologie du travail

III.2.1. Création de la base de données et cartographie thématique

III.2.1.1. Détermination de la qualité de climat

Pour l'appréciation de cette couche, la démarche « MEDALUS » se base sur l'indice d'aridité (IA) qui est le rapport de la pluviosité annuelle (P) sur l'évapotranspiration potentielle annuelle (ETP) : $IA = P / ETP$

L'Afrique du Nord en général et l'Algérie en particulier sont des régions majoritairement arides et semi-arides (Le Houérou, 1993). Malgré une façade littorale sur le rivage sud de la Méditerranée occidentale qui lui confère un bioclimat humide et subhumide, l'allongement en latitude vers le tropique et la forte continentalité font que cette région est fortement marquée par l'aridité donc potentiellement sensible à la désertification.

Notons l'absence de données sur l'évapotranspiration potentielle annuelle sur l'ensemble du territoire au nord de l'Algérie. Les « providers » météorologiques à l'échelle mondiale peuvent représenter des alternatives intéressantes mais ils se sont, malheureusement, avérés pas très satisfaisants par rapport à la précision désirée. Aussi, avons-nous retenu le bioclimat comme meilleure approximation de l'ETP d'autant plus que c'est une donnée disponible et cartographiée à une échelle satisfaisante du 1/500 000 ; de même que l'indice d'aridité, le bioclimat d'une région est un indice synthétique qui se base à l'instar des indices de même nature sur le rapport T / P (Ozenda, 1983). Il est donc raisonnable de penser qu'il donne une approximation satisfaisante de l'aridité d'une région ; ces deux expressions ont une certaine correspondance entre elles (Le Houérou, 1993).

Les scores des différentes classes de cet indice correspondant à un étage bioclimatique sont reportés dans le tableau 10

Chapitre III: Méthodologie du travail

Zone bioclimatique	Score	IQC
Hyperaride	<0,05	2
Aride	0,05-0,2	1,75
Semi-aride	0,2-0,5	1,5
Subhumide	0,5-0,65	1,25
Humide	>0,65	1

Tableau 10 : Score et classes portant indice de qualité du climat(IQC)

III.2.1.2.Détermination de la qualité de végétation

Cette couche a été élaborée à partir de l'exploitation et de l'analyse de cartes de végétation à petite échelle réalisées entre 1974 et 1983 par différents auteurs et de relevés de terrains géoréférencés sur les conditions de milieu et la flore (facteurs du milieu, éléments de la surface du sol, caractéristiques des biocénoses, liste floristique, etc.)

III.2.1.2.1.Choix des paramètres

Par sa partie aérienne, la végétation protège l'écosystème contre l'érosion hydrique et éolienne, alors que les racines stabilisent, fertilisent le sol et contribuent à sa dynamique. La sensibilité à la désertification d'un couvert végétal est tributaire de plusieurs paramètres allant de sa nature en passant par son état. Chaque formation végétale est caractérisée par des propriétés qui lui sont propres et qui lui confèrent une capacité plus ou moins grande à résister aux variations des facteurs biophysiques.

Parmi les paramètres du milieu permettant d'évaluer le degré de sensibilité à la désertification et le suivi de la dynamique de ce phénomène, l'indice de qualité de végétation est certainement le paramètre le plus pertinent et son « poids » est relativement plus important d'où un score ou une pondération élevée. Il est intéressant de remarquer que de conséquence de la désertification, l'état de dégradation du couvert végétal en devient aussi une cause directe. Les paramètres retenus pour élaborer cette couche sont les suivants :

Chapitre III: Méthodologie du travail

a) Couverture végétale (CV)

Ce paramètre correspond au recouvrement global de la végétation déterminé par échantillonnage dont la méthode linéaire est la plus usitée. Le cas échéant, les informations relatives à la formation végétale ou à la composition floristique peuvent s'avérer fort utiles pour estimer indirectement la couverture végétale, ce qui évidemment diminue la qualité de l'information

b) Risque d'incendie (RI)

La sensibilité de la végétation aux incendies dépend essentiellement de sa nature, de sa physionomie, de sa composition et de sa structure (Trabaud, 1996). Le degré d'inflammabilité des résineux est très élevé par rapport à celui des feuillus. Les maquis et les garrigues constitués par de nombreuses essences aromatiques (thym, romarin, lavande, bruyère, etc.) sont très inflammables. Les pelouses et les prairies composées d'espèces annuelles qui sèchent rapidement constituent aussi de bons combustibles. Au contraire, les formations steppiques basses et peu couvrantes présentent un risque assez faible aux incendies.

c) Résistance à la sécheresse (RS)

Ce paramètre est apprécié par l'importance des besoins en eau des plantes à leur croissance. Il est tiré de la compilation bibliographique en regroupant les plantes au sein de types de végétation aux caractéristiques définies et similaires afin d'estimer leur résistance à la sécheresse ; il est aussi donné par l'appréciation de l'auteur selon ses connaissances de terrain.

d) Protection contre l'érosion (PE)

Ce paramètre est lié à la densité des biocénoses, il est apprécié et corrigé en fonction de son rôle vis-à-vis des différents paramètres. Généralement, les sols couverts de forêts ou de cultures bien développées et denses ont un fort coefficient d'infiltration d'eau et de protection vis-à-vis de l'érosion. Par contre, les sols partiellement couverts (garrigue, steppe, etc.) ou les sols nus favorisent un intense ruissellement. Nous consignons ci-dessous (Tableau11) la synthèse des scores des différents paramètres retenus pour la végétation.

Chapitre III: Méthodologie du travail

III.2.1.2.2. Indice de qualité de la végétation

La moyenne géométrique des valeurs des quatre paramètres portant sur la quantification de la couche végétation nous donne l'indice de qualité de la végétation de chaque unité ;

IQV = (Risque de feu* Protection contre érosion*Résistance a la sécheresse

*** Taux de recouvrement) ¹/₄**

Toutes les valeurs obtenues sont regroupées en quatre classes mentionnées dans le tableau 11.

<i>IQV</i>	<i>Description</i>	<i>Couleur</i>
<1,2	Bonne	Vert foncé
1,2<IQS<1,4	Qualité	Vert clair
1,4<IQS<1,6	Mauvaise	Jaune
IQS>1,6	Très mauvaise	Rouge

Tableau 11 : Classe portant indice de qualité de la végétation

III.2.1.3. Détermination de la qualité de sol

Le sol est un facteur dominant des écosystèmes terrestres dans les régions semi-arides et subhumides sèches, zones humides, en particulier grâce à son effet sur la production de biomasse.

III.2.1.3.1. Choix des paramètres

Les paramètres édaphiques en relation avec la sensibilité à la désertification sont nombreux et variés. La méthodologie s'est limitée à certains paramètres simples, mesurables et influents ; ces paramètres sont : le matériau parental, la profondeur, la texture, la pente.

Tous ces paramètres traduisent par leur pondération, les risques de dégradation, les influences sur l'érosion hydrique et éolienne, la dégradation physique et chimique des sols. La texture et la pente influent sur l'érosion hydrique ; celle-ci est importante lorsque l'assise est tendre. La

Chapitre III: Méthodologie du travail

profondeur du sol traduit le volume du sol exposé au phénomène d'érosion. Les sols les plus sensibles à l'érosion sont les sols peu à moyennement profonds. Ce sont principalement la texture, la pente et l'état de surface qui conditionnent l'érosion éolienne du sol.

La dégradation physique se manifeste essentiellement sur les terres lourdes à drainage externe défectueux où des phénomènes de compactage et d'imperméabilisation rendent ces sols vulnérables à la salinisation et à l'alcalisation. L'appréciation de la pente et de la texture nous informe sur la sensibilité du sol à ce phénomène.

En milieux semi-arides et arides, la pente et la texture déterminent la sensibilité des sols à la salinisation et à l'alcalisation. Une culture en irrigué sur sol lourd et sans drainage occasionne un fort risque de salinisation. En terre sableuse plane, la présence d'une salinisation provenant d'un contact permanent avec une nappe salée superficielle ne rend pas le sol sensible à la désertification car il peut être à tout moment bonifié par un simple rabattement de la nappe. La pente et la perméabilité du sol liée à la texture, conditionnent donc la sensibilité de celui-ci à la dégradation chimique.

a) Le matériau parental

Il est noté en fonction de sa cohésion et de sa résistance aux érosions hydrique et éolienne. La lithologie est décrite à partir de la notice des cartes géologiques, hydrogéologique et de la banque des données écologiques. Ce paramètre est noté en trois classes (Tableau12)

Classe	Description	Caractéristiques	Indice
1	Cohérent	-calcaire-dolomie -grés non friable - croute calcaire dure	1
2	Moyennement cohérent	-marno-calcaire - grés friable	1,5
3	Tendre à friable	-marne -formation sableuse -alluvions et colluvions	2

Tableau 12 : Score du paramètre matériau parental du sol.

b) La profondeur du sol

Chapitre III: Méthodologie du travail

Ce paramètre est lié directement à la capacité de stockage d'eau du sol et aux réserves minérales disponibles. Il traduit la capacité du sol à développer et à maintenir un couvert végétal.

Ce paramètre a été évalué à partir des unités phytionomiques de la végétation qui reflète le type de sol, de la carte des sols de la Fao (1976) et de la banque de données édaphiques. Les classes adoptées sont données dans le tableau 13.

<i>Classe</i>	<i>Description</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Score</i>
1	Très épais	Epaisseur >1m	1
2	Moyen à épais	0,5<épaisseur<1m	1,33
3	Peu épais	0,25<épaisseur<0,5m	1,66
4	Très peu épais	Epaisseur<0,25m	2

Tableau 13 : Score du paramètre profondeur du sol

c) La texture

C'est un paramètre utile pour évaluer le risque de dégradation du sol. Les sols à texture grossière sont pauvres en éléments fertilisants, leur capacité de rétention en eau est faible ; en milieu aride, ils sont menacés par l'érosion éolienne. Les sols à texture fine, malgré leur richesse en cations et autres éléments fertilisants, manquent de drainage interne qui entraîne une salinisation dans les zones planes et un important ruissellement sur les terrains pentus. Les sols à texture équilibrée sont assez perméables, assez riches en éléments nutritifs et surtout présentent généralement une bonne cohésion structurale ; ce sont eux qui résistent le plus au phénomène de désertification. Ce paramètre a été évalué d'après les cartes de végétation (certaines espèces végétales sont indicatrices de la texture), la carte mondiale des sols de la Fao (1976) qui renseigne sur la texture et à partir de la banque de données édaphiques. Les classes texturales adoptées figurent dans tableau 14.

Chapitre III: Méthodologie du travail

<i>Classes</i>	<i>Description</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Erosion hydrique dominante</i>	<i>Erosion éolienne dominante</i>
1	Peu légère à moyenne	Limono-sableuse, sablo-limoneuse équilibrée	1	1
2	Fine à moyenne	Limono-argileuse, Argilo-sableuse, Sablo-argileus	1,33	1,66
3	Fine	Argileuse, Argilo-limoneuse	1,66	2
4	Grossière	sableuse à très sableuse	2	2

Tableau 14 : Score du paramètre texture du sol

d) La pente

La pente agit directement sur le ruissellement et la concentration des eaux qui déterminent selon leur importance la gravité de l'érosion hydrique. Ce paramètre a été évalué à partir de la carte pédologique de la Fao et de la banque de données. Les classes de pente retenues sont données dans le tableau 15.

<i>Classes</i>	<i>Description</i>	<i>Score</i>
<6	Douce	1
6-18	Peu douce	1,33
18-35	Raide	1,66
>35	Très raide	2

Tableau 15 : Score du paramètre pente du sol

Chapitre III: Méthodologie du travail

III.2.1.3.2.L'indice de la qualité des sols (IQS) :

Est alors calculé comme le produit des attributs ci-dessous, à savoir la texture du sol, matériau parental, la profondeur du sol et la pente. La formule est la suivante :

$$\text{IQS} = (\text{texture} * \text{matériau parental} * \text{pente} * \text{Profondeur})^{1/4}$$

La qualité du sol est appréciée par les indices suivants (Tableau 16) :

CLASSE	<i>Indice de qualité du sol</i>	<i>Description</i>	<i>Couleur</i>
1	<1,2	Bonne qualité	Vert foncé
2	1,2<IQS<1,4	Qualité moyenne	Vert clair
3	1,4<IQS<1,6	Mauvaise qualité	Jaune
4	IQS>1,6	Très mauvaise qualité	Rouge

Tableau 16 : Classes portant indice de qualité du sol (IQS).

III.2.2.Indice de sensibilité à la désertification

Les trois couches de la qualité des indicateurs de la désertification déjà citées ont été superposées par l'option « overlay.mbx » sur Mapinfo. L'élaboration de la carte de synthèse de sensibilité à la désertification a été l'aboutissement de plusieurs combinaisons entre les différentes couches. La succession des différentes opérations est déroulée de la manière suivante : Tout d'abord, la couche de qualité du sol a été obtenue par superposition des couches suivantes : textures, profondeur, pente et lithologie. Une fois cette couche est réalisée, on a procédé à un premier croisement entre cette couche et celle de la qualité du climat (croisement1).La dernière étape était la super position du croisement 1 et, la couche de la qualité de la végétation pour l'élaboration de la carte de sensibilité à la désertification.

En dernier lieu, les trois indices dérivés sont multipliés pour l'évaluation de l'indice de sensibilité à la désertification(**ISD**) comme suit :

Chapitre III: Méthodologie du travail

Indice de sensibilité à la désertification $ISD = (IQS \times IQV \times IQC)^{1/3}$

Quatre classes de sensibilité à la désertification ont été déterminées (Tableau17)

Classe	Indice de sensibilité à la désertification	Description	Couleur
1	<1 ,2	Non sensible	vert foncé
2	1,2<ISD<1,4	Moyennement sensible	vert clair
3	1,4<ISD<1,6	Sensible	Jaune
4	ISD>1,6	Très sensible	Rouge

Tableau 17:Classes portant indice de sensibilité à la désertification

Conclusion

Les indicateurs de suivi de la désertification fournissent des informations sur l'évolution des états de l'environnement, dans ses aspects biophysiques d'une part et socio-économiques d'autre part. Ils sont destinés à l'identification à la compréhension du phénomène de la désertification dans ses différentes composantes, de ses causes ainsi que de ses effets. Au plan méthodologique, ces indicateurs peuvent aider à choisir les actions de lutttes les plus efficaces et pertinentes contre la désertification selon les situations.

Chapitre IV :

Résultats et discussion

Introduction:

La carte de sensibilité à la désertification a été élaborée par le croisement de trois couches thématiques susceptibles d’avoir un impact sur le processus de désertification. La démarche suivie est inspirée de la méthode MEDALUS. Les informations cartographiques sur la végétation, le climat et le sol sont issues de cartes papier qui ont été toutes transformées en données numériques puis saisies, structurées et gérées par un algorithme dédié aux systèmes d’informations géographiques. En fonction des informations, chaque couche a fait l’objet de 3 à 4 classes, la moyenne géométrique des trois couches utilisées a abouti à des classes de sensibilité des différents milieux cartographiés.

IV.1.Détermination des tris indices de qualité :

IV.1.1. Indice de qualité du climat(IQC)

Tableau 18: Répartition des classes portant indice de qualité du climat(IQC)

Classe	Sensibilité	IQC	Surface (km ²)	%
1	Très sensible	2	9805.54	30.30
2	Sensible	1.75	19063.44	58.91
3	Moyennement Sensible	1.5	3491.02	10.79

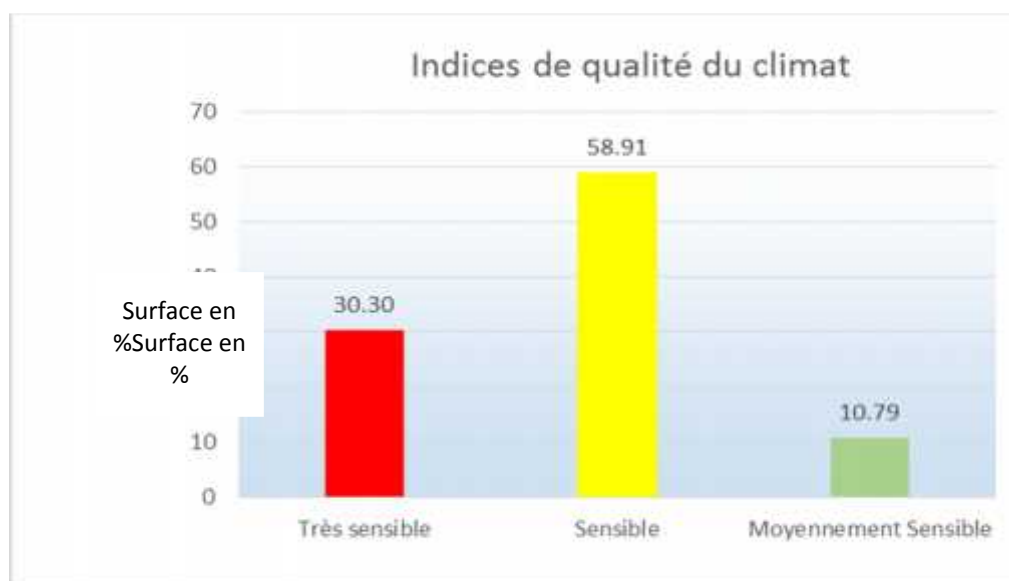


Figure 16: Indice de qualité du climat.

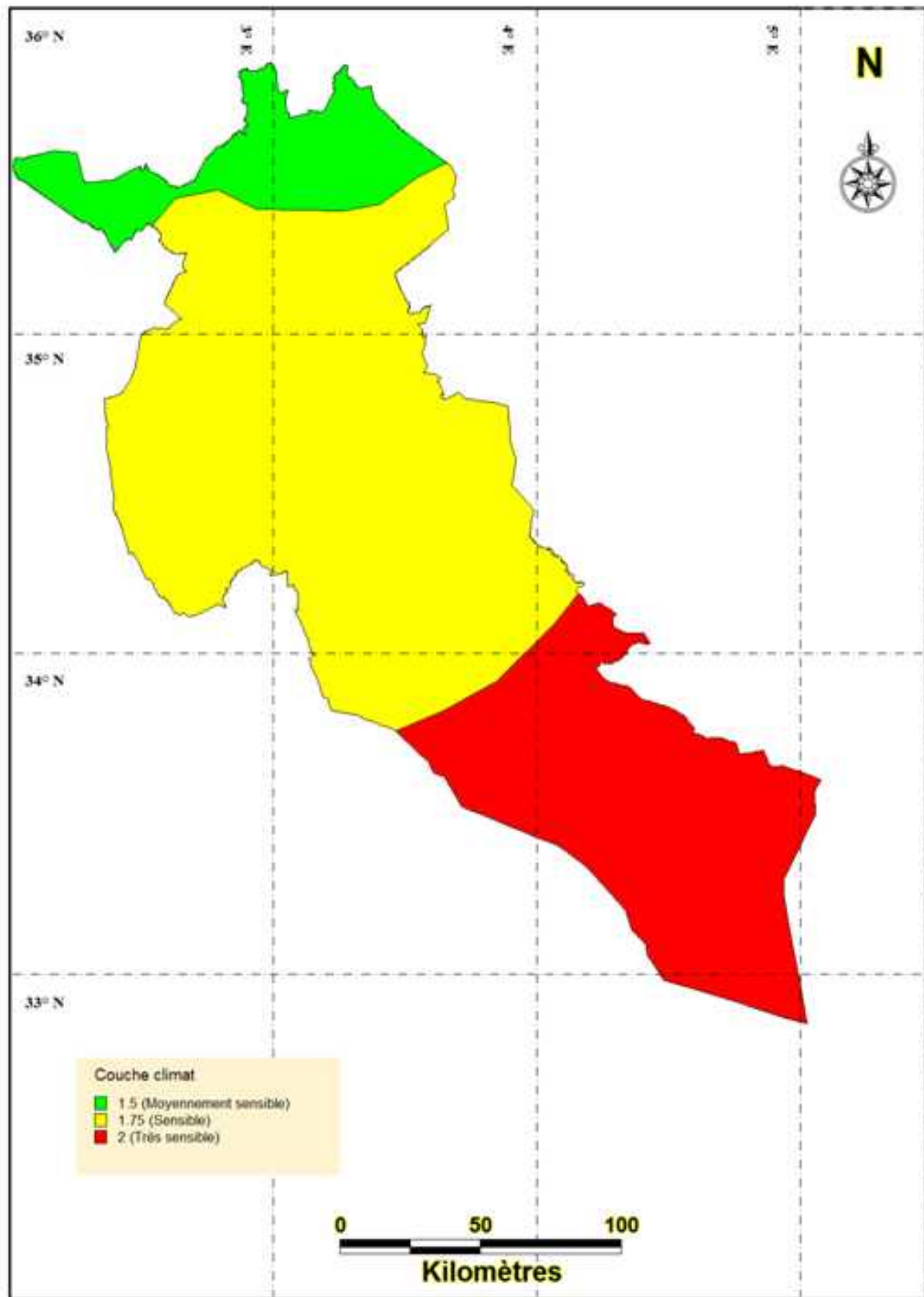


Figure 17: Carte de l'indice de qualité du climat

La care de l'indice de la qualité de climat (Figure17) montre que la classe moyennement sensible s'étend sur une superficie de 3491.02km² soit un taux de 10,79% de la surface totale avec un indice de qualité de climat 1,5. Elle occupe la partie nord de la wilaya.

Pour ce qui concerne la classe de qualité sensible (classe 2) elle occupe 19063.44km² presque 59 % de la surface totale avec un indice de qualité entre 1,5 et 1,75. Cette classe fait la grande partie de la surface où la hauteur pluviométrique va en diminuant du nord vers le sud. . Cette aridité croissante, du nord au sud, est marquée par des températures qui augmentent, soulignant une sécheresse estivale plus longue.

La classe de très mauvaise qualité occupe 9805.54 km² soit un pourcentage plus de 30 %, avec un indice de qualité de climat entre 1,75 et 2 localisée au niveau de la plate-forme saharienne qui caractérise par des conditions d'une ambiance aride septentrionale et désertique dans sa partie méridionale,

IV.1.2. Indice de qualité de la végétation

classe	Sensibilité	Surface (km²)	%
1	Très Sensible	2080.52	6.43
2	Sensible	24987.471	77.22
3	Moyennement sensible	4989.58	15.42
4	Peu sensible	302.429	0.93

Tableau 19 : Répartition des classes portant indice de qualité de la végétation

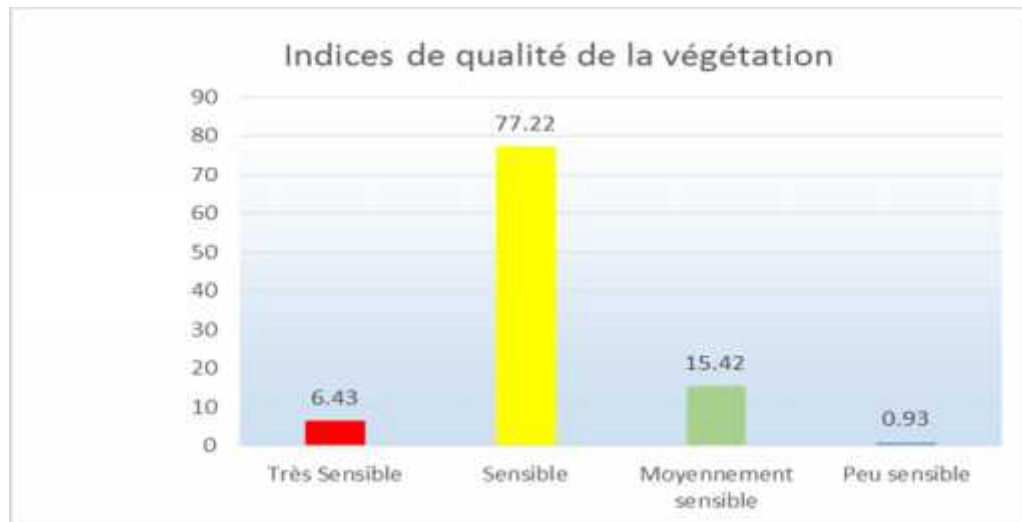


Figure 18: Indice de qualité de la végétation

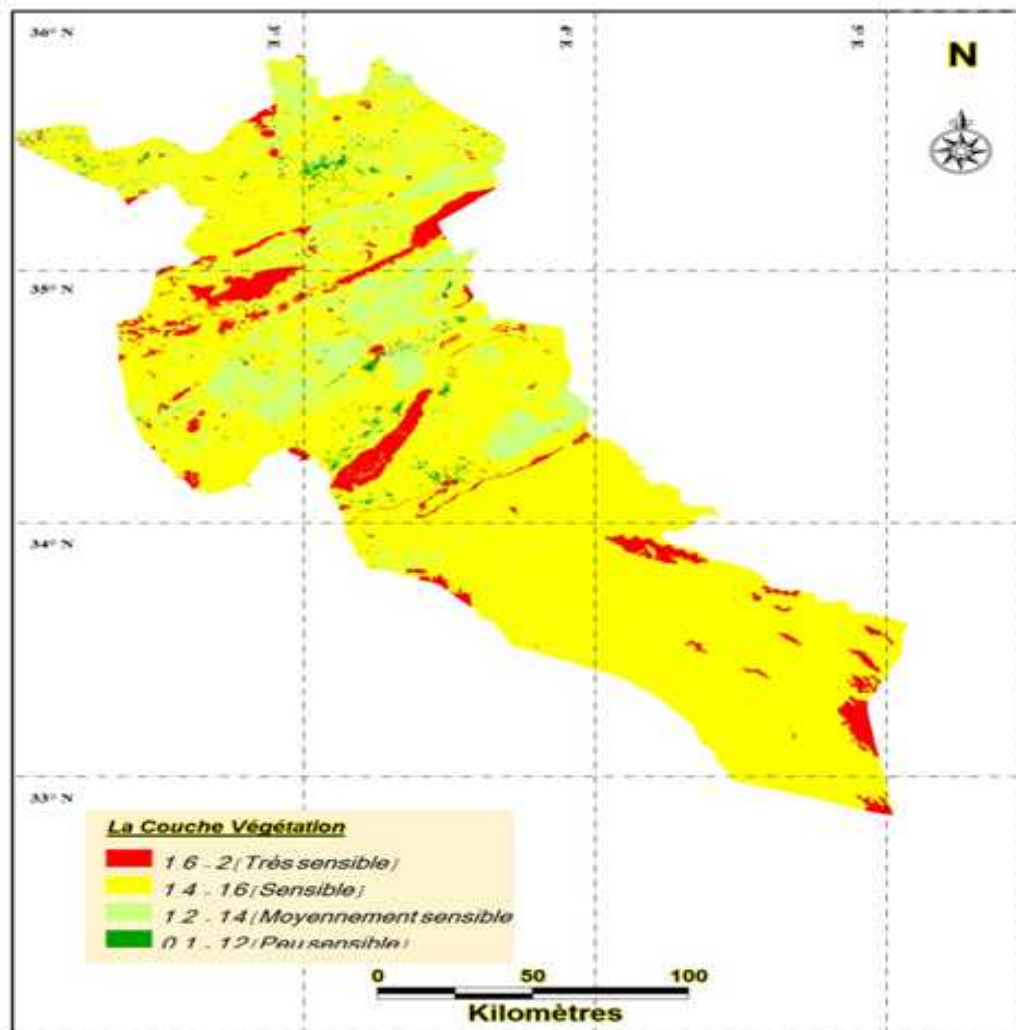


Figure 19 : Carte de l'indice de qualité de végétation

La classe de bonne qualité couvre la plus petite partie 302,429 km² soit 0.93% de la surface totale, avec un indice de qualité inférieur à 1,2. Cette classe concerne seulement les cultures irriguées de faible surface qui sont réparties essentiellement sur les bordures des cours d'eau.

La classe de qualité moyenne s'étend sur une superficie de 4989.58km² soit 15,42%, avec un indice de qualité de végétation entre 1,2 et 1,4. Cette classe est étendue entre une latitude de 34,3°N et 35,4°N où la forêt occupe les chaînes de montagnes du Séalba, du Djebel Azreg et du Djebel Boukahil. Les forêts sont claires et aérées par manque de sous-bois conséquent et l'inexistence de maquis avec culture sèche et une couverture steppique dégradée.

Cependant la classe de qualité mauvaise occupe la plus importante superficie qui représente plus de deux tiers (77,22 %) soit 2498,471km², avec un indice entre 1,4 et 1,6. Cette classe est répartie sur divers emplacements dans la région. L'action conjuguée de la hache, du feu et du pâturage, et la présence des grès (une fois altérés et transformés en sable) a provoqué une dégradation de cortège floristique jusqu'à un milieu à végétation rare.

En effet, les sols de la steppe contiennent drastiquement le calcaire, source principale de calcium (Ca²⁺). Le calcium en excès est connu par son effet néfaste sur la plante et le sol.

Pour la classe de très mauvaise qualité, la superficie est 2080.52 km² et un taux de 6,43% de la surface totale avec un indice supérieur de 1,6. Cette classe est occupée par des sebkha colonisées par une végétation halophile à base d'Atriplex et sol nu.

IV.1.3.Indice de qualité du sol (IQS)

L'absence des données pédologiques sur la profondeur du sol de la wilaya de Djelfa, nous a amenés à utiliser directement la carte de la qualité du sol de l'Algérie réalisée par (Salamani et al., 2006).

Pour exploiter cette couche d'information indispensable à notre modèle, nous avons fait une extraction spatiale selon les limites administratives de la wilaya de Djelfa

Pour chaque unité de végétation (type phytosociologique) sont renseignés le score de chaque paramètre et l'indice de qualité du sol. Pour la cartographie de la qualité des sols, les classes adoptées figurent dans le tableau 20.

classe	Sensibilité	IQS	%	Surface (km ²)
1	Très Sensible	1.85	28.07	9082.8
2	Sensible	1.6	59.39	19218.8
3	Moyennement sensible	1.35	12.54	4058.4

Tableau 20: Répartition des classes portant indice de qualité du sol

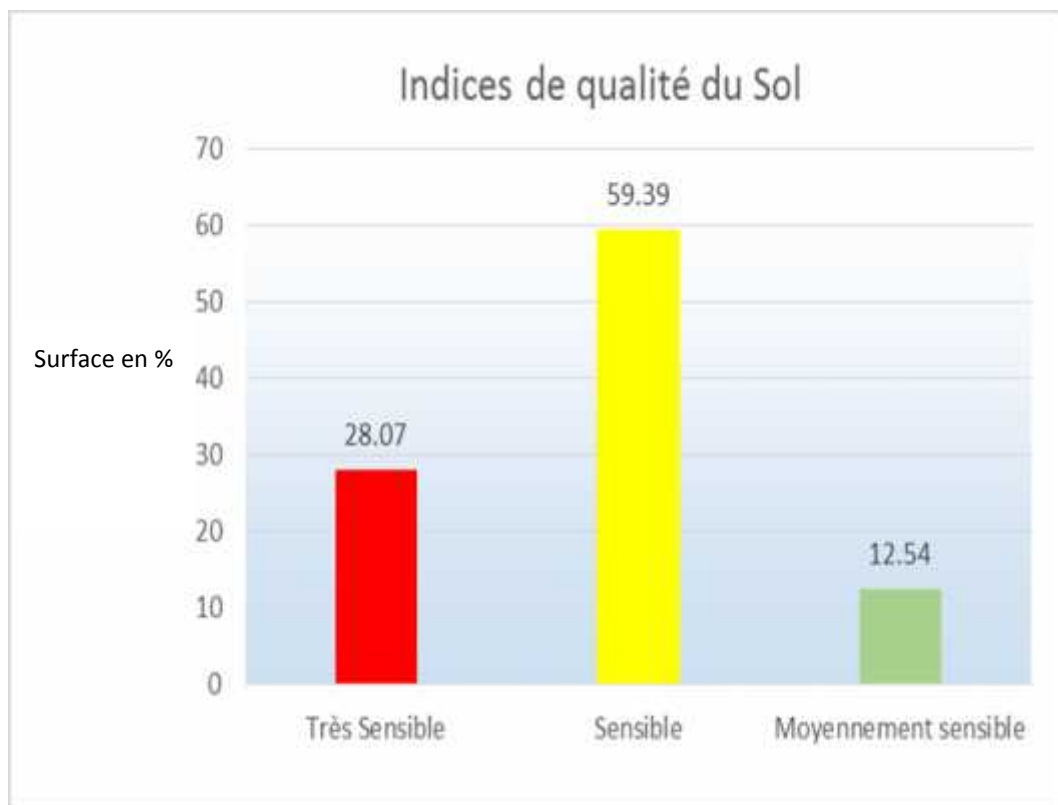


Figure 20: Indice de qualité du sol

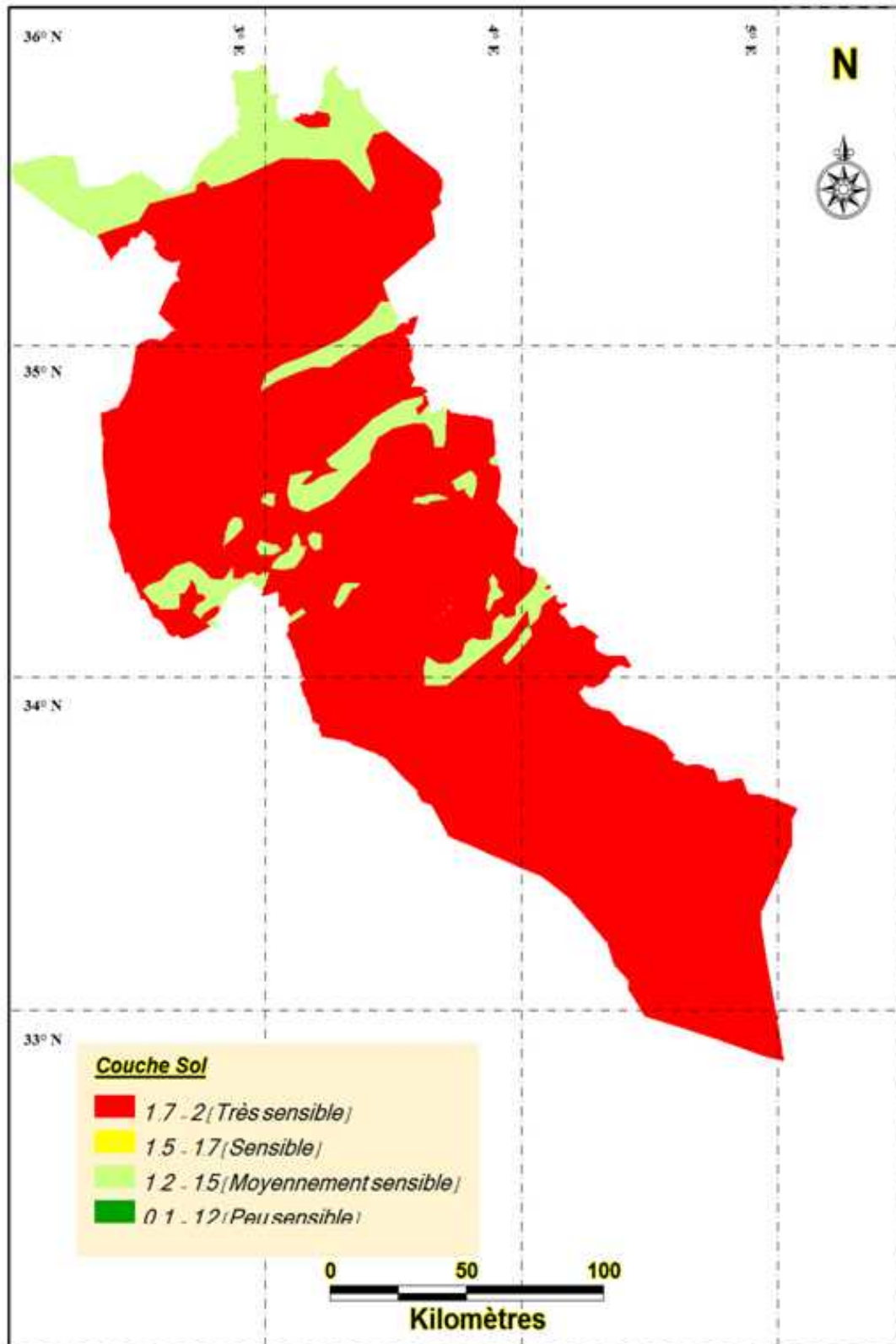


Figure 21: Carte de l'indice de qualité du sol

La carte obtenue par l'indice de la qualité des sols (Figure 21) montre que la classe des sols à qualité moyenne (moyennement sensible) s'étend sur une superficie de 4058.4 km² soit un taux de 12,54% de la surface totale avec indice entre 1,2 et 1.4.

L'existence des bons sols est très limitée surtout au nord de la région. Ces derniers sont destinés aux cultures d'une manière générale, ils se localisent dans les dépressions, les lits d'oueds, les dayas et les piémonts de montagnes par le fait que leur situation permette une accumulation d'eau et d'éléments fins. Ainsi que l'existence d'un massif forestier (naturel ou reboisé) au milieu de la région joue un rôle très important sur la qualité des sols.

La classe des sols à mauvaise qualité (sensible) occupe la grande partie avec une superficie de 19218.8 km² soit un taux de 59,39% de la surface totale de la wilaya et un indice de qualité entre 1,4 et 1,6. . Cette classe est répartie sur la plus part de la surface de la région due à l'extension considérable des sols à croûte calcaire sur les matériaux très divers : alluvions, colluvions de piedmont, argiles sableuses rouges , etc.

Cet encroustement calcaire comme étant général dans les sols steppiques et faisant la principale caractéristique édaphique de la steppe algérienne, représente aussi la principale contrainte de ses sols contre toute agriculture

Pour les zones de très mauvaise qualité des sols (haute vulnérabilité), elle occupe 28,07% de la surface totale avec un indice supérieur à 1,6.

D'une façon générale les sols de la région de Djelfa sont squelettique fragile et pauvre en matière organique, ils représentent une faible stabilité structurale (pauvre en humus). Ce sont des sols peu profonds, souvent ils présentent une croûte calcaire avec un taux de salinité remarquable et l'accumulation sableuse des principales caractéristiques.

IV.2. Détermination de l'indice de sensibilité à la désertification

Classe	Sensibilité	Surface (km ²)	%
1	Très sensible	27144.89	83.88
2	Sensible	5147.05	15.91
3	Moyennement Sensible	68.06	0.21

Tableau 21 : Répartition des classes portant l'indice de sensibilité à la désertification

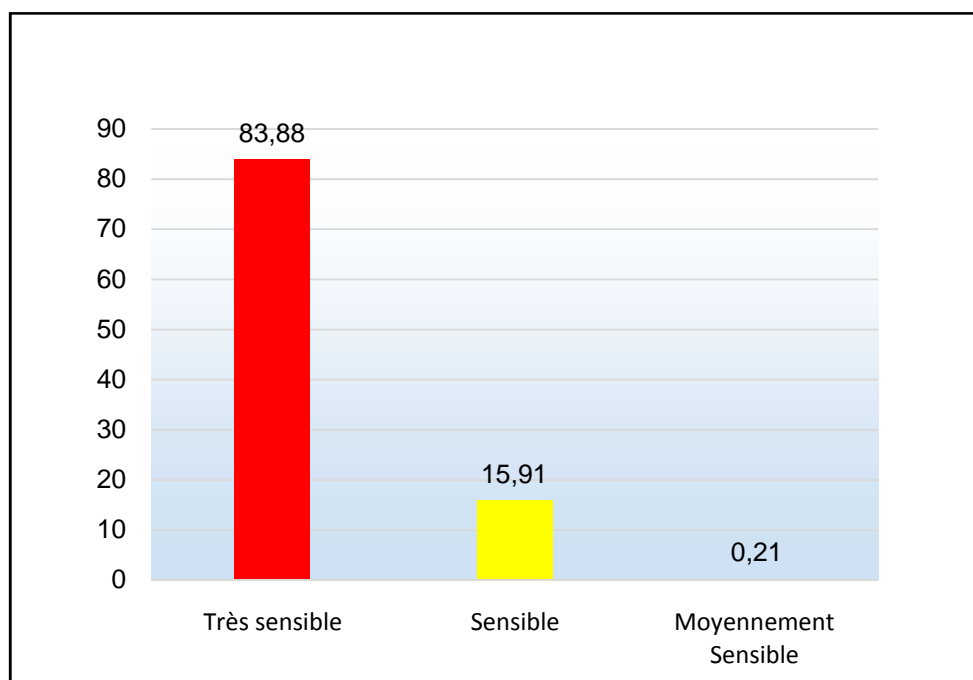


Figure 22:Indice de sensibilité à la désertification

IV.2.1. Le croisement de tris couches par le SIG

Les trois couches ont été superposées par l'option « overlay.mbx » sur Mapinfo. La couche de qualité du sol a été obtenue par superposition des couches suivantes : textures, profondeur, pente et lithologie. Une fois cette couche est réalisée, on a procédé à un premier croisement entre cette couche et celle de la qualité du climat (croisement1).La dernière étape était la superposition du croisement 1 et, la couche de la qualité de la végétation pour l'élaboration de la carte de sensibilité à la désertification.

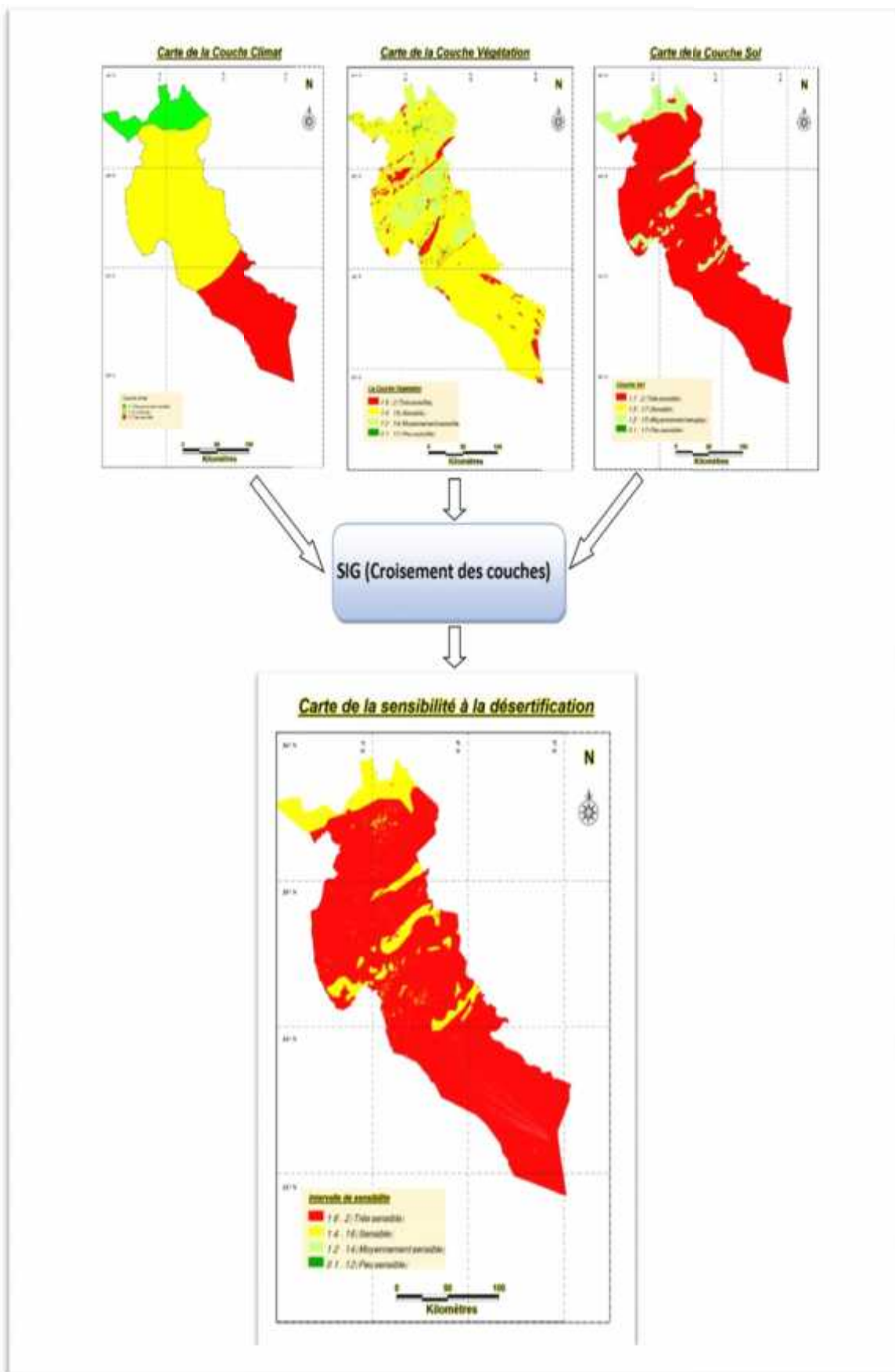


Figure 23 : Croisement des couches

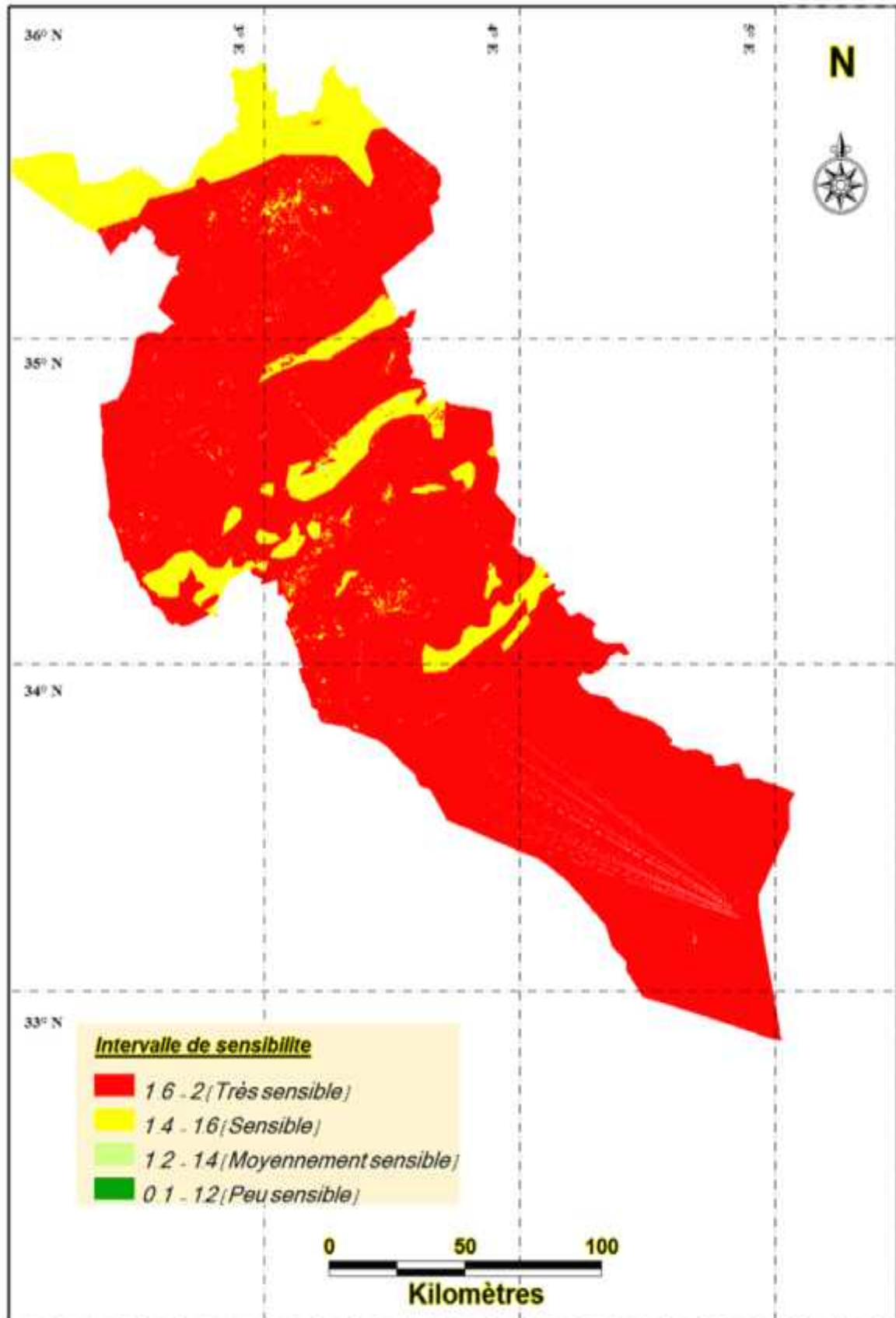


Figure 24 : Carte de la sensibilité à la désertification

D'après la carte de la sensibilité à la désertification précédente :

Les zones sérieusement menacées par la désertification et qui sont constituées par les terres très sensibles (critique) sont réparties généralement sur toute la région, elles représentent 83,88% de la surface totale avec un indice de sensibilité entre 1,6 et 2. Ces zones sont caractérisées par la présence d'une végétation steppique très dégradée en association avec quelques vestiges d'alfa, reposant sur un support édaphique de type différent, à texture sableuse d'une part et par les dépressions salées comme les chotts et les sebkhas entourés de sols halomorphes occupés par une végétation halophyte. Elles occupent une superficie de 27144.89 km².

Pour les zones sensible à la désertification, elles représentent un taux de 15,91% de la surface totale avec un indice de sensibilité entre 1,4 et 1,6. Ce sont les zones caractérisées par un couvert végétal dégradé à très dégradé qui sont sur des sols de type évolué et de type peu évolué. Cette classe de sensibilité occupe près de 5147.05 km².

La classe des zones moyennement sensible à la désertification occupent la plus petite surface 68.06 km² soit un taux de 0,21% de la surface totale avec un indice de sensibilité inférieur de 1,4. Cette classe est caractérisée par des sols minéraux bruts, des parcours à base d'alfa bien venante, des massifs montagneux et des matorrals constitués par une végétation à base d'alfa et de genévrier. Cette végétation est dotée de grandes potentialités de régénération pouvant stopper l'effet d'érosion. Ainsi que les lits d'oueds et dayas occupés par la céréaliculture.

Conclusion

La désertification est un terme souvent utilisé pour décrire des conditions qui s'apparentent à l'avancée du désert dans les zones aride et semi-aride. Dans cette étude, on a essayé de cartographier la vulnérabilité à la désertification par l'adaptation de l'approche MEDALUS et l'utilisation des outils de SIG. La région de Djelfa constitue un milieu steppique très sensible à ce phénomène plus de deux tiers de la superficie totale (27144.89km²) sont très menacées par ce phénomène qui nécessite un processus d'apprentissage collectif pour explorer et innover de nouvelles approches de développement, pensées dans une perspective agro-écologique intégrée et qui soient socialement acceptées, est riche en enseignements tant sur le processus lui-même que sur le contenu.

Conclusion générale

En générale, la désertification est l'un des risques majeurs qui menace les régions à climat méditerranéen dans l'étage aride et semi-aride. Une telle dégradation peut avoir des causes multiples.. En revanche, on constate une dégradation importante et spectaculaire des terres steppiques est liée directement à la vulnérabilité du milieu, qui déterminée par le type du climat, l'état de végétation et de sol et par fois l'anthropisation qui constitue un élément catalyseur.

La région de Djelfa présente une superficie assez importante de terres sensibles à très sensibles à la désertification représentant près de 373 000 hectares. De texture à dominante sableuse, les sols affectés à la mise en valeur agricole (plaine du grand synclinal de Djelfa), une fois privés du couvert végétal permanent, seront soumis à une érosion éolienne intense. Le surpâturage, constitue la deuxième cause des processus de dégradation et de perte des terres.

Le contexte de cette étude est l'élaboration d'une carte de la sensibilité à la désertification. Nous nous sommes basés sur un modèle inspiré de celui de la méthode MEDALUS. Celle-ci est basée sur trois indices composés, chacun comprenant plusieurs sous-indicateurs et leurs analyses par l'utilisation des SIG. Les résultats ont montré l'intensité et la gravité des processus de désertification dans cette zone.

Cette carte de sensibilité à la désertification (en trois classes : très sensible, sensible, moyennement sensible) permettra la surveillance de l'écosystème steppique et la perception des changements agro-écologiques.

L'analyse des résultats obtenus à partir de cette étude montre l'importance du phénomène de la sensibilité à la désertification qui menace pratiquement la zone. Plus de deux tiers de la surface totale (83%) sont menacés par le problème. et plusieurs facteurs et leurs articulations dans l'espace et le temps ont été la cause de cet état de forte sensibilité à la désertification, et parmi les principaux ces facteurs qui sont très importants la faiblesse de qualité de sol et la mauvaise qualité de couvert végétal .

Cela nécessite pour une gestion efficace et durable et lutte contre la désertification une excellente connaissance des différents facteurs composants ces milieux, leurs interactions entre eux et leurs variations et dynamiques spatio-temporelle. Donc des ajustements et des orientations techniques et institutionnelles sont à prendre en considération lors de l'élaboration des stratégies sectorielles de la lutte contre la désertification. Nous citerons :

- constituer des bases de données sur l'état des écosystèmes, de suivre leur dynamique dans l'espace et dans le temps, d'identifier les causes de la dégradation et de proposer, sur ces bases, des outils d'aide à la décision, des modèles de gestion rationnelle des ressources naturelles et des méthodes de réhabilitation des zones dégradées en adéquation avec les besoins populations locales dans une approche participative.
- la réalisation d'un inventaire des aménagements (CES, forêts, parcours) réalisés et la mise en place d'une base de données géoréférencées.
- La promotion de plateformes de partenariat multi acteurs (recherche/développement/décideurs/population) pour le traitement des problématiques complexes.
- Le renforcement de l'encadrement du développement local par la formation, une meilleure dotation en moyens et instauration d'incitations.

L'encadrement de l'initiative locale pour une politique globale de développement de la steppe qui spécifie les grands objectifs pour la région ainsi que les mécanismes d'interventions, mais qui laisse une marge de liberté aux agents locaux dans la proposition des actions de développement spécifiques et adaptées.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

- 1-A.N.R.H., 1994** -.Agence National des Recherches Hydrauliques. Synthèse des études et exploitation des données existantes su le synclinal de Djelfa pp.45 – 90.
- 2-A.N.R.H., 2005** - Agence National des Recherché Hydrauliques .Carte de l'évapotranspiration.
- 3-A.N.A.T., 2004** - Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire .carte d'occupation du sol.
- 4-ANAT., 2004** - Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire. Carte bioclimatique de l'Algérie.
- 5-BAGNOULS F et GAUSSEN H., 1953** - Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. louse.88 :193-239.
- 6-B.N.E.F., 1983** - Bureau National des Etudes Forestières. Etude d'Aménagement forestière sur 32000Ha de Pin d'Alep (Sénalba chergui, Djelfa).P32
- 7-CCT., 2002** - Centre Canadien de Télédétection. Notions fondamentales de télédétection. 226 p.
- 9-C.C.T., 2007**- Centre Canadien de Télédétection. Notions fondamentales de télédétection : un cours tutoriel. Ressources naturelles Canada. 266 p.
- 10-C.E., 1999** - The MEDALUS project Mediterranean Désertification and land use: Manual on key indicators of Désertification and mapping environmentally sensitive areas to Désertification. Kosmas C., Kirkby M., Geeson N. Eds. European commission, Community research (EUR 18882).
- 11-CHIKHI L.H., 1989** - Approche écologie du Criqyepèlerin, Schistocercagregaria Forskal (Orthoptera, Locustodea) dans la région de Djelfa. P46.
- 12-CNULD., 1994** – Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification, dans les pays gravement touchés par la sécheresse et :ou la désertification, en particulier l'Afrique, texte avec annexes publié par le secrétariat de la convention, Bonn (Allemagne). .
- 13-CONDOM T., 2006** - Glossaire SIG Institut EGID – Bordeaux III.P 03
- circum-sahariennes », Paris, France.CR Acad Agric, Fr, P 90.

Références Bibliographiques

- 15-Dellouli S., 2006** - L'écologie de quelques groupes de macro-arthropodes (Coleoptéra-Arenea) associés à la composition floristique en fonction des paramètres; altitude-exposition, cas de la forêt de Sénalba Chergui. Thèse Magister Sciences Agronomiques, Centre Universitaire Djelfa, 119 p.
- 16-DESHAYES M et MAUREL P., 1990** - l'image spatiale et son contenu. CIHEAM-options méditerranéennes sur la télédétection en agriculture
- 17-D.G.F., 2004** - Direction Générale des forêts, Rapport national de l'Algérie sur la mise en œuvre de la Convention de Lutte Contre la Désertification, DGF, Algérie, 35 p.
<http://www.unccd.int/cop/reports/africa/national/2004/algeria-fre.pdf>
- 18-DJEBAILI S., 1984** - Recherches phyto sociologiques et phytoécologiques sur la végétation des Hautes plaines steppique et de l'Atlas saharien. O.P.U Alger, 177p.
- 19-DJOUDI S., 2013** - Contribution à l'étude bioécologique des Arthropodes dans des formations à *Stipa tenacissima* L.(Poacées) de la région de Djelfa.P19.
- 20-DUVIGNEAUD P., 1980** - La synthèse écologique. DOIN, paris .P76.
- 21-EMBERGER L., 1955** - Une classification biogéographique des climats .Rev .Trav .Lab. Bot. Montpellier, 7,3-43.
- 23-FAO., 1976** - Food and Agriculture Organization, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. La conservation des sols dans les pays de développement. Bulletin pédologique. 30 :92p
- 24-FAURIE C., FERRA C. et MEDORI P., 1980** - Ecologie. Ed. Baillaire J. -B., Parie, 168p.
- 25-GERARD G., 1999** - Climatologie des environnements. Cours et exercices corrigés. Ed. Dunod, Paris, P482.AZAC.E. (1991). Manuel des conifères. Edition E.N.G.R.E.F., P 220-221
- 26-GIRARD M-C., - 1999**Traitement des données de TLD, DUNOD, Paris, 529P.
- 27-HALITIM A., 1988** - Sols des régions arides d'Algérie. Office des publications universitaires. P54.
- 28-I.N.S.I.D., 2013** – Institut National des Sols, de l'Irrigation et de Drainage, carte pluviométrique.

Références Bibliographiques

- 29-KOSMAS C., KIRKBY M et GEESON N., 1999** - Manual on key indicators of Désertification and mapping environmentally sensitive areas to Désertification. The Medalus project on Mediterranean Désertification and land use.
- 30-LAURE N., CATHERINE F et RACHEL O ., 2010** - LiDAR : quel apport pour l'analyse des paysages ?.Bulletin AGER, pp.34-43.
- 31-LE HOUEROU H.N., 1993** - Changement climatique et désertisation. Sécheresse 4 : 95-111
- 32-LEGG CA., 1992**-Remote sensing and geographic information systems. Geological - mapping, mineral exploration and mining, Ed.Ellis Horwood.England, 166p
- 33-MEA., 2005**- Millennium Ecosystem Assessment- Ecosystems and human well-being: Désertification Synthesis. *Washington DC*, World Resources Institute.
- 34-NAHAL I., 1962** - Le pin d'Alep (*Pinus Halpensis* MILL), étude taxonomique, phytogéographique, écologie et sylvicole. Ann. Ec. Nat. Eaux et Forêt, Nancy, 19 (4).P 473-686
- 35-O.N.M.D., 2017** - Office National Météorologique Djelfa.
- 36-Ozenda P., 1983** - Flore du Sahara. 2e édition, C.N.R.S, Paris.
- 37-POUGETM., 1971** - Etude agro-pédologique du Bassin du Zahrez Gharbi à 1/100.000.(Feuille Rocher de Sel). Etude D.E.M.R.H., Alger, 160 p. et 5 cartes couler (cartes des groupements végétaux et aptitudes du milieu en collaboration avec H.N. LE HOUEROU).
- 38-POUGET M., 1980** - Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algeroise.Trav.et DOC.ORSTOM, paris, P53.
- 39-RAMADE F., 1984** - Elément d'écologie : Ecologie fondamentale. Mc Graw-Hill,Parie ,p 665
- 40-RAMADE F., 1997** - La conservation des écosystèmes méditerranéens. Aménagement et Nature, n° 121.
- 41-R.C.D., 2002** - Réserve de Chasse de Djelfa, Projet de gestion de la réserve de chasse d'Ain Maâbed (W. Djelfa), 103p

Références Bibliographiques

42-SALAMANIM et HIRCHE A., 2006 - L'état de la désertification en Algérie. Pp 165-171 in : Actes des journées internationales sur la désertification et le développement durable. CRSTRA-Université, Biskra

43-SELTZER P., 1946 - Le climat de l'Algérie. Inst. Météo. Et de Phys. Du globe. Univ. Alger.219p.

44-THERIAULTM., 1997-Systèmes d'information géographique. Concepts fondamentaux, notes de cours n°12.Département de Géographie, Université de LAVAL, Québec.

45-TRAYSSAC J., 1980 - Etude morphologique du bassin versant de l'oued Mellah Djelfa (versant nord des monts des monts des OULED NAILS) en Algérie. Thèse Doctorat 3ème cycle. Univ. Poitiers. Fac. Hum.221p.

48-TRABAUD L., 1996 - Effects of fire frequency on plant communities and landscape pattern in the Massif des Aspres (Southern France). Land scape Ecology, 11: 215-224

49-UN., 1994 – Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touché par la sécheresse et /ou la Désertification, en particulier en Afrique. Paris ,14 octobre 1994

Résumé

L'objectif de ce travail est l'évaluation de la sensibilité à la désertification selon la démarche MEDALUS élaborée pour la région méditerranéenne.

Cette Démarche se base sur plusieurs facteurs pertinents connus pour leurs influences sur les processus de désertification (climat, végétation, sol). Des données cartographiques et alphanumériques sont saisies et structurées dans une base de données, gérées et analysées par un système d'information géographique (SIG) afin d'obtenir les trois couches du modèle MEDALUS.

Les couches climat, sol et végétation alimentant notre SIG, sont obtenues à partir de la moyenne géométrique des valeurs pondérées des différents paramètres retenus pour caractériser et quantifier la désertification.

L'indice de désertification ainsi obtenu pour la wilaya de Djelfa montre que plus de 80% du territoire de la wilaya est menacé par le fléau de désertification.

Cette immense surface sensible nécessitera des projets d'aménagement visant l'atténuation de ce phénomène par l'intensification des reboisements, plantations pastorales et travaux de CES.

Mots clés : Djelfa, Indice de désertification, MEDALUS, SIG, Télédétection.

Abstract

The objective of this work is to assess sensitivity to desertification according to the MEDALUS approach developed for the Mediterranean region.

This approach is based on several relevant factors known for their influences on desertification processes (climate, vegetation, soil)

Mapping and alphanumeric data are captured and structured in a database, managed and analyzed by a geographic information system (GIS) to obtain the three layers of the MEDALUS model.

The climate, soil and vegetation layers that feed our GIS are obtained from the geometric average of the weighted values of the various parameters used to characterize and quantify desertification.

The desertification index thus obtained for the wilaya of Djelfa shows that more than 80% of the territory of the wilaya is threatened by the scourge of desertification.

This huge sensitive area will require development projects aimed at mitigating this phenomenon by intensifying reforestation, pastoral planting, water and soil conservation works.

Keywords: Djelfa, Desertification Index, MEDALUS, GIS, Remote Sensing.

الهدف من هذا العمل هو تقييم مدى تأثير ظاهرة التصحر وفقاً لنموذج MEDALUS الذي تم تشكيله ووضع له لمنطقة البحر الأبيض المتوسط ويستند هذا النموذج إلى عدة عوامل تؤثر بشكل كبير على ظاهرة التصحر (,).

المعطيات المتحصل عليها سواء كانت خرائط أو بيانات إحصائية يتم وضعها وترتيبها في قاعدة بيانات، تدرس وتحلل بواسطة نظام (GIS) وهذا (MEDALUS) التي يتم

الحصول عليها من المتوسط الهندسي للقيم المرجحة لمختلف المستخدمة في تحديد عوامل التصحر وقياسه كميًا. يدل مؤشر التصحر الذي تم الحصول عليه وفقاً لهذا النموذج في ولاية الجلفة على أن أكثر من 80% من أراضي الولاية مهددة بظاهرة التصحر.

إن هذه المساحة الواسعة المهددة بظاهرة التصحر تتطلب مشاريع إنمائية تهدف إلى التخفيف من حدة هذه الظاهرة من خلال تكثيف إعادة التحريج والزراعة الرعوية وأعمال حفظ المياه .

الكلمات الرئيسية: MEDALUS، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن .