

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم



UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM

Faculté des sciences de la Nature et de la Vie

Département des sciences agronomiques

Thèse

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de:

DOCTORAT EN SCIENCES

Filière: Sciences Agronomiques

Spécialité: Sciences des sols et foresterie

Par:

ANTEUR DJAMEL

Intitulé:

INTEGRATION DES DONNEES MULTI-SOURCES DANS UN SYSTEME D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES (SIG) POUR LE DIAGNOSTIC DU MILIEU ET L'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DE LA REGION STEPPIQUE OUEST-ALGERIENNE.

Soutenu le: 10/06/2019

Devant le jury composé de:

Président:	LOTMANI Brahim	Professeur	Université de Mostaganem
Promoteur:	REGAGBA Zineb	Professeur	Université de Tiaret
Co-Promoteur:	HADDAD Ahmed	Professeur	Université de Mostaganem
Examineur:	MEDERBAL Khalladi	Professeur	Université de Tiaret
Examineur:	LARID Mohamed	Professeur	Université de Mostaganem
Examineur:	REZZOUG Waffa Oum Elkheir	Professeur	Université de Tiaret

Année Universitaire: 2018-2019

DEDICACES

Je dédie ce manuscrite à

A mes très chers parents qui m'ont toujours encouragé à poursuivre mes études,

À mon frère HOCINE, et mes sœurs

A mes amis:

Monsieur, **Labani Abderrahmane** et **MEDERBAL mohammed touati** et **BAGHDADI Djilali**
et Mademoiselle **BELHACINI fatima** ; et Monsieur **REGAGBA Mohamed et FEKIR Youcef**
et **HAMADOUCHE Mohamed el Amine.**

Remerciements

Je remercie Allah le tout puissant de m'avoir aidé pour venir à terme de ce travail et de surmonter toutes les difficultés et de m'avoir accordé ce privilège de pour suivre le chemin de la science.

La réalisation de cette thèse n'aurait pas été possible sans l'aide de personnes que je tiens à remercier. En effet, ce travail, entrepris selon une démarche dont seul l'auteur en est responsable, n'a pu être mené à terme que grâce à l'aide d'un certain nombre de personnes qui par leurs conseils, leur critiques éclairantes et leur amabilité l'ont soutenu sans relâche. A toutes ces personnes, je leur formule mes vifs remerciements.

M'est agréable de remercier particulièrement:

*Mme **MEDERBAL-REGAGBA Zineb**, Professeur à l'Université de Tiaret, qui m'a mis sur la voie du présent travail, m'a intéressé davantage aux régions arides et m'a fait l'honneur de diriger mes travaux. Son attitude m'a permis d'avoir une grande liberté de travail, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude ;*
*Monsieur **HADDAD Ahmed**, Professeur à l'Université de Mostaganem, Co-encadreur qui m'a accordé sa confiance en acceptant d'encadrer ce travail ;*

*Monsieur **LOTMANI Brahim**, Professeur à l'Université de Mostaganem, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury et à qui je dois une reconnaissance toute particulière ;*

*Mes sincères remerciements s'adressent à Monsieur **MEDERBAL Khalladi**, Professeur à l'Université de Tiaret, Mme **REZZOUG Waffa Oum Elkheir**, Professeur à l'Université de Tiaret, et à Monsieur **LARID Mohamed**, Professeur à l'Université de Mostaganem qui me font l'honneur d'assister au jury de soutenance de ma thèse ; Sans hésitation, ils m'ont montré leur intérêt pour ma thématique de recherche et leur disponibilité à faire partie du jury.*

*Également, je remercie tout l'encadrement de l'Université de Mostaganem Pr. **HOMRANI Abdelkader et Mr. GHAFOUR Mohamed***

Enfin, n'oublie pas mes amis pour leur contribution directe ou indirecte à ce travail, sans eux rien n'aurait été possible.

Djamel

Résumé:

L'état de la steppe et son importance écologique, sociale et économique actuelle et son degré d'effondrement ainsi que la nécessité d'un développement durable ressortent et justifient le but de cette étude. Ce travail basé sur la télédétection et SIG, montre l'état grave et dégradée de la steppe, due aux facteurs climatiques, pédologiques et humains. La diversité végétale au niveau de la zone Brézina, revient à la famille des astéracées, aux poacées, aux chénopodiacées, aux fabacées et aux lamiacées reconnues par leur résistance à la rigueur des conditions climatiques difficiles, nous avons enregistré la présence de plantes endémiques par 13,50%, alors que la répartition biogéographique est dominée par l'élément Méditerranéen. La cartographie de la désertification nous a permis d'identifier les zones les plus vulnérables à ce phénomène, avec plus de 89% de la superficie gravement menacée. Pour une bonne planification et gestion du périmètre irrigué de Dayet Zraguet, appartenant à la steppe de Saida, nous avons étudié et caractérisé spatio temporellement la salinité des sols, en intégrant les résultats d'analyses de laboratoire et les données de télédétection (indice de salinité) dans un système d'information géographique, ce qui nous a permis de dresser des cartes des classes de salinité et la carte de changement entre deux périodes distinctes ; cette dernière montre une fluctuation .

Mots-clés: Ouest Algérien, Steppe, Télédétection, SIG, Diversité végétale, Désertification, Salinité, Brézina, Dayet Zraguet,.

Summary:

The state of the steppe and its current ecological, social and economic importance and degree of collapse, as well as the need for sustainable development, stand out and justify the purpose of this study. This work based on remote sensing and GIS, shows the serious and degraded state of the steppe, due to climatic, soil and human factors. Plant diversity in the Brézina zone is the family of asteraceae, poaceae, chenopodiaceae, fabaceae and lamiaceae recognized by their resistance to severe climatic conditions, we have recorded the presence of endemic plants by 13, 50%, while the biogeographical distribution is dominated by the Mediterranean element. The mapping of desertification has allowed us to identify the most vulnerable areas to this phenomenon, with more than 89% of the area seriously threatened. For a good planning and management of the irrigated perimeter of Dayet Zraguet, belonging to the steppe of Saida, we studied and characterized spatio temporally soil salinity, integrating the results of laboratory analysis and remote sensing data (salinity index) in a geographic information system, which allowed us to map salinity classes and map change between two distinct periods; the latter shows a fluctuation.

Key words: Western Algeria, Steppe, Remote sensing, GIS, floristic diversity, desertification, salinity, Brézina, Dayet Zraguet,

الملخص:

حالة السهوب و أهميتها الإيكولوجية ، الاجتماعية و الاقتصادية في الوقت الحالي و درجة تحطمها و ضرورة التنمية المستدامة تبرز و تبرر الهدف من هذه الدراسة . تظهر هذه الدراسة حالة السهوب الخطيرة و المتدهورة بسبب عوامل المناخ ، التربة و الإنسان معتمدين في ذلك على نظامي المعلوماتية الجغرافي و الاستشعار عن بعد . التنوع النباتي على مستوى منطقة بريزينة يعود إلى عائلة المركبات ، الحبوب ، البقوليات ... المعروفة بتأقلمها مع العوامل المناخية القاسية ، سجلنا تواجد النباتات المستوطنة بنسبة 13,50 بالمائة كما لوحظ أن التوزيع الجغرافي المتوسطي هو الأكثر انتشارا في المنطقة . يمكننا إعداد خريطة التصحر تحديد المناطق الأكثر عرضة لهذه الظاهرة ، حيث أكثر من 89 بالمائة من المنطقة مهددة بشكل خطير. من أجل تخطيط جيد وتهيئة للمحيط المسقي لضاية الزراعة المتواجد بسهوب سعيدة، قمنا بمتابعة درجة ملوحة التربة وتحديد فضاءها-زمنيا معتمدين بذلك على نتائج تحاليل مخبرية، معطيات نظام الاستشعار عن بعد ونظام المعلوماتية الجغرافي وذلك بإنجاز خرائط توزيع وتغير درجة الملوحة، حيث تم اكتشاف أن هاته الأخيرة في تذبذب.

الكلمات المفتاحية: الغرب الجزائري، سهوب ، الاستشعار عن بعد ، نظام المعلوماتية الجغرافي ، تنوع نباتي ، تصحر ، ملوحة ، بريزينة ، ضاية الزراعة.

Liste Des Tableaux

N°	Tableaux	
1.	Evolution de l'occupation de sol dans la zone steppique	10
2.	Evolution du cheptel (10 ³ eq. ovin) et de la charge pastorale (ha/eq.ovin).	21
3.	Evolution de la population algérienne et la population steppique	23
4.	Evolution du cheptel (10 ³ têtes).....	24
5.	Principales caractéristiques des couples capteurs vecteurs utilisés en télédétection spatiale terrestre	40
6.	Régression du couvert forestier entre 1990 et 2003 (FAO ,2004).....	64
7.	Zones de sensibilité à la dégradation de l'ouest Algérie. (Benmessaoud, 2009)	70
8.	Utilisation des terres en Algérie.	72
9.	L'accroissement du ruissellement et la réduction de l'infiltration	73
10.	Principales stations météorologiques de référence de la région d'étude.	95
11.	L'indice d'aridité de De Martonne	97
12.	La Continentalité Thermique des stations des stations d'étude durant la période (1990-2014)...	98
13.	Régimes pluviométriques saisonniers.....	99
14.	Valeurs du quotient pluviométrique	103
15.	Répartition de la population totale par dispersion RGPH 2008 (nomade non inclus):	105
16.	Evolution de la population totale entre 1998 et 2008.	105
17.	Structure par âge et par sexe de la Population de la commune RGPH 2008.....	106
18.	Poids démographique selon dispersion (1998-2008).....	107
19.	Les secteurs d'activités Agriculture et industrie.....	107
20.	les surfaces agricoles utilisées.	108
21.	les surfaces agricoles non utilisées.	108
22.	les rendements moyens d'agriculture par hectare.....	108
23.	La répartition des cheptels par nombre de têtes.....	108
24.	Présentation des coordonnées géographiques des relevés effectués sur terrain	115
25.	Pourcentage des familles en fonction de leur présence dans la zone d'études.....	122
26.	Représentation de la présence des types biologiques en %.	125
27.	Inventaire exhaustive Selon Quezel et Santa (1962).	128
28.	Valeurs propres et pourcentage d'inertie des 3 premiers axes d'AFC.	130
29.	Qualité du sol.....	141
30.	Qualité de la végétation	143
31.	Qualité du climat.....	144
32.	Qualité du système d'aménagement	145
33.	Indice de sensibilité à la désertification.....	146
34.	Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008).....	153
35.	Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (Aubert, 1978)	157
36.	pH des sols selon l'extrait 1/5 le pH l'extrait (Soltner, 1989):	157
37.	SAR Selon Sevant et al. 1966 (in Benzhi 1994).....	157
38.	La répartition des classes des pentes dans la zone d'étude.....	163
39.	La répartition des classes des expositions dans la zone d'étude.....	165
40.	La répartition des classes des altitudes dans la zone d'étude	167
41.	Situations des stations météorologiques (ONM)	169
42.	Classification des deux stations de référence selon le quotient d'Emberger.....	175
43.	Indice d'aridité de Demartonne	176
44.	Caractérisation des principaux points d'eau analysés	177
45.	Résultats d'analyses physicochimique l'eau (Source: in AÏMER. H. 2005)	178

46.	Résultats des mesures de la conductivité électrique et le PH	186
47.	La répartition des classes du degré de salinité 2008	193
48.	La répartition des classes du degré de salinité 2017	195
49.	Superficies des différents types de changement pour la période 2008 et 2017	196
50.	Répartition des précipitations moyenne mensuelles en mm (1990-2014)	218
51.	Températures moyennes mensuelles (°C) durant la période (1990-2014)	218
52.	Pourcentage des types morphologiques de la zone d'étude	219
53.	Le taux du degré de rareté dans les principales distributions biogéographiques. Selon Quezel et Santa (1962)	219
54.	Répartition des types biogéographiques.	220
55.	Moyennes mensuelles de la pluviométrie (1985-2014)	221
56.	Tableau brut de l'ensemble des relevés floristiques	222

Liste des figures

N°	Figures	
1.	Limites naturelles de la steppe algérienne (Hadeid, 2009).....	6
2.	Répartition des parcours par groupe de formation végétale (Source: HCDS 2009)	9
3.	Carte des classes de biomasse (Source: HCDS 2009).....	12
4.	Evolution des importations d'orge et de maïs depuis l'indépendance (Source: Bensouiah, 2004).	20
5.	Evolution de la pluviosité (1907-2003) dans le Sud	22
6.	Carte de sensibilité à la désertification (Source: DGF 2007).....	29
7.	Processus et mécanismes mis en jeu dans les phénomènes de dégradation	30
8.	Principe de base de la télédétection.....	35
9.	Principe d'un système de télédétection. (Source: IGN. 2008)	35
10.	Représentation de l'onde électromagnétique.....	36
11.	Domaine spectral des longueurs d'onde (Source: IGN, 2008).....	37
12.	Courbe de réflectance des végétaux, sols et eaux (Soudani, 2006).....	37
13.	Schéma général d'un capteur (Girard and Girard 1999).....	38
14.	Description d'une image numérique.	43
15.	réponse spectrale caractéristique de la végétation chlorophyllienne (d'après Hoffer, 1978 in Corbane, 2006)	48
16.	Les modes de représentation des données géographique	57
17.	Carte synthèse de sensibilité à la désertification. (M. Benslimane, 2008).....	69
18.	Carte nationale de sensibilité à la désertification aux 1/200.000 couvrantes 12 wilayas steppiques (27 millions 435 mille hectares)	77
19.	Situation Géographique de la Wilaya d'El Bayadh.....	82
20.	Carte administrative de la wilaya d'El Bayadh.	83
21.	Situation géographique et délimitation de la zone d'étude.	85
22.	22 Carte d'altitude du bassin versant de Brézina. (Source: MNT 12m)	87
23.	Carte d'exposition du bassin versant de Brézina. . (Source: MNT 12m).....	88
24.	Carte de pente du bassin versant de Brézina. (Source: MNT 12m)	89
25.	Carte géologique du bassin versant de Brezina.....	91
26.	Les différentes classes du sol du bassin versant de Brezina.....	91
27.	Carte lithologique du bassin versant de Brezina.	91
28.	Réseau hydrographique du bassin versant de Brézina.	92
29.	Carte d'occupation du sol du bassin versant de Brezina.	94
30.	Répartition des précipitations moyenne mensuelles en mm (1990-2014).....	96
31.	Températures moyennes mensuelles (°C) durant la période (1990-2014)	96
32.	Abaque de l'indice d'aridité annuel de DE MARTONNE.....	98
33.	Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson station d'El Bayadh	100
34.	Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson station d'El-Kheither	100
35.	Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson station d'El Abiodh Sidi Cheikh.....	101
36.	Direction des vents de la région d'El-Bayadh selon leurs fréquences en %	102
37.	Climagramme d'Emberger.	104
38.	Démarche méthodologique.....	113
39.	Carte de localisation des relevés floristiques au niveau du bassin versant de Brezina.	115
40.	Mosaiquage des deux images Landsat 8 OLI/TIRS. (LC08_L1TP_196037_20160613, LC08_L1TP_197037_20160613).....	116
41.	Composition vrai couleur R V B du bassin versant de Brezina. (Source: image satellitaire Landsat 8 Oli , Mai 2016).....	117
42.	Composition fausse couleur R (bande PIR) / V (bande rouge) / B (bande vert).....	118
43.	L'indice de végétation du bassin versant de Brezina.	119

44.	Carte classification non supervisée du bassin versant de Brezina (Source: image satellitaire LandSAT8 Oli, Mai 2016)	120
45.	Répartition des familles selon le nombre d'espèces.....	121
46.	Présentation des familles en % en fonction de leur présence.....	123
47.	Présentation des types morphologiques de la zone d'étude	124
48.	Répartition des espèces en fonction du type biologique.	124
49.	Répartition des types biogéographiques de la zone d'étude.....	126
50.	Degré de rareté dans les principales distributions biogéographiques.....	127
51.	Dendrogramme des espèces (zone d'étude)	131
52.	Plan Factoriel des espèces – Zone d'étude (axe1-axe2).....	134
53.	Plan Factoriel des espèces – Zone d'étude (axe1-axe3).....	135
54.	Les étapes suivis pour le calcul de l'indice ISD	139
55.	Carte Qualité du sol	142
56.	Carte Qualité de la végétation	143
57.	Carte qualité du Climat.....	144
58.	Carte qualité de système d'aménagement	145
59.	Répartition spatial des classes de sensibilité à la désertification.....	147
60.	Origine de la salinisation du sol (IPTRID, FAO, CISEAU, 2006).	153
61.	Carte de localisation le périmètre de dayet-Zeraguet.....	161
62.	Les formations géologiques du périmètre de Dayet Zeraguet.....	163
63.	Carte des pentes de la zone d'étude à partir du MNT 12m de résolution	164
64.	Carte d'exposition de la zone d'étude à partir du MNT 12m de résolution	166
65.	La carte hypsométrique de la zone d'étude à partir du MNT 12m de résolution.....	167
66.	Carte de réseau hydrographique de la zone d'étude.....	168
67.	Moyenne mensuelle des précipitations (1985-2014) (Source: I.N.R.F Ain Skhouna 2014).....	170
68.	Histogramme du régime saisonnier (Station d'Ain Skhouna).....	171
69.	Variation des températures moyennes mensuelle de la station Ain Skhouna entre 1983 et 2013	172
70.	Courbes de variations interannuelles de l'évaporation et des précipitations (Période 1998-2009)	173
71.	Détermination du type de climat d'après le climagramme d'EMBERGER.....	175
72.	Diagramme Ombrothermique de la station d'Ain Skhouna	177
73.	Carte de localisation des forages destinés pour l'irrigation (C4 et F17).....	178
74.	Classification des eaux dans le diagramme de Piper.....	180
75.	diagramme de Berkallof	181
76.	Mesure de la Conductivité électrique.....	185
77.	Carte de localisation des points d'échantillonnage	187
78.	Composition colorée des images satellitaire du périmètre irrigué: (a) image 2008 (b) image 2017	188
79.	Carte De L'indice de salinité de la zone d'étude (image satellitaire land SAT ETM 18/10/2008)	190
80.	Carte de L'indice de salinité de la zone étude (image satellitaire land SAT Oli8 du 26/10/2017)	191
81.	Relation linéaire entre la conductivité électrique et l'indice de salinité.....	192
82.	Carte des classes de salinité par télédétection 18/10/2008.....	193
83.	Répartition en pourcentage des classes du degré de salinité 2008	194
84.	Carte des classes de salinité par télédétection 26/10/2017.....	194
85.	Répartition en pourcentage des classes du degré de salinité 2017	195
86.	Carte de changement de la salinité entre 2008 et 2017	196
87.	Présentation en pourcentage des Superficies des différents types de changement pour la période 2008 et 2017	197

Liste des abréviations

ACL	: Agglomération chef –lieu.
ADEP	: Associations pour le développement de l'élevage pastoral
AFC	: Analyse factorielle des correspondances
AVHRR	: Advanced Very High Resolution Radiometer.
AS	: Agglomération secondaire.
APFA	: Accession à la propriété foncière Agricole
BTPH	: Bâtiment, travaux public et hydraulique.
C°	: Celsius.
CHA	: Classification hiérarchique ascendante
CE	: Conductivité électrique
CEPRA	: Coopératives d'élevage pastoral de la révolution agraire
CNIG	: Conseil national de l'information géographique
CNTS	: Centre national des Technique spatiales
C.S.F.D	: Comité scientifique français de la désertification.
DGF	: Direction générale des forets.
DSA	: Direction des services agricoles
DPSB	: Direction de la programmation et du suivi budgétaires.
ETM+	: Enhanced Thematic Mapper plus.
ETP	: Evapotranspiration potentielle
ETR	: Evapotranspiration réelle
ESP	: Taux de sodium échangeable.
FAO	: Organisation pour l'alimentation et l'agriculture
GCA:	: Générale des concessions agricoles
GPS	: Global Positioning System
HCDS	. Le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe.
IQC	: Indice de la qualité du climat
IQS	: Indice de la qualité de sol
IQV	: Indice de la qualité de la végétation
IQSA	: Indice de la qualité de système d'aménagement des terres
ISD	: Indice de Sensibilité à la Désertification
LAD	: Leaf Angle Distribution.
MEDALUS	: Mediterranean Desertification and Land Use
MNT	: Modèle numérique du terrain
MS/ha	: Matière sèche par hectare

NASA	: National Aeronautical and Space Administration (Etats-Unis)
NDVI	: Normalized difference vegetation index.
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration.
O.M.S	: Organisation mondiale de la Santé
O.N.M	: Office national de météo.
ONS	: Office National des statistiques.
O.P.I	: Office de gestion du périmètre d'irrigation
PDAU	: Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme.
PNDAR	: Programme National de Développement Agricole et Rural
PT	: Pourcentage total.
POP	: Population.
PIB	: Produit intérieur brut.
REM	: Rayonnement électromagnétique.
R.G.P.H	: Recensement général de la population et de l'habitation.
RN	: Route nationale.
ROS	: Radar à Ouverture Synthétique
SAU	: Surface agricole utilisée
SAT	: Superficie Agricole totale
S. A.N. U	: Surface agricole non Utilisée
SAR	: Sodium Adsorption Ratio
SGBD	: Systèmes de gestion de bases de donnés.
SIG	: Systèmes d'informations géographiques.
UF	: Unité fourragère
UF/ha	: Unité fourragère par hectare
UTM	: Universal Transverse Mercator (projection)
TM	: Thematic mapper.
WDVI.	: Weighted difference vegetation index

TABLE DES MATIERES

Résumé	I
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	V
Liste des abréviations.....	VII
TABLE DES MATIERES.....	IX
Introduction générale	1
PARTIE I REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	3
CHAPITRE I Présentation de la steppe	4
1- Synthèse des conditions physiques du milieu:.....	5
2- Synthèse des conditions biotiques du milieu:.....	7
3- Occupation des sols.....	10
4- Pastoralisme et élevage dans la steppe.....	11
5- Phytomasse et production primaire des parcours steppiques.....	11
6- Politiques d'organisation des parcours steppiques.....	12
7- Synthèse des principaux travaux sur les steppes algériennes.....	14
CHAPITRE II Problématique de la steppe Algérienne	17
1- Introduction	18
2- Mécanismes et causes de la dégradation des parcours steppiques.....	19
2-1 Le surpâturage.....	19
2-2 La céréaliculture et les défrichements.....	21
2- 3 Sécheresse et changements climatiques.....	22
2-4 Croissance de la population de la steppe Algérienne.....	23
2-5 Evolution du cheptel.....	24
2-6 Régression du nomadisme.....	25
2-7 Arrachage des espèces Ligneuses.....	26
2- 8 Accès aux ressources hydriques.....	26
2- 9 Vulnérabilité des sols steppiques.....	27
2-10 Insuffisance de réglementations appropriées.....	27
3- La menace de désertification.....	28
4- Impact des stratégies menées dans la steppe.....	30
5- Conclusion	32
CHAPITRE III Présentation des techniques géomatiques	33
1.1. Définition.....	34
1.2. L'interet de la télédétection.....	34
1.3. Principes de base de la télédétection.....	34
1.4. Le rayonnement électromagnétique (REM).....	35
1.4. 1. Interaction rayonnement matière.....	36
1.4.2. Les Domaines Spectraux.....	36
1.4.3. Signatures spectrales.....	37

2.1. Les vecteurs	38
2.2. Les capteurs	38
2.2.1. Le fonctionnement d'un capteur	38
2.2.1.1. Caractéristiques spectrales (Résolution Spectrale).....	38
2.2.1.2. Caractéristiques spatio-temporelle (Résolution spatiale et répétitivité)	39
2.2.1.3. La résolution radiométrique	39
3.1. Les satellites Landsat	42
3.2. Traitement et visualisation des images numériques	42
3.2.1. Description d'une image	42
3.2.2. La classification des images	43
3.2.2.1 Classification non supervisée	44
3.2.2.2 Classification supervisée	44
3.3. Détermination d'algorithmes de classification	44
3.3.1. Règle de la distance minimale.....	44
3.3.2. Règle du maximum de vraisemblance.....	44
3.3.4. Le diagramme bidimensionnel	45
3.3.5. Validation de classification	45
3.3.5.1 La matrice de confusion	45
3.3.5.2. Le coefficient de Kappa	46
4. Télédétection de la végétation:.....	46
4.1. Les caractéristiques spectrales de la végétation	46
4.1.1. Au niveau de la feuille	47
4.1.1.1. Les pigments foliaires	47
4.1.1.2. La structure cellulaire des feuilles.....	47
4.1.1.3. La teneur en eau	47
4.1.2. Au niveau du couvert végétal.....	48
4.1.2.1. L'indice de surface foliaire	48
4.1.2.2. Inclinaison des feuilles.....	49
4.1.2.3. Dispersion des feuilles	49
4.1.3. Au niveau du sol	50
4.1.3.1. Composition minérale	50
4.1.3.2. Matière organique	50
4.1.3.3. Contenu en eau.....	50
4.1.3.4. Structure du sol	50
4.2. Les indices de végétation	51
4.2.1. Les indices simples	51
IV.2.2. Les indices utilisant la droite des sols.....	52
4.2.3. Les indices corrigeant les effets de l'atmosphère.....	53
4.2.4 Les indices corrigeant les effets conjugués des sols et de l'atmosphère	53
4.2.5. Les indices prenant en compte la température du sol.....	53
5. Les systèmes d'informations géographiques (SIG).....	53
5.1 Définition	54

5. 2 Composition d'un SIG	54
5.2.1 La base de données géographique (BDG).....	54
5.2.2 Saisie de données	54
5.2.3 Filtrage des données.....	55
5.2.4 Les principales fonctions d'un SIG.....	55
5.2.5. Modes de représentation des données géographiques.....	56
5.2.5.1. Mode vecteur.....	56
5.3 Les domaines d'applications	57
V.3.1Utilisation des SIG dans le monde forestier	57
Chapitre IV Etats de connaissances sur la désertification.....	59
Introduction.....	60
1. Définition	60
2. Les causes de la désertification	60
2.1. Facteurs anthropiques:	61
2.1.1. Les activités humaines:	61
2.1.2. Les coûts économiques de la désertification:.....	61
2.1.3. Évaluation des coûts économiques:.....	61
2.1.4. Exploitation économique des ressources naturelles:	61
2.1.5 Défrichements:	62
2.1.6 Surpâturage:	62
2.1.7. Extirpation des plantes à usage médical ou industriel:.....	62
2.2. Facteurs naturels	62
2.1.1. Les sécheresses	62
2.2.2. Dégradation des terres arides:	63
2.2.3. La salinisation:	63
3 Les conséquences de la désertification:	64
3.1 Ecologiquement:	64
3.2 Economiquement:	65
3.3 Socialement:.....	66
4 Impact du phénomène désertification sur la diversité biologique	66
4.1- Impact du surpâturage sur la diversité biologique	66
4.2- Impact du défrichement sur la diversité biologique.....	66
4.3- Menaces de la désertification sur la biodiversité	67
5. La vulnérabilité du milieu à la désertification:.....	68
6. La désertification en Algérie:.....	69
6.1 État de la désertification en Algérie	70
6.2 Le problème De l'érosion des reliefs:	73
6.3. L'accroissement du ruissellement et la réduction de l'infiltration	73
6.4.- Le problème de l'érosion éolienne:.....	73
6.5. Le phénomène d'ensablement.....	74
7 - La carte nationale de sensibilité à la désertification.....	76
7.1. Actualisation et extension de la carte:.....	76

8 La lutte contre le phénomène de la désertification.....	79
8.1 La reconstitution du couvert végétal:	79
8.2 La lutte contre l'ensablement:	79
8.3 La lutte contre l'érosion hydrique:	80
CONCLUSION	80
Chapitre V Présentation de la zone d'étude	81
1. Situation géographique de la wilaya d'El Bayadh:	82
2. Présentation général sur la commune de Brézina.....	83
2.1. Aperçu historique.....	83
2.2-Situation géographique et Présentation de la commune Brézina	84
3. Situation et description du site d'étude	84
3.1. Localisation du site d'étude	84
4. Les caractéristiques physiques	85
4.1. Aperçu géographique et lithologique	85
4.2. Caractéristiques morphologiques	86
4.3 .Topographie	86
4.3.1. Altitude	86
4.3.2. Exposition	87
4.3.3. Les pentes.....	88
4.4. Analyse des types de sol	89
4.5. Géologie.....	90
5. Hydrologie et hydrographie	92
5.1. Oued Sgueur.....	92
5.2. Puits et sources.....	92
6. Occupation du sol.....	93
6.1. Zone Agricole	93
6.2. Zone de parcours présaharien.....	93
6.3. Zone saharienne	93
7. Cadre climatique	94
1. Présentation de la station météorologique de référence	94
7.1. Présentation des données climatiques	95
7.1.1. Pluviométrie	95
7.2. Température	96
3. Calcul des différents paramètres climatiques.....	97
3.1. Indice d'aridité de DE-Martonne:	97
3.4.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen:	99
7.3. Les vents	101
3.4. Synthèse climatique:	102
3.4.1- Le quotient pluviothermique:.....	102
9. Aspect socio démographique	105
9.1. Evolution de la population communale entre les deux recensements RGPH 1998 et RGPH 2008).....	105
9.2. Pyramide des âges.....	105

9.3. Accroissement démographique et exode rural	106
9.4. Emploi.....	107
9.4.1. Population active en 2008	107
Partie II Outils, méthodologie, résultats et discussion	109
Chapitre I Diagnostic phytoécologique du milieu	110
Introduction.....	111
1. Choix du site d'étude	111
I.1. Matériels utilisés:.....	111
I.1.2. Les images satellitaires	111
I.1.3. Model Numérique de Terrain:	112
I.2. Matériel utilisé sur terrain:.....	112
I.2.1. Logiciels utilisée.....	112
I.3. Approches méthodologiques.....	112
I.4. Elaboration d'un plan d'échantillonnage	114
I.5. Réalisation des relevés floristiques.....	114
I.5.1. Présentation des relevés floristiques	114
II. Résultats et discussions	116
II.1. Résultats cartographique:	116
II.1.1. Mosaïquage des images:.....	116
II.1.2. Composition colorée.....	117
II.1.3. Composition colorée fausse couleur.....	117
II.1.4. L'indice de végétation (NDVI).....	118
II.1.5. Classification non supervisé	119
II.2. Analyse des relevés floristiques	120
II.2.1. Richesse spécifique et générique.....	121
II.2.2. Type morphologique:	123
II.2.3. Type biologique:.....	124
II.2.4. Type biogéographique:.....	125
II.2.4.1. Répartitions des types biogéographiques:	125
II.2.4.2. Espèce et endémisme:.....	126
II.2.4.3. Distribution biogéographique globale en fonction de la rareté des espèces:	127
II.3. Traitement des données et analyse statistique multivariée:	129
II.3.1. Technique d'analyse:.....	129
II.3.2. Résultats de l'analyse factorielle des correspondances (AFC):.....	130
II.3.2.1. Dendrogrammes:	131
II.3.2.2. Interprétation des axes factoriels:	132
Conclusion	136
Chapitre II Modélisation de la Désertification par la Méthode MEDALUS	137
Introduction.....	138
1. Choix du site d'étude	138
2.1. Indice de qualité du climat IQC	139
2.2. Indice de qualité du sol (IQS)	140

2.3. Indice de qualité de la végétation(IQV)	140
2.4. Indice de qualité du système d'aménagement(IQSA)	140
3.1. La carte de qualité du sol:	141
3.2. La carte de qualité de la végétation	142
3.3. La carte de qualité du climat:	143
3.4. La carte de système d'aménagement:	144
3.5. La carte de sensibilité à la désertification	145
Conclusion	147
Partie III Etude et Caractérisation Spatio temporelle de la Salinité des Sols	148
Chapitre I La Salinité des Sols	149
Introduction	150
1. Salinisation des sols:	151
1.1. Définition:	151
1.2. Origine de la salinisation	152
1.3. Salinité dans le monde	153
1.4. Salinité en Algérie	153
1.5. Causes de la salinité des sols	154
1.6. Facteurs intervenant dans le processus de salinisation	154
1.7. Types de salinisation	155
1.7.1. Salinisation primaire ou naturelle	155
1.8. Répartition et importance géographique des sols salés dans le monde:	156
1.9 Répartition et importance géographique en Algérie:	156
2. Techniques de diagnostic des sols salés et alcalins:	156
2.1 .Conductivité électrique:	156
2.2. pH du sol:	157
2.3. ESP (Taux de sodium échangeable):	157
2.4. SAR (Sodium absorption ration):	157
3. Classification des sols salés	157
4. Effets de l'excès de sels sur le sol et sur les plantes	158
4.1. Effet de la salinité sur le sol	158
4.2. Effet de la salinité sur les plantes	158
4.3. Effets de la salinité sur les propriétés physiques et chimiques du sol	158
4.3.1. Effets sur les propriétés physiques	158
4.3.2. Effets sur les propriétés chimiques	158
5. Mise en valeur des sols salés:	159
Chapitre II Présentation de la zone d'étude	160
1. Situation géographique de la zone d'étude:	161
1.1. Historique du périmètre:	161
1.2. Caractéristiques physiques de la zone d'étude:	162
1.2.1. Caractères géologiques:	162
1.2. Caractères topographique:	163
1.2.1. Pente:	163

1.2.2. Exposition:	164
1.2.3. L'altitude:	166
1.2.4. Le réseau hydrique:	168
1.2.5. Cadre climatique	168
1.2.5.1 Les précipitations	169
1.2.5.2. Les températures	171
1.2.5.3. L'évaporation et déficit hydrique.....	172
1.2.5.4. Cadre bioclimatique	173
1.2.5.4.1. Indice de sécheresse estivale.....	174
1.2.5.4.2. Quotient pluviométrique d'Emberger	174
1.2.5.4.3 Indice d'aridité de De Martonne.....	175
1.2.5.4.4. Diagramme ombrothermique de Bagnoul et Guassen.....	176
2.Résultats d'analyse de l'eau:	177
2.1. pH:	179
2.2. Conductivité électrique:	179
2.3. Calcium (Ca ⁺⁺):	179
2.4. Magnésium (Mg ⁺⁺):.....	179
2.5. Chlorures (Cl ⁻):.....	179
2.6. Sulfates (SO ₄ ²⁻):.....	179
2.7. Diagramme de piper:.....	180
Chapitre III Matériel et méthodes & Résultats est discussions.....	182
1-Matériel et méthodes.....	183
1.1. Les données utilisées:.....	183
1.2. Type d'échantillonnage du prélèvement du sol:.....	184
1.2.1. Géolocalisation des stations:	184
1.2.2. Préparation des échantillons.....	185
1.2.3. Mesure de la Conductivité électrique.....	185
1.2.4. Traitements des images satellitaires:.....	187
2.Indice de salinité ISvir (IS visible infrarouge):.....	189
2.1. Estimation de la salinité des sols par des images satellitaires:.....	191
Conclusion:	197
Conclusion générale	198
Les Annexes	217

Introduction générale

La dégradation des terres a trop longtemps été sous-estimée dans son importance, comme dans ses impacts. Avec pour conséquence, selon la science, une situation alarmante autant sur le plan de l'écologie globale que des impacts sur les économies. Le sujet revient toutefois en force sur le devant de la scène à mesure que s'accumulent avec obstination les évidences du lien étroit qui articule l'état des terres à un ensemble d'autres problématiques d'ordre local, national ou international tels que le changement climatique, la perte de la biodiversité, la pauvreté rurale, l'insécurité alimentaire, les migrations et leur impact sur l'instabilité et l'insécurité des sociétés.

Dans les zones arides et semi-arides de la planète où s'étend le processus de désertification, la situation est particulièrement grave. Les dégradations induites par les facteurs naturels et climatiques se combinent à la pression des activités humaines, en particulier celles liées aux mauvaises pratiques agricoles et à une gestion discutable des ressources naturelles. Ces pressions s'accroissent partout dans le monde et le devenir et l'usage des terres sont en voie de redevenir, d'importants objets de tension, pour lesquels la gouvernance mondiale semble peu préparée. D'autant plus qu'ils mettent en jeu les modes de vies d'une fraction importante de la population mondiale, souvent très pauvre, qui est irrémédiablement affectée négativement, notamment par les pertes de productivité des terres.

Actuellement, les zones arides et semi-arides en l'Algérie surtout la partie Ouest se caractérisent par des niveaux importants de dégradation, de réduction de la production et même de désertification. Cette dégradation résulte de la gestion irrationnelle de ces espaces, l'introduction des moyens et des techniques de développement inadaptés au milieu et par l'interaction de plusieurs paramètres: des facteurs naturels liés en général aux conditions climatiques, et leur influence sur le milieu physique (sécheresse, salinité des sols, érosion éolienne, ...), des pressions anthropiques dépassant le plus souvent les capacités du milieu (surpâturage, labours anarchiques, défrichement,...) et des insuffisances d'ordre juridiques et organisationnelles. Ces zones, défavorisées, nécessitent des inventaires synchroniques et diachroniques de leur potentiel biologique qui s'appuient sur une bonne connaissance des ressources en place et des conditions éco-géographiques.

La lutte contre la désertification de ces zones, la préservation de leurs ressources naturelles et l'amélioration des conditions d'existence des populations qui en vivent n'est plus un objet de débat, c'est une priorité nationale pour l'Algérie. La gestion efficace de cet espace nécessite, au préalable, la cartographie et l'inventaire des ressources disponibles. En plus de ces données il est indispensable d'assurer le suivi et la surveillance de la dynamique de ces milieux qui due aux changements du couvert végétal s'opérant sous l'effet de déférents facteurs naturels et anthropiques. Cette forte pression exercée sur les ressources exige une planification des

activités et des interventions sur le territoire basée sur une connaissance plus précise des processus de dégradation du couvert végétal. Devant l'ampleur de cette dégradation et de son impact, il est donc important de développer des stratégies de surveillance et de gestion de l'environnement. Ces stratégies doivent reposer sur des moyens et des approches performants en occurrence la télédétection et les systèmes d'information géographique.

Dans ce contexte les objectifs abordés sont donc, avant tout:

- La contribution à une meilleure compréhension du fonctionnement de cet espace ;
- Mettre en relief la nature et l'ampleur des facteurs et paramètres contribuant à la dégradation de la zone d'étude.
- Préciser la composition floristique dans ces paysages.

A cet effet, un diagnostic comprenant: une étude phytoécologique, cartographique et spatiale de la zone d'étude a été effectué.

Le travail que nous présentons porte sur des éléments d'orientation de la stratégie de la conservation et la préservation de ces zones fragilisées, il est scindé en quatre parties:

La première partie est présentée par une analyse bibliographique permettant de prendre connaissance des informations disponibles sur la steppe algérienne qui a fait l'objet du premier chapitre , dans le second chapitre, nous exposons la problématique de la steppe algérienne, puis le troisième chapitre consacré à présentation des techniques géomatiques (télédétection et SIG) en fin une étude bibliographique sur le phénomène de désertification.

La deuxième partie est destinée à la présentation de la zone d'étude.

La troisième partie porte sur l'étude expérimentale qui englobe le matériel et la méthodologie de travail adopté dans le cadre de ce travail, aux résultats et discussion relatifs à l'étude du diagnostic phytoécologique et biogéographique de l'espace steppique ; et cartographie de la vulnérabilité de la désertification par l'approche MEDALUS.

La dernière partie traite l'étude et la caractérisation Spatio temporelle de la Salinité des Sols au niveau du périmètre irrigué.

Enfin, notre travail est terminé par une conclusion générale sanctionnée par des perspectives et des recommandations.

PARTIE I
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

Présentation de la steppe Algérienne

1- Synthèse des conditions physiques du milieu:

La steppe algérienne constitue un vaste domaine qui s'étend entre l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud (fig .1), formant un territoire de 1 000 km de long sur 300 km de large, réduit à moins de 150 km à l'Est, couvrant une superficie globale de 36 millions d'hectares dont 20 millions d'hectares de parcours a vocation essentiellement pastorale (Nedjraoui, 2004).

Sa limite nord commence avec le tracé de l'isohyète 400 mm qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au sud par l'isohyète 100 mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'Alfa (Djebaili, 1978).

La physiographie générale de la steppe Algérienne selon Le Houérou *et al.* (1977) se présente comme suit:

- les steppes occidentales à l'ouest: hautes-plaines sud-oranaises et sud-algéroises avec l'Atlas saharien. Ces hautes plaines forment un vaste ensemble monotone dont l'altitude décroît progressivement de la frontière marocaine (1200 m) à la dépression du Hodna (400 m).

- les steppes orientales: à l'est du Hodna s'étendent les hautes plaines sud-constantinoises dont l'altitude est relativement stable (900 à 1 200 m) avec au sud l'imposant massif des Aurès et son prolongement oriental des Nememcha.

- L'Atlas saharien: monts des Ksours et djebel Amour à l'ouest, monts des Ouled Nail et les monts du Zab au centre, les monts des Aurès et Nememcha à l'Est, est un alignement de reliefs orientés SO-NE, leur altitude décroît également d'ouest en est de plus de 2 300 mètres dans les Ksours à 1 000 m environ au Nememcha.

- Les bassins endoréiques: Chott el gherbi et le Chott el chergui à l'ouest, Zahrez au centre et Hodna à l'est.

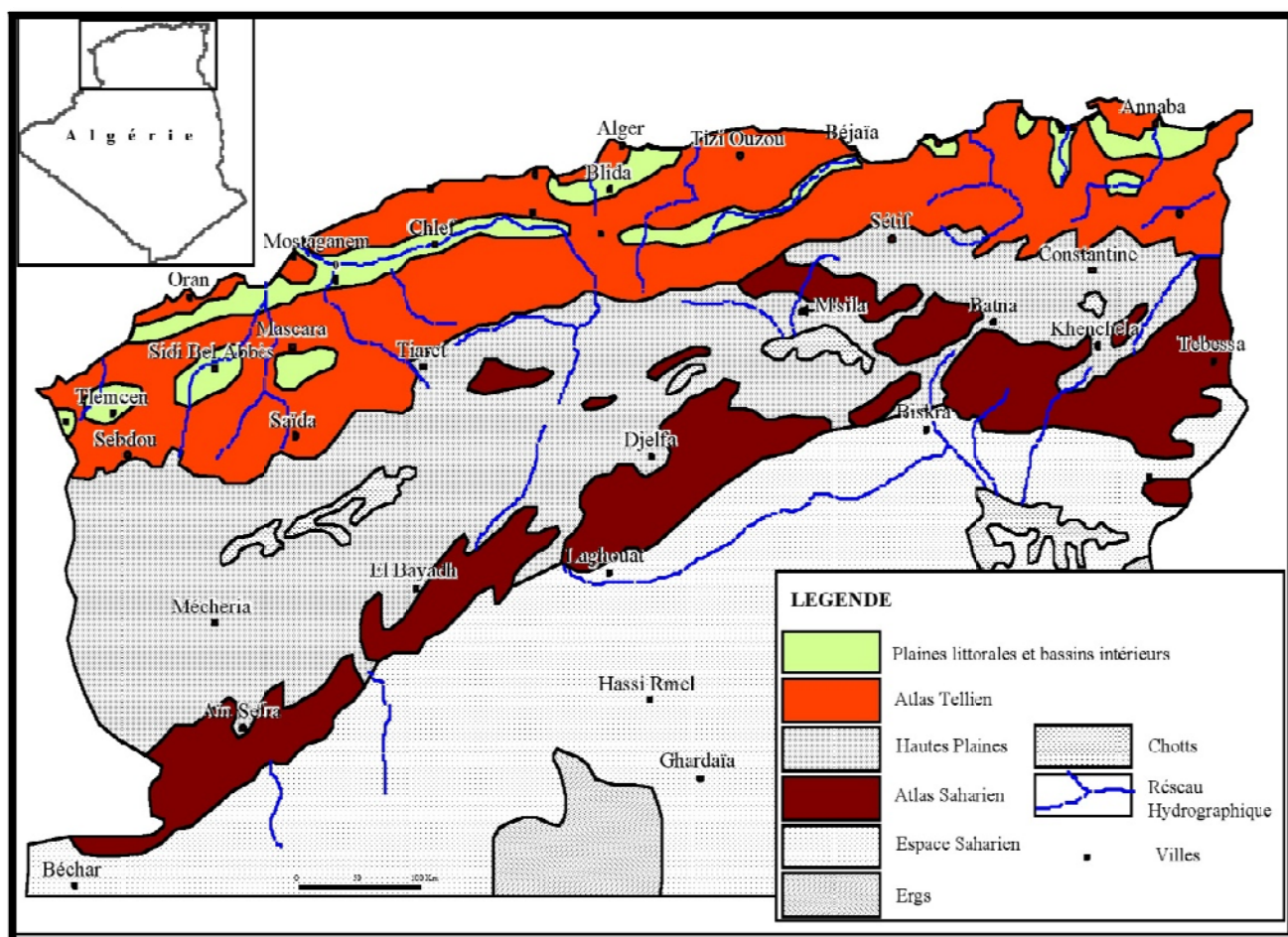


Figure 1: Limites naturelles de la steppe algérienne (Hadeid, 2009)

La steppe se caractérise par un climat semi-aride sur sa partie nord et un climat aride sur sa frange sud. Les précipitations moyennes sont comprises entre les isohyètes 400 et 100 mm, tranche insuffisante, pour permettre une utilisation agricole intensive. En année sèche, l'ensemble de la steppe reçoit moins de 250 mm de pluie ; cette isohyète remonte jusqu'au piémont du Tell. Elle présente un régime thermique contrasté, de type continental. L'amplitude thermique annuelle y est partout supérieure à 20°C, dans son ensemble, à une distance sensiblement constante de la mer, le régime thermique de la steppe est aussi fortement influencé par l'altitude ; la latitude n'intervient qu'en deuxième facteur pour différencier les points extrêmes (Le Houérou *et al.*, 1977).

Quatre zones peuvent être distinguées dans l'espace steppique:

- zone 1: avec une superficie de 700 000 à 1 000 000 d'hectares, elle reçoit des précipitations annuelles moyennes de 400 mm, c'est essentiellement le domaine des maquis, des garrigues et des forêts de l'Atlas tellien.
- zone 2: occupant entre 3,5 à 4 000 000 d'hectares, elle bénéficie d'une pluviométrie comprise entre 300 et 400 mm. Il s'agit de la zone steppique la plus favorisée, située sur la frange sud de l'Atlas tellien. C'est la zone des « parcours vrais » qui supporte une

importante charge pastorale (2 à 4 moutons à l'hectare). Elle est cependant occupée par la céréaliculture rentable en saison pluvieuse.

- zone 3: elle couvre entre 5 à 6 000 000 d'hectares et connaît des précipitations moyennes annuelles comprises entre 200 et 300 mm. C'est la région des hautes plaines centrales et méridionales et le versant sud de l'Atlas saharien. Les parcours sont de qualité moyenne et la charge pastorale y est plus faible (2 moutons à l'hectare).
- zone 4: elle s'étend sur 10 000 000 hectares avec une pluviométrie annuelle très limitée, entre 100 et 200 mm, c'est la région sud du Hodna et le piémont sud atlasique. La charge pastorale y est très faible.

2- Synthèse des conditions biotiques du milieu:

Les steppes nord-africaines en général et les steppes algériennes en particulier font partie du domaine floristique mauritano-steppique défini par Maire (1926). Ce domaine appartient à la région floristique méditerranéenne, donc à l'empire holarctique. Le domaine mauretano-steppique se situe entre le moyen Atlas marocain et l'embouchure du Nil. Il correspond au domaine steppique irano-touranien du proche et moyen-orient et de l'Asie Moyenne Soviétique (Turkestan, Turkménistan, etc....) (Le Houérou *et al.*, 1977).

Le domaine mauretano-steppique se caractérise par une flore d'affinités à la fois méditerranéenne et saharo-sindienne ; cette dernière étant d'autant plus abondante que l'on s'approche du Sahara. Sur le plan de la végétation, c'est le domaine des steppes: steppes d'alfa (*Stipa tenacissima*), steppes d'armoise blanche (*Artemisia herba alba*), steppes de sparte (*Lygeum spartum*), steppes à armoise champêtre (*Artemisiacampestris*) se partagent le paysage. Plus au sud, assurant la transition avec les végétations sahariennes, c'est la steppe à Remt (*Hammadascoparia*) qui domine (Le Houérou *et al.* 1977).

La végétation steppique est une végétation basse et discontinue, composée de plantes herbacées, généralement en touffes, laissant apparaître entre elles des plaques de sol nu. Cette végétation est diversifiée par sa composition floristique et sa densité, reste l'enjeu fondamental de la vie du pasteur. C'est elle qui détermine les déplacements de ce dernier et ses lieux de stationnement avec ses troupeaux (Le Houérou, 1985).

De nombreux travaux relatifs à l'étude de la végétation ont permis de faire ressortir les potentialités pastorales des steppes algériennes (fig .2), qui sont dominées par six grands types de formations végétales (Celles, 1975 ; Djebaili, 1978 ; Pouget 1980 ; Nedjraoui, 1981, 2012 ; Aidoud, 1989, 1992 ; URBT, 1991 ; le Houérou, 1998, 2000):

- les steppes à alfa (*Stipa tenacissima*) présentent une forte amplitude écologique. Se retrouvent en effet dans les bioclimats semi arides à hiver frais et froid et dans l'étage aride

supérieur à hiver froid. Ces steppes colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1 800 m d'altitude. La production de l'alfa peut atteindre 10 tonnes MS/Ha mais la partie verte qui est la partie exploitable a une production de 1 000 à 1 500 kg MS/Ha. L'alfa présente une faible valeur fourragère de 0,3 à 0,5 UF/Kg MS, cependant, les inflorescences sont très appréciées (0,7UF/KgMS). La productivité pastorale moyenne de ce type de steppe varie de 60 à 150 UF/ha selon le recouvrement et le cortège floristique.

- les steppes à armoise blanche (*Artemisia herba alba*) sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. Ce type de steppe s'étale sur les zones d'épandage dans les dépressions et sur les glacis encroûtés avec une pellicule de glaçage en surface. La production primaire varie de 500 à 4 500 kg MS/ha avec une production annuelle totale de 1 000 kg MS/ha. La production annuelle consommable est de 500 kg MS/ha, soit une productivité pastorale moyenne de 150 à 200 UF/ha. L'armoise ayant une valeur fourragère moyenne de 0,65 UF/kg MS, les steppes à armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours utilisés pendant toute l'année et en particulier en mauvaises saisons. L'armoise est une espèce bien adaptée à la sécheresse et à la pression animale, en particulier ovine.

- les steppes à sparte (*Lygeum spartum*) occupent les glacis d'érosion encroûtés recouverts d'un voile éolien sur sols bruns calcaires, halomorphes dans la zone des chotts. L'espèce *Lygeumspartum* ne présente qu'un faible intérêt pastoral (0,3 à 0,4 UF/kg MS). Les steppes à sparte sont peu productives avec une production moyenne annuelle variant de 300 à 500 kg MS/ha, mais elles constituent cependant des parcours d'assez bonne qualité. Leur intérêt vient de leur diversité floristique et de leur productivité relativement élevée en espèces annuelles et petites vivaces, elle est de 110 kg MS en moyenne.

- les steppes à remt (*Arthrophytum scoparium*) forment des steppes buissonneuses chamaephytiques avec un recouvrement moyen inférieur à 12,5 %. Les mauvaises conditions de milieu, xérophilie (20-200 mm/an), thermophilie (variantes chaude à fraîche), des sols pauvres (teneur en N < 0,7 %), à dalles calcaires ou sierozems encroûtés font de ces steppes des parcours qui présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. La valeur énergétique de l'espèce est de l'ordre de 0,2 UF/kg/MS. La production moyenne annuelle varie de 40 et 80 kg MS/ha et la productivité pastorale est comprise entre 25 et 50 UF/ha/an. Ce type de steppe est surtout exploité par les camelins.

- les steppes à psammophytes sont liées à la texture sableuse des horizons de surface et aux apports d'origine éolienne. Elles suivent les couloirs d'ensablement et se répartissent également dans les dépressions constituées par les chotts. Elles sont plus fréquentes en zones aride et présaharienne. Ces formations psammophytes sont généralement des steppes

graminéennes à *Aristida punjens* et *Thymellaea microphyla* ou encore des steppes arbustives à *Retama raetam* et leurs valeurs pastorales varient de 200 à 250 /.

- les steppes à halophytes: la nature des sels, leur concentration et leur variation dans l'espace vont créer une zonation particulière de la végétation halophile très appréciée autour des dépressions salées. Les espèces les plus répandues dans ces formations sont: *Atriplex halimus*, *Atriplex glauca*, *Suaeda fruticosa*, *Frankenia thymifolia*, *Salsola sieberi* et *Salsola vermiculata*. Ce type de steppe est très recherché par les pasteurs et sa valeur pastorale est d'environ 300 UF/ha (ROSELT/ OSS, 2008).

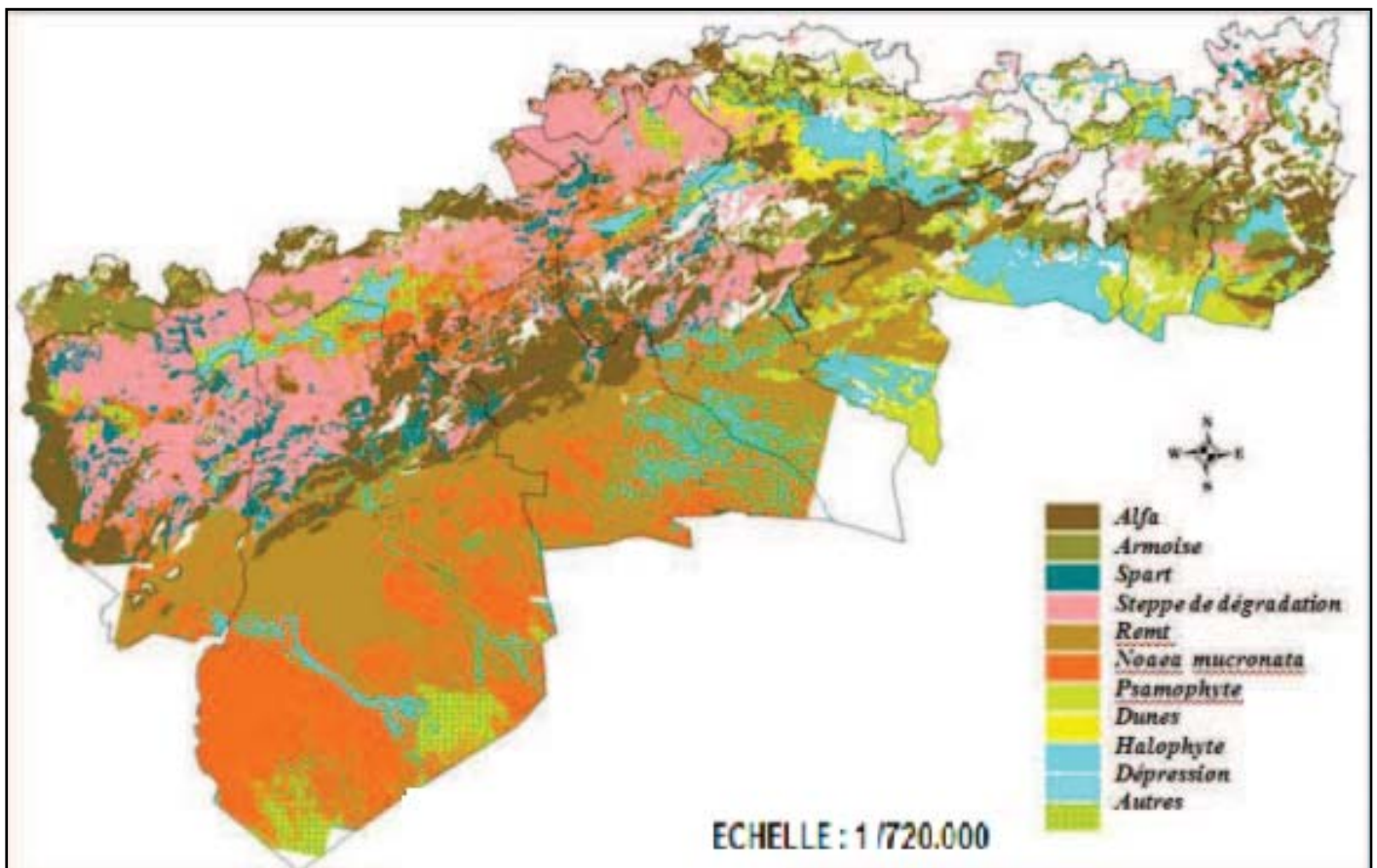


Figure 2: Répartition des parcours par groupe de formation végétale (Source: HCDS 2009)

3- Occupation des sols

Selon plusieurs auteurs (Bensouiah, 2006 ; Bencherif, 2011 ; Nedjraoui, 2012), les 20 millions d'hectares que compte la steppe se répartissent en parcours, terres improductives, forêts, maquis et cultures marginales. L'importance que représente la part des parcours (soit plus de 80 % de la superficie totale de la steppe) est liée à la vocation de cet espace pastoral. En matière d'évolution de l'occupation des sols, après exploitations des données des deux périodes de 1985 et celles de l'année 2000 fournies par l'HCDS, nous constatons une augmentation de la superficie des parcours dégradés et donc une régression de la superficie des parcours palatables. D'autre part, nous constatons une augmentation de la superficie des cultures marginales au détriment des superficies des parcours palatables (tab.1).

Tableau 1: Evolution de l'occupation de sol dans la zone steppique

désignation	1985		2000	
	Superficie (10 ³ Ha)	Part (%)	Superficie (10 ³ Ha)	Part (%)
Parcours palatable	10 000	50	8 700	43.5
Parcours dégradés	5 000	25	7 500	37.5
Terres improductives	2 500	12.5	1 00	0.50
Forêts et maquis	1 400	7	2 100	10.5
Cultures marginales	1 100	2.5	1 600	8.00
Total	20 000	100	20 000	100

Source: HCDS, 2003

La végétation steppique est de très inégale valeur, tant pour sa composition floristique que par sa densité. Si on impute les zones de culture, les forêts et les zones improductives, il nous reste 15 millions d'hectares de végétation steppique qu'occupent les parcours. La végétation steppique est dominée par l'Alfa (*Stipa tenacissima*) qui occupe quatre millions d'hectares, suivie par le Chih (*Artimisea herba alba*) avec trois millions d'hectares, puis le Sennagh (*Lygeum spartum*) et le Guettaf (*Atriplexhalimus*) en association, avec respectivement deux et un million d'hectares. Le reste est occupé par des associations diverses (*Aristida pungens*, *Thymelaea microphylla*, *Retama retam*, *Artemisia campestris*, *Arthrophytum scoparium* et *Peganum harmala*) (Nedjraoui, 2002).

4- Pastoralisme et élevage dans la steppe

Le fonctionnement du système pastoral dans le milieu steppique connaît des changements alarmants qui amènent à se poser obligatoirement des questions sur l'impact qu'il génère à la fois sur l'économie pastorale et sur la gestion de l'espace steppique. Actuellement, le constat majeur est celui d'une diminution de la superficie de ces steppes et leur dégradation parfois extrême (Aidoudetal, 2006).

Après avoir joué, pendant longtemps, un rôle important dans la vie socioéconomique de la population steppique, le système pastoral est aujourd'hui en dynamique et mutation. Le fonctionnement de ce dernier était basé, dans le passé, sur l'exploitation des vastes espaces par le biais de la transhumance et du nomadisme. Cependant, à partir du vingtième siècle des transformations socioéconomiques et politiques, ont été la base du changement du fonctionnement du système.

La régression des organisations coutumières et les déséquilibres sociaux, les changements de statut foncier sur l'espace pâturé par le passage du collectif au privé. La limitation de l'espace des parcours (due à la pression humaine et animale, aux labours, qui ont dégradé les terres et réduit les espaces palatables) et la réduction des mouvements traditionnels de transhumance n'ont pas permis une gestion durable des parcours, cela s'est traduit par une ponction excessive sur les mêmes lieux, dévastatrice, avec le temps qui s'écoule. Ainsi, l'accroissement du troupeau dans le cadre d'un pastoralisme contraint à l'immobilité s'est traduit par une surcharge pastorale sur des parcours en voie d'appauvrissement. Le mode de production est d'ordre familial. L'élevage se fait sur le mode extensif, seulement 5,5 % des éleveurs pratiquent l'élevage hors-sol (MADR, 2003). Face à l'amenuisement des ressources fourragères, dû à la dégradation du milieu naturel, en période de sécheresse le recours à l'achat de céréales et d'aliment concentré pour le bétail s'est imposé. En périodes longues de sécheresse comme celles de 1944-1948, 1960-1961 ou 1975-1985 les petits éleveurs, dont la trésorerie est faible, vendent des bêtes pour nourrir celles qui restent, finissent par abandonner cette activité et fuient vers les villes en quête d'un improbable emploi (Khaldi, 2011).

5- Phytomasse et production primaire des parcours steppiques

La pression anthropique a considérablement augmenté sur la région steppique. Depuis des dizaines d'années, nous assistons à une baisse de la production, une extension des superficies cultivées (principalement en céréales), l'élimination des arbustes et arbrisseaux ligneux comme combustible.

Le surpâturage a abouti à une réduction considérable de la phytomasse pérenne épigée et du taux de recouvrement, à la régression de la flore, de la diversité biologique et principalement

des espèces présentant un intérêt économique et la prolifération des espèces dépourvues d'intérêt économique et délaissées par le bétail.

La phytomasse pérenne représente en moyenne environ 80 % de la phytomasse aérienne totale dans la steppe (fig .3). La proportion de phytomasse annuelle de thérophytes dans la phytomasse totale épigée est très variable, en fonction des années. La variabilité de la production primaire annuelle est en moyenne de 20 à 30 % supérieure à la variabilité des pluies annuelles ; mais, dans les steppes dégradées, la variabilité de la production peut atteindre le double ou le triple de celle des pluies, et bien plus dans les zones dégradées la productivité, exprimée en CEP (coefficient d'efficacité pluviale (=RUE, Rain Use Efficiency) est de 10 kg MS épigée/ha/an/mm dans les steppes en bon état à 0,1 – 1,0 dans les zones dégradées. La moyenne est de 3 kg MS ha⁻¹ an⁻¹ mm⁻¹ chaque pourcent de recouvrement permanent correspond, en moyenne, à 43 kg de biomasse pérenne par hectare. Cette correspondance entre recouvrement et biomasse varie, bien entendu, dans de larges proportions en fonction du type de steppe considéré et de son état dynamique. Dans beaucoup de cas, par suite de la dégradation, la biomasse pérenne est maintenant réduite à 200-300 kg et le taux de recouvrement permanent à 5-6 % (ROSELT/ OSS, 2008).

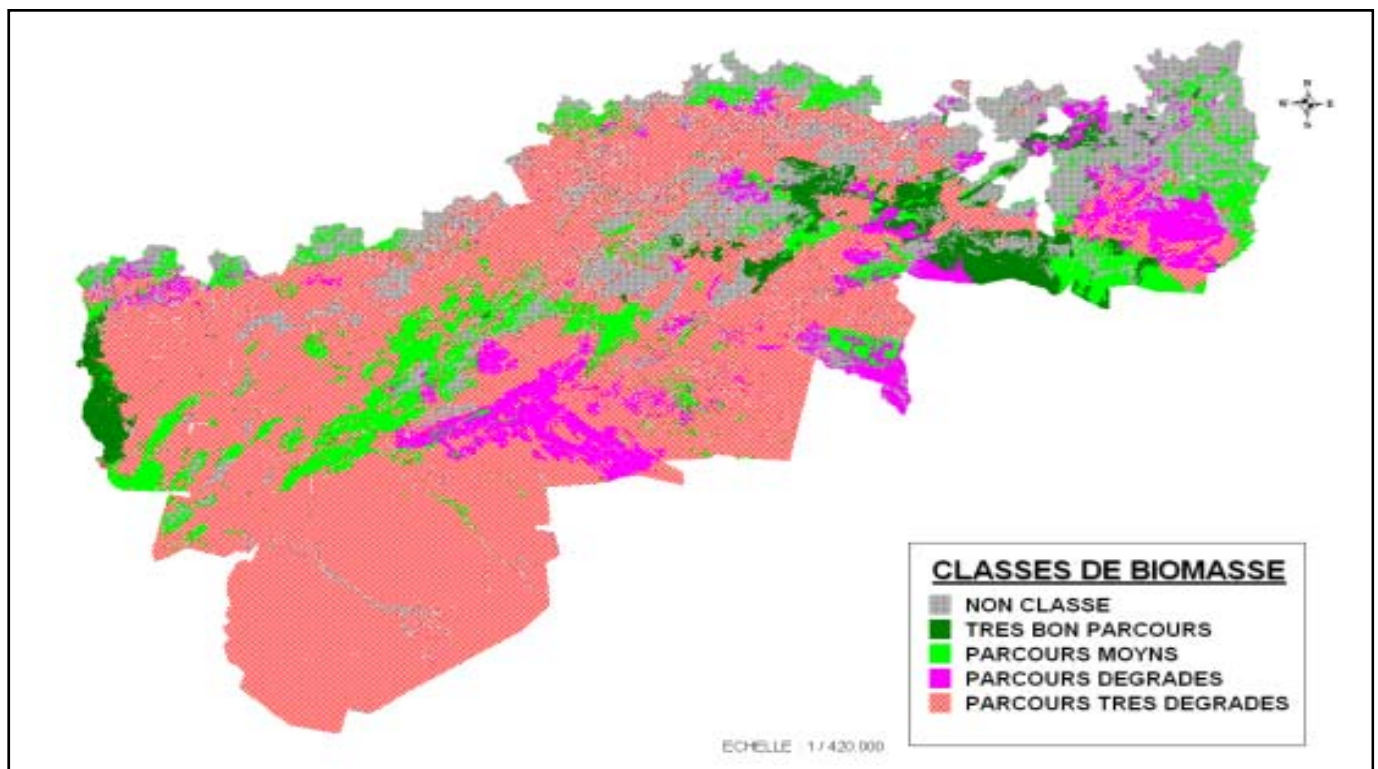


Figure 3 : Carte des classes de biomasse (Source: HCDS 2009).

6- Politiques d'organisation des parcours steppiques.

Le développement de l'espace steppique en Algérie a toujours été un défi pressant pour les pouvoirs publics, constituant un pivot des politiques suivies par le pays, car il est le principal

garant de la cohésion et de la stabilité. A cet égard, dès l'indépendance, différentes actions de promotion de l'élevage steppique ont été initiées (Yerou, 2013). Ces tentatives d'organisation de la steppe sont nombreuses et très peu ont donné des résultats positifs allant dans le sens de l'amélioration des parcours. Bien que ces politiques se sont évertués depuis les années 60 à promouvoir le développement de ces systèmes pastoraux. Certains ou disons une bonne majorité ont été des échecs, car, selon différentes évaluations, ils ont traité de façon trop restrictive les aspects strictement pastoraux, écologiques et environnementaux.

Durant la colonisation, la vocation principale d'utilisation de l'espace steppique était l'exploitation des nappes alfatières pour alimenter l'industrie du papier en France et en Angleterre avec une production moyenne annuelle de l'ordre de 200 000 tonnes. Cette pratique permettait de stabiliser la population nomade qui constituait une main d'œuvre à très bon marché qui pouvait également être surveillée (Benabdeli, 1989).

Cette politique a permis la création des secteurs d'aménagement rural(S.A.R) en 1946, ils visaient l'introduction de nouvelles méthodes de conduite de troupeaux. En 1951, les associations ovine Algérienne (A.O.A) voient le jour et visaient le développement de l'élevage ovin pour augmenter la production de laine par l'introduction de la race mérinos pour améliorer les performances zootechniques lainières des races locales.

- En 1968, des coopératives d'élevage furent mises en place, sous tutelle de l'Association pour le Développement de l'Elevage Pastoral (ADEP) créée en 1969. Ces coopératives bénéficiaient des meilleures terres de parcours et d'un grand appui logistique de l'Etat. Elles furent dissoutes en 1976 n'ayant pas répondu à l'objectif allant dans le sens de l'amélioration des productions pastorales et de la gestion des parcours.

- La période 1972-1973 fut celle de la promulgation du Code Pastoral dans le cadre de la révolution agraire. Le principal objectif est la sauvegarde des terres de parcours par la limitation du cheptel, des mises en défens, l'interdiction des labours sur les zones pastorales et l'arrachage et le colportage des ligneux. Des conflits d'intérêts sont apparus lors de l'application du code pastoral et toutes ces dispositions n'ont pu être appliquées. La première et deuxième phase de la révolution agraire ont donné lieu à la création des Coopératives Agricoles Polyvalentes Communales de Service (CAPCS) pour l'approvisionnement des éleveurs en produits alimentaires et domestiques. La troisième phase a été réduite à la création de 200 coopératives d'élevage pastoral (CEPRA) et 49 ADEP et le versement des terres au front national de la révolution agraire.

- Durant la période 1974-1979, des programmes spéciaux d'aménagement des parcours et de développement des productions ovines ont été lancées, mobilisant d'importants moyens pour le développement agro-pastoral dans une dizaine de wilayas.

- Les années quatre-vingt sont caractérisées par une nouvelle orientation de la politique agricole entraînant la dissolution des coopératives pastorales, l'abandon du code pastoral en 1982 et l'adoption du dossier steppe en 1985 qui a donné lieu à la création du Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS). Cet organisme a été chargé de mettre en place une politique de développement intégré sur la steppe en tenant compte de tous les aspects économiques et sociaux. Il a favorisé dès 1992 une nouvelle approche dite participative, pour le développement de la steppe, basée sur l'implication des populations pastorales et sur des relations de partenariat avec les communes steppiques.

-En 1990, la loi portant orientation foncière est adoptée avec pour but de rendre leurs terres aux propriétaires expropriés dans le cadre de la révolution agraire. Une institution chargée de la régulation foncière, « l'Office National des Terres Agricoles », a été installée en 1996. La nouvelle politique, à travers la stratégie nationale de développement rural, vise, entre autres objectifs, l'amélioration de la sécurité alimentaire du pays à travers la revitalisation et le développement de proximité des territoires ruraux la préservation des ressources naturelles, la stabilisation et l'amélioration des conditions de vie des ménages ruraux et en valorisant les atouts du monde rural. Elle vise également à atténuer la désertification à promouvoir l'amélioration de la productivité des terres moyennement dégradées et à assurer une utilisation rationnelle des ressources fourragères et une implication des communautés pastorales.

- de 2009-2011, dans le cadre de la protection des ressources naturelles, 1886 projets de proximité de développement rural ont été lancés par le MADR. En 2011, le MADR a également appelé à la création de nouvelles exploitations agricoles et d'élevage sur les terres non exploitées, relevant tant de la propriété privée que du domaine privé de l'Etat par attribution de concessions.

7- Synthèse des principaux travaux sur les steppes algériennes

Les premières investigations sur la végétation étaient essentiellement botaniques. Après les premières explorations botaniques de Prax, 1850 ; cosson, 1852 ; Trabut, 1887, etc., les premières synthèses sur la végétation de l'Algérie ont été réalisées par Maire (1926), à travers la carte phytoécologique de l'Algérie et de la Tunisie. Entre 1952 à 1967, ce même auteur entreprit la synthèse sur la végétation de l'Algérie et de la Tunisie qu'il enrichit en englobant l'ensemble de l'Afrique du nord. Il réalisa aussi la carte phytogéographique (1929).

Les recherches se sont développées avec les travaux de Braun-blanquet (1949), Killian (1948-1950), Guinochet (1951), Guinochet et Quézel (1954), Ozenda (1954), suivis de ceux de Dubius et Simonneau (1954), Monjauze*etal.* (1955), Quézel et Santa (1962), Barry et Faurel (1973).

Au fur et à mesure que des études phytoécologiques et phytosociologiques sont réalisées, les causes réelles induisant à la dégradation de l'espace steppique se dégagent et concernent le surpâturage, l'éradication des espèces vivaces, le défrichement, les labours et le déficit pluviométrique. L'action de l'homme a été signalée depuis très longtemps par Massart (1898) lors d'une prospection botanique dans la région de Biskra. La dégradation progressive de la végétation a été également signalée par Trabut (1887 à 1889), l'URBT 1978, 1986, 1992. Le Houérou (1969) s'est intéressé au phénomène de désertification du Sahara septentrional et des steppes limitrophes (Algérie, Tunisie, Libye).

Vers les années 1970, dans les zones arides et semi-arides, les chercheurs en écologie se sont surtout attachés à l'étude descriptive, fonctionnelle et analytique de la végétation. Grâce à l'acquisition, la maîtrise et l'utilisation des techniques mathématiques et statistiques ainsi que par le recours à la cartographie polythématique, ils ont proposé de nouvelles formes d'expression pour décrire les relations entre la végétation et le milieu.

Dès 1975, avec la révolution agraire en milieu steppique qui introduit une nouvelle organisation de l'activité agro-pastorale, des travaux de recherche plus appliqués du CRBT (Centre de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres) ont été lancés et s'inscrivent parmi les objectifs du programme spécial pour le développement de la steppe dans la wilaya de Saida.

En Algérie, et avant l'année 1974, aucune étude ni carte bioclimatique n'a été faite aussi bien d'ailleurs pour l'Algérie du nord que pour la steppe, mise à part l'esquisse de Stewart (1968 à 1974). Il s'agit d'une carte bioclimatique à très petite échelle intéressante pour l'Algérie, mais insuffisamment précise pour des buts pratiques de mise en valeur.

Subséquentement, pour essayer de combler ce vide, Le Houérou *et al.* (1977), ont réalisé une étude bioclimatique de l'ensemble des steppes algériennes. Pour cela, ils se sont basés sur l'interprétation de la distribution de la végétation en fonction des données climatiques. Aussi, une synthèse globale des rapports entre la végétation et les variables du milieu sur les steppes et l'Atlas Saharien Algérien a été présentée par Djebaili (1978) et par Aidoud *et al.* (1982) sur la végétation localisée sur les hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. Le niveau de précision atteint, quant à la valeur des amplitudes écologiques pour les groupes (édaphiques et climatiques) qui ont été décrits, n'a de signification qu'au niveau régional, ce qui par conséquent ne traduit qu'une partie des potentialités écologiques des espèces.

Nedjraoui (1981) et Aidoud (1983) ont consacré leurs travaux à la détermination de la production, la valeur nutritive des principales espèces physionomiquement dominantes et proposent deux approches pour évaluer les ressources pastorales dans les hautes plaines steppiques du sud Oranais. La première à partir de la valeur énergétique des espèces végétales et

de la phytomasse traduit la productivité pastorale exprimée en UF/ha/an. Un abaque dans ce cas a été réalisé dans la steppe du sud oranais et pourrait, de ce fait, être généralisé au reste de l'Algérie steppique, en tenant compte des différences qui existent tant sur le point écologique que sur le plan de l'action de l'homme.

Les travaux d'inventaire et d'évaluation des ressources naturelles ont donné lieu à la réalisation de cartes telles que celles de l'occupation des terres de Méchéria d'El Kreider à l'échelle de 1/200.000 et les cartes pastorales de Mécheria et de Kreider au 1/200.000.

Avec l'apparition de la télédétection en Algérie, certains chercheurs, qui restent, de nos jours, peu nombreux se sont penchés sur l'utilisation de cet outil, qui est un moyen d'investigation récent en perpétuelle évolution dans le diagnostic phytoécologique. Maniere et Chamignon (1986) ; Manière (1987) ; Kermad (1989) ; Manière *et al.* (1989) ; Mederbal (1992) ; Manière *et al.* (1993) ; Hirche (1995), Bassisty (1998) ont utilisé cet outil pour la cartographie des écosystèmes, et la représentation de leur fonctionnement, grâce aux caractères synthétiques de l'information.

CHAPITRE II

Problématique de la steppe Algérienne

1- Introduction

En Algérie, les régions steppiques constituent les terres de parcours par excellence dans lesquelles se posent les vrais problèmes liés au pastoralisme (**Nedjraoui, 2012**). La vocation historique des steppes était l'élevage extensif d'ovins, de caprins et de dromadaires complété par la culture itinérante des céréales. Cette situation a perduré pendant les temps historiques jusqu'à la seconde moitié du XX^{ème} siècle.

Aujourd'hui, les paysages des zones steppiques se transforment sous nos yeux. Théâtre de profondes mutations sur le plan social et économique (processus de sédentarisation, mutations foncières...), les zones steppiques évoluent rapidement et sont sans cesse, soumises au rythme des fluctuations climatiques dans le même temps. Le milieu naturel subit donc d'importantes transformations qui se traduisent essentiellement par: l'intensification de la régression de la couverture végétale, par un déclin significatif de la production pastorale dans ces parcours surtout au cours des dernières décennies (**Aidoud et al.2006**), et de l'agressivité des processus d'érosion menant à la dégradation des terres voire leur désertification.

Traditionnellement, dans les zones steppiques la transhumance était pratiquée par les pasteurs afin d'offrir à leurs troupeaux des pâturages d'été en se déplaçant au nord tellien pour échapper au climat aride de la steppe et des pâturages d'hiver au sud de la steppe afin d'éviter aux animaux le froid rude des zones steppiques. Le pastoralisme était donc fondé sur deux grands déplacements annuels par lesquels les éleveurs s'efforçaient de préserver leurs cheptels et de permettre la régénération des pâturages (**Bensouiah, 2004**).

Durant la période coloniale, les colons ont occupé la zone tellienne afin de produire des céréales destinées à l'exportation vers la métropole, ce qui a provoqué une amputation de l'aire d'extension de l'élevage ovin et la réduction des déplacements du cheptel. Alors, les labours ont commencé à se développer dans la steppe afin de produire des grains nécessaires à l'alimentation des nomades et à la complémentation de l'alimentation de leurs animaux. Après l'indépendance, l'Etat algérien a essayé de sédentariser les éleveurs de la steppe par la création de coopératives, la nationalisation des terres et des troupeaux et les importations d'orge. Ce qui a beaucoup réduit les déplacements des troupeaux vers le nord et vers le sud et provoqué une sédentarisation accompagnée d'une extension des superficies cultivées en céréales fourragères afin de compenser la perte des fourrages que fournissaient précédemment les parcours steppiques telliens et sahariens lors des déplacements réguliers. De plus, les bas prix des céréales fourragères des années 1980, 1990 et début 2000 ont incité les éleveurs à compléter largement l'alimentation de leurs troupeaux avec des céréales fourragères, généralement importées (**Bencherif, 2011**).

Les aléas climatiques et plus particulièrement la pluviosité sont une cause importante de la fragilité de ces milieux déjà très sensibles et provoquent des crises écologiques se répercutant sur la production primaire des écosystèmes et sur le changement de la composition floristique. Les disponibilités fourragères naturelles deviennent aléatoires. Des études ont montré une perte de la production pastorale équivalente à 236 UF/ha pour une diminution de la pluviosité annuelle de 104 mm/an dans les steppes Sud algéroises (**Bencherif, 2011**).

2- Mécanismes et causes de la dégradation des parcours steppiques

Actuellement la steppe algérienne est dans un état très inquiétant. L'importance et l'accélération de sa dégradation ont été démontrées par de nombreuses études anciennes et récentes comme: **le Houérou (1969,1989, 1995), Pouget (1980), Benrebiha (1984) ; Aidoud (1989, 1994, 1996) ; Bencherif (2000) ; Nedjraoui (2004)**. Des zones entières de parcours se sont transformées en terrains nus, qui dans beaucoup de cas, sous l'action de l'érosion éolienne et hydrique perdent les couches superficielles du sol et atteignent un stade très avancé de dégradation et se sont transformés en espace à potentiel biologique quasi nul.

Les causes de la dégradation sont multiples et peuvent être classées selon trois catégories à savoir, naturelles, socio-économiques et réglementaires. Pour les causes naturelles, il s'agit d'une manière générale du climat et principalement la sécheresse. En ce qui concerne les causes socio-économiques, elles relèvent de multiples domaines. Elles peuvent être liées aux pratiques culturelles et/ou d'élevage, mais aussi à la population locale et à la rareté des ressources. Ce sont des éléments étroitement liés à tel point qu'il est impossible de les dissocier. Enfin, les causes réglementaires sont liées aux politiques adoptées par les différents gouvernements dans les zones steppiques.

Il s'agit donc de la conjugaison de facteurs abiotiques (naturels) et biotiques (anthropozoïques) dont voici une synthèse des plus importants:

2-1 Le surpâturage

La charge animale joue donc un rôle important dans l'amélioration ou la dégradation de la qualité des pâturages. Une bonne charge animale doit permettre de consommer les meilleures et les moins bonnes espèces en laissant une bonne capacité de régénération à l'ensemble.

Dans la steppe algérienne d'aujourd'hui, c'est bien évident que le surpâturage est la principale cause de sa dégradation. Le maintien d'un effectif trop important de troupeaux par rapport aux disponibilités fourragères réelles de la steppe, a été encouragé durant plusieurs années, par des aliments subventionnés (orge, maïs et autres concentrés). Les importations de ces aliments ont ainsi fortement augmenté de 1972 à la fin des années quatre-vingt (fig. 4). Destinée à sauvegarder le cheptel suite à une sècheresse récurrente de l'époque, cette politique a eu deux

effets pervers. D'abord, au lieu de se maintenir, la quantité de bétail s'est accrue dans des proportions incompatibles avec les ressources fourragères naturelles. Ensuite, l'accroissement du cheptel a entraîné une concurrence accrue entre les éleveurs pour l'usage des parcours, suscitant une appropriation privative *de facto*, par différents moyens et techniques (Bedrani, 1996 ; Bensouiah, 2004). De nos jours, subventionnés ou non, ces aliments de complément sont largement utilisés, ils servent à réduire la transhumance et à maintenir un trop lourd chargement de bétail sur la steppe, en toutes saisons, y compris en plein été et en hiver. C'est de cette manière que le surpâturage continu a réduit les potentialités fourragères de la steppe algérienne, à un tel degré que la superficie nécessaire pour satisfaire les besoins fourragers d'un mouton est passée dans certaines régions de quatre hectares en 1970 à huit hectares en 2000 (Bencherif, 2000).

Le surpâturage est le fléau numéro un de la dégradation du potentiel sol et végétal est présent en permanence et ne permet aucune avancée de préservation de l'espace steppique.

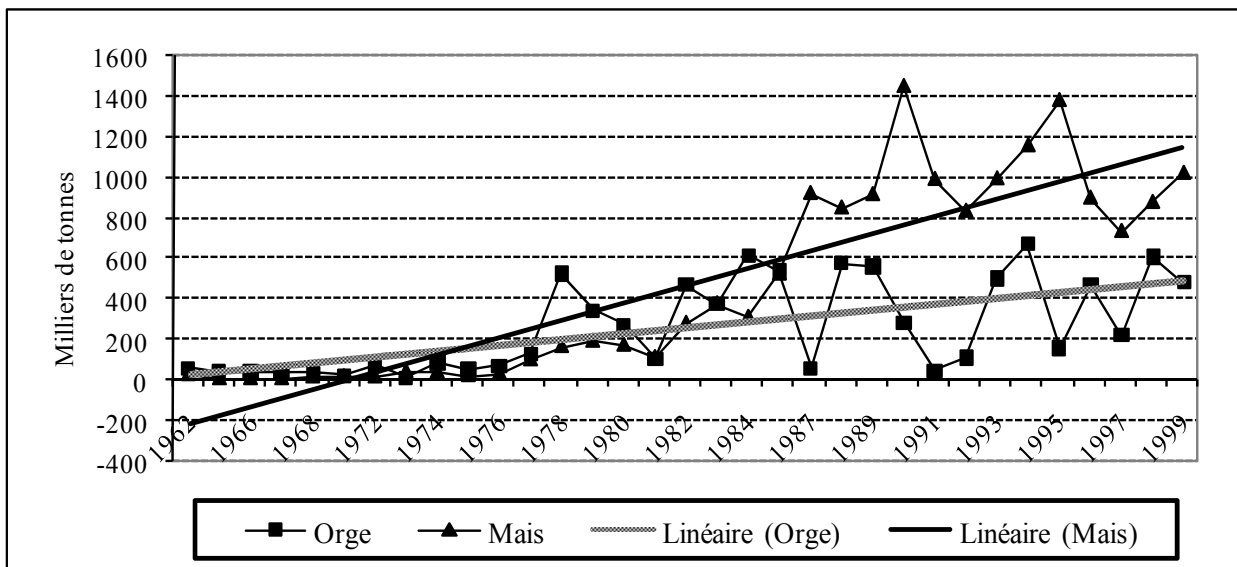


Figure 4 : Evolution des importations d'orge et de maïs depuis l'indépendance (Source: Bensouiah, 2004).

Selon Nedjaroui (1997). En 1968, la steppe Algérienne était déjà surpâturée, la charge pastorale réelle était deux fois plus élevée que la charge potentielle (tab.2). Malgré les sonnettes d'alarmes tirées par les pastoralistes de l'époque, la situation s'est en fait aggravée. En 1998, les parcours se sont fortement dégradés, la production fourragère a diminué de moitié et l'effectif du cheptel est 10 fois supérieur à ce que peuvent supporter les parcours. Cet état des choses résulte de la demande soutenue et croissante de la viande ovine en relation avec la croissance démographique, par la haute rentabilité de l'élevage en zones steppiques du fait de la gratuité des fourrages. Le maintien d'un cheptel de plus en plus important et le défrichement pour la culture des céréales ont donné lieu à la situation désastreuse que connaît la steppe aujourd'hui.

Tableau 2: Evolution du cheptel (10³ eq. ovin) et de la charge pastorale (ha/eq.ovin).

Années	1968	1996
Equivalents- ovin	7,890	19,170
Production UF/ha	1600 10	533 10
Charge potentielle	1 eq.ov/ 4 ha	1eq.ov/ 8 ha
Charge effective	1 eq.ov/1.9 ha	1 eq.ov/ 0.78 ha
Coefficient de surpâturage	50%	88%

(Source: Nedjraoui 1997)

2-2 La céréaliculture et les défrichements

La céréaliculture était pratiquée depuis toujours dans la steppe, mais elle se limitait « aux cultures de décrue dans les bas-fonds inondables produisant des rendements acceptables sans grands dommages pour les parcours » (**Le Houérou, 1968**). Malgré les faibles rendements, la céréaliculture reste une spéculation prioritaire à cause de son impact sur l'élevage car, même en année de sécheresse l'espace pourra toujours être transformé en terrain de parcours. Cette association agriculture-élevage a été depuis longtemps une caractéristique de la vie nomade (**Boukhobza, 1982**). Ces pratiques sont complémentaires dans la mesure où elles constituent un apport pour l'alimentation du bétail.

Et si les labours touchaient auparavant les bas-fonds des vallées, à présent les sols les plus pauvres sont concernés et les zones les plus fragiles sont touchées. En fait, la pratique de la céréaliculture est aléatoire et empiète sur les terres de parcours elles-mêmes, contribuant ainsi à leur réduction. Progression des défrichements et réduction des parcours ne font que rendre les conditions d'élevage de plus en plus difficiles et aléatoires. En plus, si l'emblavage suit le défrichement, la récolte est suivie par l'érosion. Le sol dénudé devient rapidement la proie du vent (**Montchaussé, 1977**).

Actuellement, la superficie des parcours steppiques défrichés, labourés et cultivés auraient dépassé les 2.7 millions d'hectares. Ceux-ci sont essentiellement consacrés à la céréaliculture fourragère avec des rendements très faibles et aléatoires. Il s'agit le plus souvent de la culture de l'orge dont le rendement à l'hectare peut tomber à quatre quintaux sur les terres propices et à un quintal sur les terres marginales les moins propices. De plus, cette céréaliculture est pratiquée par des personnes peu expérimentées qui veulent marquer leur droit sur des terrains récemment acquis et qui n'hésitent pas à labourer des sols fragiles et très érodables (**Bencherif, 2011**).

2- 3 Sécheresse et changements climatiques

De nombreux auteurs ont tenté de démontrer la tendance à l'aridité dans les steppes algériennes (Djellouli, 1981 ; Rognon, 1996 ; TabetAoul, 1998 ; Labaniet al. 2006). Ces études basées sur des séries d'observations fournies par les services de l'office national de la météorologie ont montré que les steppes algériennes sont marquées par une grande variabilité interannuelle des précipitations. Les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante (fig. 5). La diminution des précipitations est de l'ordre de 18 à 27 % et la saison sèche a augmenté de deux mois durant le siècle dernier (Djellouli et Nedjraoui, 1995 ; Hircheet al. 2007).

La sécheresse touche pratiquement tout le pays si on se réfère aux données des dernières décennies. Il n'est pas le fait exclusif de la steppe. Selon les études bioclimatiques faites par Pouget (1977) et Le Houérou (1995), la limite de « 200 mm » est très marquée par le paysage suivant: diminution du couvert végétal, augmentation du nombre et de la surface des champs de dunes, des couvertures sableuses, apparition des espèces psammophiles pré-sahariennes et enfin, les steppes à Remt deviennent très fréquentes et souvent dominant sur les sols plus ou moins limoneux. Du point de vue agronomique, ces modifications ont des conséquences très lourdes sur les sols non sableux ; elle se traduit par une chute brutale des potentialités pastorales, les parcours sont composés en grande majorité d'espèces non appréciées et les ressources fourragères sont limitées aux espèces annuelles qui sont elles-mêmes totalement dépendantes des précipitations. Seules les zones sableuses présentent des ressources fourragères suffisantes mais particulièrement sensibles au surpâturage (Pouget, 1977 ; Aïdoud ,1993 ; Le Houérou, 1995).

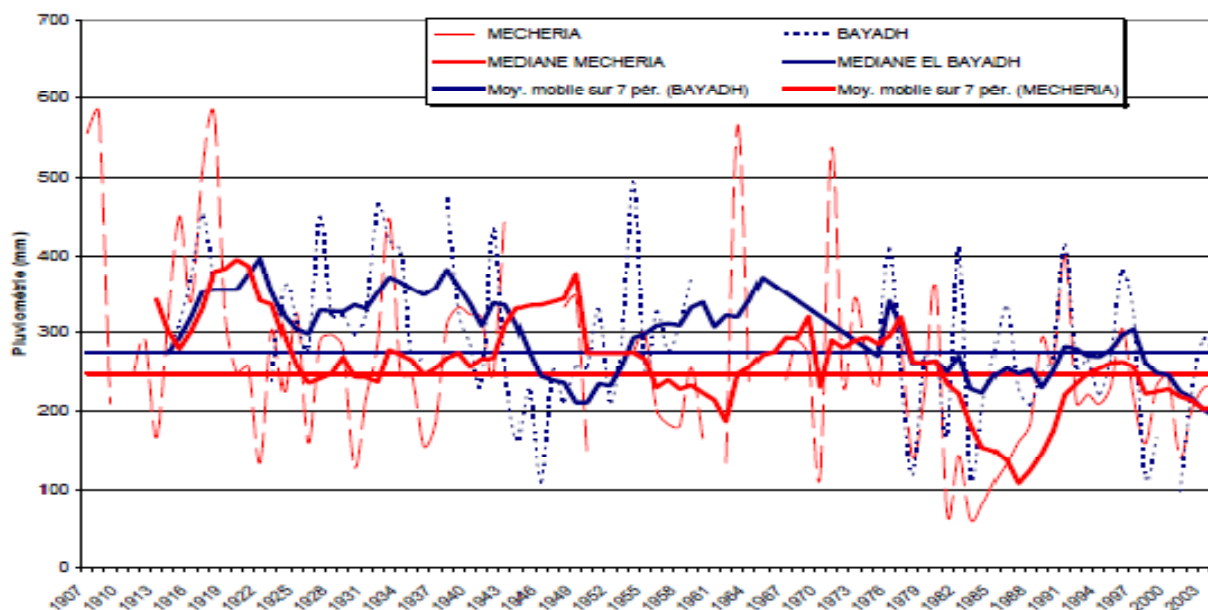


Figure 5: Evolution de la pluviosité (1907-2003) dans le Sud Oranais (Méchéria et El Bayadh) (source: Hirche, 2007).

2 -4 Croissance de la population de la steppe Algérienne

Plusieurs chercheurs ont étudié ce facteur (**Boukhobza, 1976, 1982 ; Montchaussé, 1977 ; Weexteen, 1977 ; Couderc, 1979 ; Aidoud, 1993 ; Bedrani, 1994**). Selon leurs analyses, il semblerait que les avis soient partagés quant à la responsabilité de la croissance de la population et la croissance du troupeau dans la dégradation de la steppe. L'équilibre social et biologique s'est trouvé fortement perturbé par l'intensification des besoins engendrés par la croissance démographique qui n'a pas été accompagnée par une création d'emplois suffisamment conséquente pour absorber la main-d'œuvre excédentaire par rapport aux besoins d'une exploitation raisonnable des parcours naturels (**Bédrani, 1998**). La forte croissance démographique enregistrée ces dernières décennies au niveau de la steppe (tab. 3), a engendré une croissance continue des besoins des populations, ceci s'est répercuté négativement sur l'ensemble des potentialités naturelles existantes. La population de la steppe est passée de 925.708 habitants en 1954 à plus de sept millions vers la fin des années 2000 (population urbaine et rurale), avec un taux brut de natalité de 3,5% (le taux national est de 3,2 %).

En effet, le taux de croissance de la population steppique est supérieur à celui de la population algérienne totale. Ce taux de croissance entre 1966 et 1988 était de 71 % pour la population steppique contre 59 % pour la population totale. **Bédrani (1994)**, explique que cette croissance rapide de la population steppique par le mode de vie rurale avec ses déférentes composantes qui influent sur la vitesse de la croissance démographique.

Par ailleurs, la population steppique a depuis longtemps, observé une sédentarisation continue causée par le changement des facteurs socioéconomiques qui ont influencé le processus de production pastorale. A noter qu'entre 1977/1987, la population nomade a enregistré une baisse de 13 7751 habitants. Les changements des conditions de vie pastorales ont accentué le processus de sédentarisation (**ONS, 1999**).

La part de la population éparse est passée de 60 % en 1966 à 19 % en 1998. Durant les années 90, le phénomène d'insécurité a accéléré le processus de sédentarisation amenant parfois des villages entiers à s'installer en périphéries des agglomérations.

Tableau 3: Evolution de la population algérienne et la population steppique

Années	Population des zones steppiques	Population totale de l'Algérie	Taux (%)	Taux de nomades
1966	1 024 77	12 010 000	8,5	52
1977	1 792 466	16 984 000	10,6	43
1987	2 520 207	23 477 000	10,7	29
1998	3 613 288	29 276 767	12,3	25

(Source: **ONS, 1999**)

2-5 Evolution du cheptel

L'effectif du cheptel pâturent dans la zone steppique et dont la composante prédominante est la race ovine (environ 80 % du cheptel) n'a cessé d'augmenter depuis 1968, jusqu'à la fin des années 90. L'évolution de l'élevage ovine dans un milieu de plus en plus dégradé ainsi que la pression démographique ont conduit à une concentration progressive des populations qui s'est réalisée au détriment de l'activité pastorale et des parcours environnants.

Tableau 4: Evolution du cheptel (10³ têtes)

Années	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2010
Bovins	1 393	1 267	1 580	1 595	1 613	1 572	1 561	1 614	1 586	1 650
Ovins	17 697	17 302	17 989	17 616	17299	17503	17588	18293	18909	20000
Caprins	2 472	2 780	3 062	3 027	3 129	3 281	3 325	3 451	3 590	3 800
Camelins	123	126	220	235	246	245	250	273	269	290
Total	21685	21475	22473	22473	22287	22686	22639	23631	24354	25740

(Source: Nedjraoui, 2012)

La croissance exponentielle du troupeau steppique (tab. 4) est due à plusieurs phénomènes (Nedjraoui, 2012):

- une forte croissance démographique qui a entraîné une augmentation de la consommation de protéines animales est enregistrée durant la dernière moitié du siècle. La population de la steppe de 925.708 habitants en 1954, est estimée en 2008 à plus de sept millions d'habitants (ONS, 2008). Cette croissance a concerné aussi bien la population sédentaire que la population éparsée.
- la spéculation sur le marché de la viande ovine dont le prix au détail est passée de 70 Da le kg en moyenne en 1977, à plus de 1 000 Da le kg en ce jour, a contribué au développement de cet élevage.
- l'élevage extensif a été favorisé également par les subventions que l'Etat a accordées à l'aliment concentré introduit durant les années 1970 et qui ne devrait être utilisé au départ que dans les coopératives d'élevage pour compenser le maigre apport du fourrage naturel disponible pendant les périodes de disette. Des quantités très importantes d'orge et de maïs sont importées et distribuées à très bas prix (24 \$ le quintal en 1985) pour combler le déficit fourrager. La consommation de concentré est passée de 750 à 2 060 millions d'U.F. entre 1971 et 1985 (Le Houérou, 1985 ; Boutonnet, 1989). En 2008, l'Office algérien interprofessionnel des céréales (OAIC) a importé 300 000 tonnes d'orge destiné à l'alimentation de bétail. Pour soutenir la filière élevage, le gouvernement a octroyé une subvention de 2 500 dinars le quintal (l'orge est vendu à 1500 DA le quintal alors que l'OAIC l'achète à près de 4 000 DA le quintal). En 2011,

l'Office national des aliments du bétail (ONAB) a importé 300.0000 tonnes de maïs et 180.000 tonnes de soja (l'aliment produit par l'ONAB étant composé à 60 % de maïs et 30 % de soja).

2-6 Régression du nomadisme

La population steppique, composée essentiellement de pasteurs-éleveurs pratiquait le nomadisme (concernant le déplacement de l'ensemble de la famille), et la transhumance (qui ne concerne que le berger et son troupeau). Ce sont des formes sociales d'adaptation à ces milieux arides qui permettent de maintenir l'équilibre et de survivre aux crises écologiques dues à des sécheresses cycliques. Cette pratique réalisait une gestion rationnelle de l'espace et du temps à travers deux mouvements essentiels: « l'achaba » qui consiste à remonter les troupeaux dans les zones telliennes, vers un pacage valorisant les sous-produits de l'agriculture, sur les chaumes et les pailles des terres céréalières pendant les trois à quatre mois de l'été et « l'azzaba » conduisant les pasteurs et leur cheptel vers les piedmonts nord de l'Atlas saharien pendant les trois mois de l'hiver. Ces deux mouvements de transhumance permettent une utilisation des zones steppiques pendant les trois ou quatre mois du printemps qui correspondent à la période maximale de la production végétale, c'est-à-dire à la production des espèces annuelles relatives aux pluies printanières et dont la valeur nutritive élevée compense largement les faibles valeurs fourragères des espèces pérennes. Cette combinaison intelligente induisait une optimisation dans l'utilisation des ressources naturelles et de ce fait, les parcours steppiques ne sont utilisés que pendant 1/3 de l'année ce qui permettait la régénération des espèces. La gestion de l'espace pastoral par les populations était basée sur des accords tacites issus des traditions ancestrales. Aujourd'hui, la société pastorale connaît d'importantes transformations socio-économiques (**Boukhobza, 1982 ; Berchiche et al. 1993 ; Bedrani, 1996**). Nous notons une importante régression du nomadisme qui ne subsiste que de façon sporadique. Les déplacements de grande amplitude ne concernent que 5 % de la population steppique.

Du fait de ces profondes modifications portant sur les statuts des parcours, les modes d'occupation de l'espace et les déplacements des éleveurs ont changé de nature. La motorisation a fait son apparition, partout dans la steppe, là où les pistes sont carrossables, le camion, la camionnette (le "pick-up") rendent des services inestimables et modifient profondément les façons de faire: l'eau et les concentrés viennent maintenant vers les troupeaux et non l'inverse. La sédentarisation de la population qui s'est produite sur les parcours, encouragée par les politiques des pouvoirs publics, a accentué la dégradation des sols et de la végétation pérenne (tassement des sols sous l'effet du piétinement des troupeaux, les auréoles de dégradation autour des points d'eau et des ménages).

2-7 Arrachage des espèces Ligneuses

Malgré la régression du nomadisme et l'utilisation du gaz pour le chauffage et la cuisson des aliments dans les zones rurales, l'arrachage des plantes ligneuses continu d'être un danger pour le couvert végétal. (Bencherif, 2011). La steppe est caractérisée par un hiver rigoureux. La population steppique, auparavant, était obligée de se réchauffer pour se protéger du froid et pour cuire les aliments. L'inaccessibilité des combustibles industriels et l'absence de véritables forêts ont conduit les nomades à arracher les plantes capables à subvenir à leurs besoins. Les espèces ligneuses de la steppe sont souvent arrachées pour être utilisées comme bois de chauffage et de cuisson des aliments, pour la confection de palissades et pour les clôtures. Les types de végétation les plus touchés sont le jujubier (*Ziziphus lotus*) et l'armoise (*Artemisia alba alba*), qui est une des espèces dont l'odeur pour la cuisson et les vertus médicinales sont très appréciées. L'arrachage de l'Armoise blanche est estimé entre 15 et 20 Qx/ha et 7 000 à 20 000 hectares d'Armoise blanche sont dénudés annuellement. L'engouement actuel pour la phytothérapie, les utilisations culinaires et industrielles sont autant de facteurs à l'origine de l'éradication des espèces steppiques, et quand ces dernières se font rares, ce sont les touffes d'alfa (*Stippa tenacissima*) qui sont victimes à leur tour des besoins des pasteurs. Ainsi, le sol qui se trouvait un peu protégé et humidifié se dessèche et s'érode automatiquement sous l'action du vent (Montchaussé, 1977).

2- 8 Accès aux ressources hydriques

L'autre facteur de dégradation qui est souvent négligé est celui du souci constant du nomade de ne pas trop s'éloigner des points d'eau. La dégradation ou le surpâturage ne touche pas ainsi d'une façon uniforme les parcours steppiques. Les points d'eau représentant des lieux ponctuels d'abreuvement sont depuis toujours des lieux où les sols subissent une dégradation plus poussée. Le phénomène est engendré par le piétinement des animaux et par toutes les conséquences de la vie de campement, céréaliculture et exploitation de la végétation existante pour nourrir le bétail ou bien pour se réchauffer. Ce piétinement des animaux peut s'étendre sur un rayon de « 5 km » autour du point d'eau ou de l'agglomération s'il s'agit d'une population sédentaire. Autrement dit, la surface dégradée autour du point d'eau peut atteindre « 80 km² ». Si une commune steppique possède « 10 points d'eau » connaissant le même rythme de piétinement, on peut évaluer la surface des zones dégradées à près de « 80 000 ha ». Ce qui représente une surface énorme en sachant qu'il existe plusieurs dizaines de points d'eau répartis sur la steppe. Ces auréoles apparaissent de moins en moins dégradées au fur et à mesure que s'éloignons des points d'abreuvement. Ce piétinement contribue au tassement du sol et à la constitution d'une couche très dure ; relativement imperméable concourant simultanément à la

diminution des possibilités d'absorption hydrique des sols et au ruissellement des eaux, ces derniers constituant des facteurs de dégradation et d'érosion des sols très importants (**Montchasse, 1977**).

2- 9 Vulnérabilité des sols steppiques

La plupart des sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulations calcaires réduisant la profondeur de sol utile ; ils sont généralement pauvres en matière organique et sensibles à la dégradation. Selon **Aidoud et Touffet (1996)**, le taux de matière organique ne dépassant pas les 3 % dans les sols steppiques. Les bons sols dont la superficie est limitée, se situent au niveau des dépressions (sols d'apport alluvial) soit linéaire et constituées par les lits d'oueds soit fermées et appelées Dayas (**Pouget, 1980**). Il suffit d'une simple pluviosité pour que le sol se glace et une pellicule de battance de quelques millimètres d'épaisseur se développe rapidement (**Djebaili, 1984**). Cette pellicule de battance conduit à une diminution des réserves d'eau dans le sol et à l'augmentation du ruissellement.

Le maintien d'un effectif ovin trop élevé sur les meilleurs pâturages et autour des points d'eau provoque le piétinement, la compactation superficielle et le tassement du sol, ce qui accroît très sensiblement le risque d'érosion. Les agressions du milieu humain et de techniques de culture inadéquates les ont appauvris et fragilisés. Les sols deviennent vulnérables à l'érosion éolienne, très importante dans ces régions et à l'érosion hydrique qui est due en grande partie aux pluies torrentielles qui sous forme d'orages violents, désagrègent les sols peu épais, diminuent leur perméabilité et leur fertilité.

La dégradation des sols se manifeste principalement par une diminution de la qualité des sols suivant quatre étapes distinctes (**Cornet, 2002**):

- ✓ modification des états de surface du sol (pellicule de battance, ensablement...),
 - ❖ dégradation du fonctionnement hydrique (disponibilité en eau du sol et de son efficacité d'utilisation, réduction de l'infiltrabilité, augmentation du ruissellement...),
 - ❖ érosion de la fertilité (taux de matière organique, taux d'azote, capacité d'échange cationique),
- ✓ diminution de la stabilité structurale,
- ✓ érosion hydrique et / ou éolienne,
- ✓ salinisation (cas des sols irrigués).

2-10 Insuffisance de réglementations appropriées

Depuis 1975, date de la promulgation du code pastoral, toutes les terres de parcours steppiques et présahariens s'étalant entre les isohyètes 100 et 400 mm sont devenues propriété de l'État et la gestion de ces terres relève des communes. La loi portant accession à la propriété

foncière agricole de 1983 a été appliquée aux terres de parcours et « quiconque met en valeur une terre de parcours pourra prétendre à en être propriétaire ». La loi de 1990 portant sur l'orientation foncière, réduit l'espace des terres « à vocation pastorale » aux steppes comprises entre les isohyètes 100 et 300 mm, permettant les défrichements sur la frange 300-400 mm. De ce fait, et pour répondre aux besoins alimentaires induits par la croissance démographique et l'augmentation du cheptel, nous assistons à une exploitation anarchique des terres pastorales et à l'extension des cultures céréalières à rendements très faibles (2 à 5 qx/ha) sur des sols fragiles. Les techniques de labour au cover-crop utilisées par les agropasteurs ont une action très érosive qui détériore l'horizon superficiel et le stérilise le plus souvent de manière irréversible. Ces phénomènes provoquent une destruction des espèces pérennes et une forte réduction de la végétation annuelle. Nous avons assisté à une perte des surfaces pastorales au profit des surfaces défrichées et labourées et très souvent abandonnées.

L'extension des superficies cultivées sur les terres pastorales, le surpâturage des parcours steppiques, l'éradication des espèces ligneuses à des fins domestiques ou commerciales, la multiplication anarchique des ouvrages hydrauliques, les programmes de subventions non adaptés à la steppe (exemple: l'arboriculture sur sols calcaires maigres, non rentable à long terme qui remplace les parcours naturels existant depuis des siècles), jouent un rôle fondamental dans le processus de dégradation de l'écosystème steppique. Aujourd'hui, l'exploitation des ressources naturelles des zones steppiques (terres, parcours, eau) obéit plus au droit du plus fort, qu'au droit traditionnel ou étatique. Les pâturages étant communs et gratuits, alors que le cheptel constitue une propriété privée, tous les éleveurs tentent d'accroître leurs troupeaux et de prélever le maximum de fourrage possible à court terme, sans souci ni des autres éleveurs ni de l'avenir des ressources naturelles.

Sans statut foncier, l'éleveur ne peut exercer pleinement ses responsabilités. L'administration se limite à des actions ponctuelles. Les collectivités locales, sans prérogatives, ni moyens sont impuissantes (**Bencherif, 2011**).

3- La menace de désertification

L'espace steppique de par son étendue et sa localisation écolo-géographique constitue une barrière naturelle bravant la désertisation et la désertification. Sur les 36 millions d'hectares (dont 16 millions des terres présaharienne) qui constituent le territoire steppique algérien, 12 millions d'hectares se trouvent dans un état de dégradation avancé. Les données sur la sensibilisation à la désertification établies par la **DGF (2007)**, indiquent que 5 % de cette superficie est désertifiée, 15 % très sensible, 25 % sensible à la désertification (fig. 6) soit un total de 45 % de terres dans un processus de dégradation assez avancée et souvent irréversible.

La lutte contre la désertification, objectif que s'était assigné l'État depuis le début des années 1970, devait stopper sinon limiter cette dégradation grâce à des actions touchant aussi bien l'environnement écologique que l'environnement socio-économique. Le bilan de ces actions montre que, hormis certaines améliorations, notamment sur le plan des infrastructures, ouvrages, plantations..., la steppe algérienne se retrouve dans un état de dégradation de plus en plus avancée et une partie de la population pastorale, dans un état de pauvreté de plus en plus marqué (Bencherif, 2011).

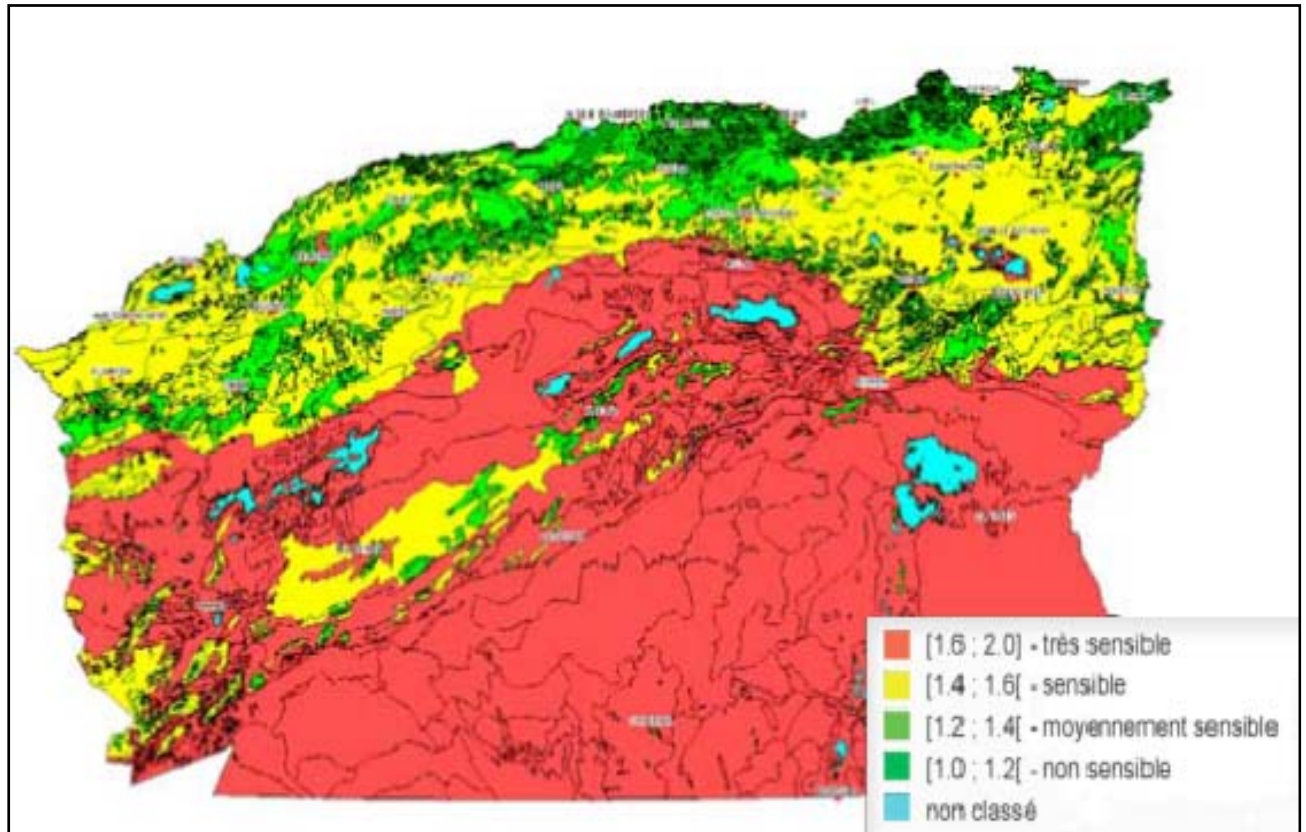


Figure 6: Carte de sensibilité à la désertification (Source: DGF 2007).

Le mécanisme de « steppisation » et de désertification dans les zones arides est fortement présent et se développe selon le processus connu depuis des lustres: écosystème fragilisé + sécheresse périodique, mais sur une durée assez longue + forte pression anthropozoïque + mauvaise gestion des ressources naturelles = désertification (fig. 7).

Dans la dégradation de la végétation, il est possible de distinguer quelques étapes successives majeures jusqu'à l'irréversibilité lorsque les pressions augmentent (Milton et al. 1994):

- ✓ variation de la biomasse et de la composition de la végétation avec les cycles climatiques et les évènements stochastiques (sécheresse exceptionnelle, feu, maladie...);
- ✓ modification de la composition floristique par les herbivores et par la mise en culture ;
 - régression des plantes palatables au profit des espèces moins palatables ;
 - remplacement des espèces de steppes par des espèces post-culturelles ;

- ✓ diminution de la diversité et de la productivité ;
- ✓ réduction du couvert végétal pérenne, diminution de la biomasse et du biovolume ;
- ✓ diminution de la capacité de croissance et de reproduction.

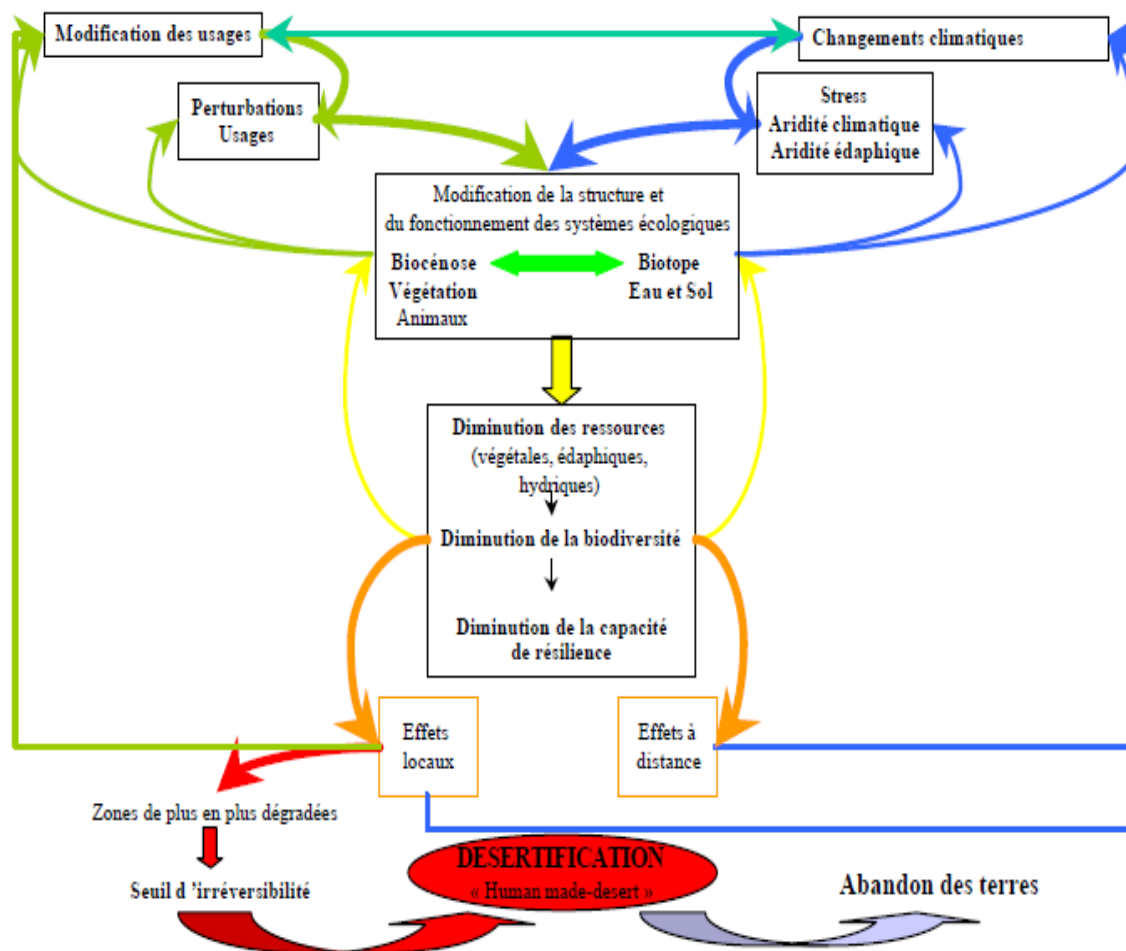


Figure 7: Processus et mécanismes mis en jeu dans les phénomènes de dégradation des terres arides (Jauffret, 2001).

4- Impact des stratégies menées dans la steppe

Après l'indépendance, les projets de développement se sont multipliés dans la steppe qui pour la plupart ont abouti à des résultats peu satisfaisants. Nous distinguons plusieurs périodes, avec des orientations politiques différentes, qui visaient l'espace steppique: de 1962 à 1975, une cinquantaine d'associations pour le développement de l'élevage pastoral (ADEP) fut créée dans la steppe. Celles-ci regroupaient des bergers et des petits éleveurs auxquels on attribuait un petit cheptel et auxquels on octroyait des droits de pâturages, à raison de quatre hectares par mouton. Cette période a aussi connu le démarrage du barrage vert sur des terrains parfois choisis parmi les meilleurs parcours, dont les populations locales ont alors perdu l'usage.

De 1975 à 1980, le lancement de la « révolution agraire » avait comme objectif de transformer la gestion de la steppe par une puissante intervention de l'État. Les associations pour le développement de l'élevage pastoral ont alors été transformées en Coopératives d'élevage pastoral de la révolution agraire (CEPRA), par la loi du 8 novembre 1975 mais, elles aussi, elles ont rencontré l'hostilité des éleveurs, qui s'estimaient dépossédés de leurs capitaux.

Dans les années 1980 et 1990, la libéralisation a été consacrée à liquider les réalisations de la révolution agraire. Cette période a aussi été marquée par la création du Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS). Sa principale mission est l'application de la politique nationale en matière de développement intégré des zones steppiques et pastorales. Il met en oeuvre des projets d'aménagements: essentiellement, des plantations pastorales et des ouvrages pour le stockage et la dispersion des eaux de pluies.

Selon **HCDS (2005)**, le bilan de l'impact des projets menés dans la steppe par le HCDS dans le cadre des programmes de lutte contre la désertification, aurait conduit aux réalisations suivantes: la mise en défens de 3 millions d'hectares de parcours ; la réhabilitation de 300 000 ha de parcours par des plantations pastorales ; la réalisation de 628 ouvrages de dérivation des eaux de crues pour l'intensification fourragère ; la réhabilitation de 4 000 ha de surface agricole ; la densification du réseau des points d'eau de 1 pour 6 000 ha à 1 pour 3 500 ha.

Malgré la contestation de plusieurs spécialistes du programme et des projets établis et suivis par l'HCDS, et malgré les critiques sur la gestion des fonds et sur la réalité des chiffres communiqués, l'expérience du HCDS peut être considérée comme bénéfique pour le développement de la steppe en Algérie.

A la fin des années 1990, un programme de mise en valeur (épierrement, forages, bassins d'accumulation) et de concession à des particuliers a été lancé par la générale des concessions agricoles (GCA). Ce programme s'est soldé par de nombreux scandales à cause de la mauvaise gestion des fonds ainsi que des mauvais choix d'emplacements des projets (**Bencherif, 2011**).

En 2000, le Programme National de Développement Agricole et Rural (PNDAR) visait au niveau de la steppe, le développement des cultures céréalières et de l'arboriculture en irriguer. Ces deux derniers programmes (mise en valeur de la GCA et PNDAR) ont permis grâce à une importante aide de l'État qui finançait parfois l'intégralité de la mise en valeur des terres (forages, construction des bassins d'accumulation, irrigation, plantations...) d'accroître les superficies irriguées et les productions. En même temps, beaucoup de bénéficiaires de ces terrains mis en valeur se sont orientés vers de nouvelles productions (arboriculture fruitière, maraîchage), dont ils avaient peu d'expérience et ils n'ont reçu aucune formation auparavant. Malheureusement, ces programmes n'ont été suivis d'aucun encouragement pour la production et le stockage des fourrages, visant à compléter l'alimentation des troupeaux (**Bencherif, 2011**).

5- Conclusion

La steppe algérienne a été parcourue pendant des siècles par des tribus nomades vivant sous la tente, de l'élevage ovin-caprin avec des mouvements de transhumances, l'été dans le Tell et l'hiver au Sahara. Déstabilisé par la colonisation, désorganisée par des projets inappropriés après l'indépendance, ce mode d'exploitation tribale régulé des parcours a cédé la place à un mode d'exploitation familial concurrentiel. Pressé par une population et par des troupeaux qui ont triplé, par l'élargissement de la céréaliculture fourragère dont les superficies ont triplé aussi, et par la réduction de la transhumance, la steppe a été surexploitée et dégradée, et les éleveurs se sont appauvris. Aujourd'hui, la steppe se trouve confrontée au double défi de la gestion durable de ses ressources et du combat contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire et la désertification.

CHAPITRE III

Présentation des techniques géomatiques

I. Généralités sur la télédétection

1.1. Définition

La télédétection est l'ensemble des techniques et des méthodes qui permettent d'observer à distance la surface de la Terre, ou celle d'autres planètes. C'est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur, « d'observer » et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. **(Soudani, 2005, J.O du 11 décembre 1980 in C.S.F.D, 2002, Ferdinand., 1996)** en utilisant les propriétés d'émission et de réflexion des rayonnements électromagnétiques à partir de vecteurs aéroportés ou satellitaires **(Douette. 2001, Girard. 1999, Bonn, 1996)**.

1.2. L'intérêt de la télédétection

La télédétection a pour rôle de fournir des informations sur les paysages sous la forme de données images en utilisant le rayonnement électromagnétique comme véhicule de ces informations **(Marc Robin ,2002)**. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible: géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol,...), etc. **(Soudani, 2005)**.

La télédétection est l'une des techniques les plus répandues dans les recherches d'analyse du changement et d'occupation du sol **(Tucker et al. 1986)**. Elle offre la possibilité de considérer les espèces ou les communautés d'espèces végétales et apporte une information sur la diversité de celles-ci par la prise en compte de paramètres environnementaux telque ; la production primaire liée à la richesse spécifique, la distribution spatiale, ou encore la structure et la topographie **(Bensaid. et al. 2003)**

1.3. Principes de base de la télédétection

Le principe de la télédétection, tel qu'il est présenté dans sa définition ci-dessus, repose sur l'acquisition de signaux de radiation ou de réflexion de l'objet. Le principe de base de la télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme.**(Fig n°08)** C'est le fruit d'interaction entre trois éléments fondamentaux ; une source d'énergie, une cible et un capteur, et consiste à mesurer un signal électromagnétique émis ou réfléchi par une cible **(Corbane, 2006)**.

électromagnétique est composé de deux vecteurs champ électrique et magnétique perpendiculaires (**fig N° 10**) et se déplaçant à la vitesse de la lumière (dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$) (**Soudani,2005**).

La télédétection utilise le rayonnement électromagnétique comme source d'enregistrements à distance, et qui correspond à des ondes électromagnétiques transportant de l'énergie qui est plus ou moins absorbée par les différents milieux.

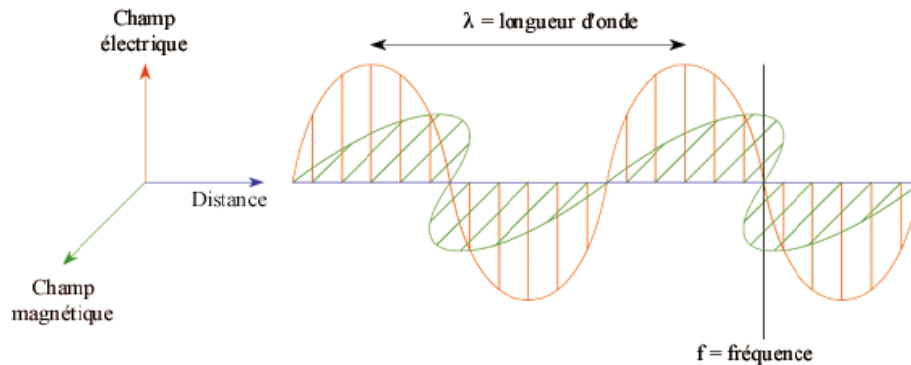


Figure 10: Représentation de l'onde électromagnétique.

Le rayonnement électromagnétique interagit une première fois avec l'atmosphère lors de son parcours de la source vers la cible, puis dans le sens inverse de la cible vers le capteur. Ces interactions induisent des modifications du signal électromagnétique qui est nécessaire de le prendre en compte dans la caractérisation de l'objet observé à la surface du sol. (**CSFD, 2002**)

Deux propriétés principales caractérisent une onde électromagnétique ; sa longueur et sa fréquence. La longueur d'onde est la distance entre deux points homologues (deux crêtes ou deux creux) qu'on note λ (m) et fréquence est le nombre d'oscillations par unité de temps qu'on note ν (nombre oscillations/s ou Hertz Hz). La relation reliant ces deux propriétés est:

$$C \text{ (m s}^{-1}\text{)} = \lambda \text{ (m)} \nu \text{ (Hz)} \text{ (Soudani2005)}$$

1.4. 1. Interaction rayonnement matière

La propagation de l'énergie associée au rayonnement ne se fait de façon intégrale (sans perte) que dans le vide. Soumise à un rayonnement émis par une source extérieure, la matière (solide, liquide ou gazeuse) absorbe une partie de ce rayonnement qui est transformé en chaleur (conversion de l'énergie radiative en énergie thermique). Le reste est soit réfléchi, soit transmis à travers le corps (avec un éventuellement changement de direction de la propagation qui est une réfraction).

1.4.2. Les Domaines Spectraux

C'est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. IL s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons

gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio). L'ensemble des fenêtres de toutes les longueurs d'ondes est appelé « *spectre électromagnétique* ».

Les principaux domaines du spectre électromagnétique (l'ultraviolet, le visible, l'infrarouge proche, l'infrarouge moyen, l'infrarouge thermique, et les hyperfréquences ou micro-ondes) ainsi que leurs longueurs sont illustrés dans la (**fig n° 11**).

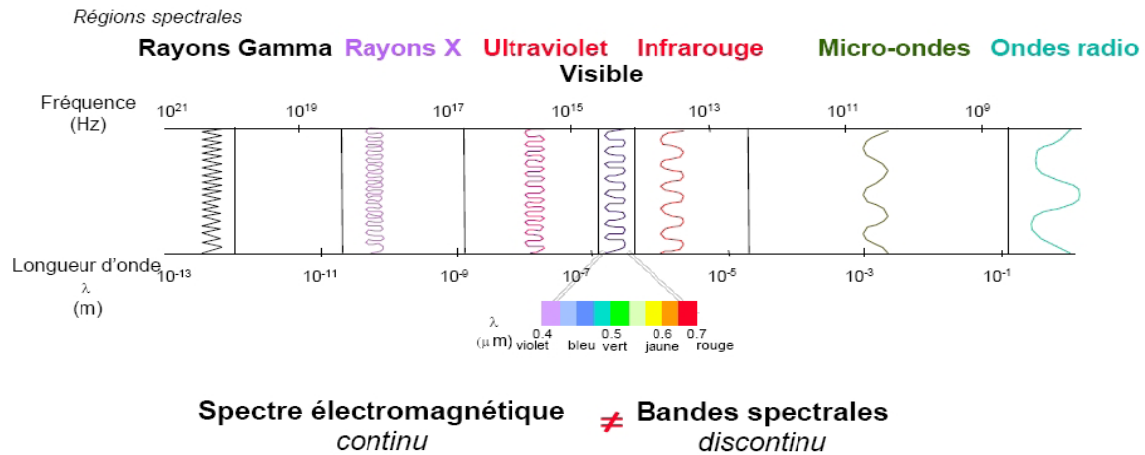


Figure 11: Domaine spectral des longueurs d'onde (Source: IGN, 2008).

1.4.3. Signatures spectrales

En mesurant l'énergie réfléchie ou émise par la cible avec une variété de longueurs d'onde, nous pouvons construire la signature spectrale pour chaque objet. Les signatures spectrales sont donc la réponse radiométrique des objets dans une succession de longueurs d'ondes.

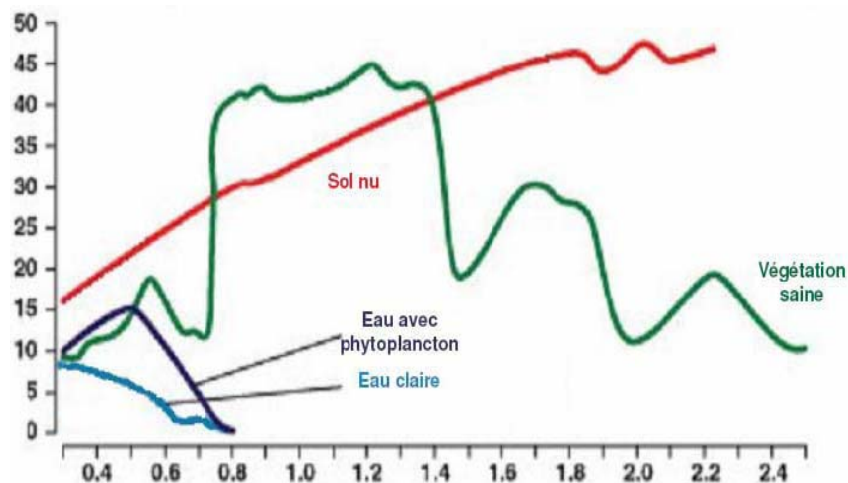


Figure 12: Courbe de réflectance des végétaux, sols et eaux (Soudani, 2006).

2. L'observation spatiale

2.1. Les vecteurs

Un vecteur correspond à tout objet se déplaçant et susceptible de porter un capteur. Il s'agit d'un véhicule aérien (avion) ou spatial (satellite) sur lequel sont embarqués des appareils de mesure (capteurs) et d'enregistrement des données acquises sur les objets observés au sol.

2.2. Les capteurs

2.2.1. Le fonctionnement d'un capteur

Dans le domaine solaire, le capteur mesure le rayonnement électromagnétique émis par le soleil et réfléchi par une surface quelconque et de son environnement. Ce signal est recueilli par un détecteur, sur des éléments de surface dont les dimensions dépendent de l'angle solide d'observation. Cet angle est défini par les caractéristiques du capteur, son altitude et la géométrie soleil-cible-capteur (Bonn and Rochon 1992).

Entre la phase de réception du rayonnement et de stockage, on distingue quatre systèmes (Fig. n°13):

- Un système de réception comportant un télescope servant d'objectif ;
- Une source de calibration et un spectromètre comprenant différents détecteurs ;
- Un amplificateur pour accroître le signal ;
- Un système d'enregistrement qui transforme le signal reçu en signal numérique.

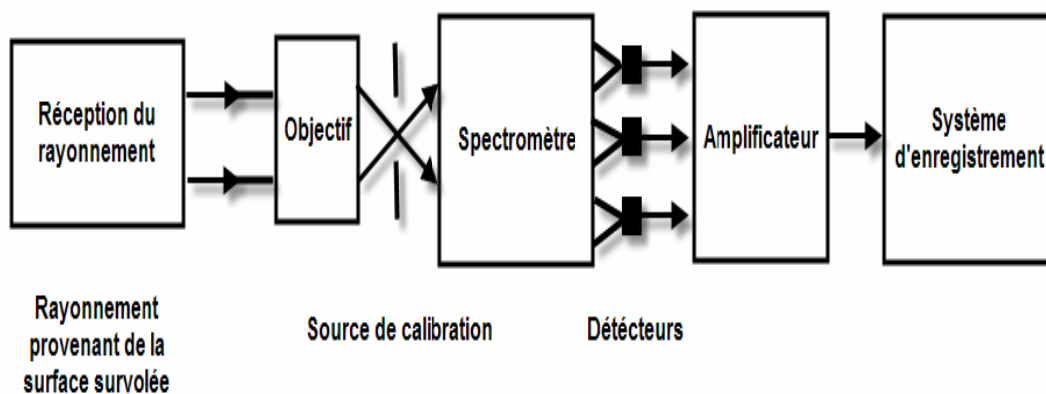


Figure 13: Schéma général d'un capteur (Girard and Girard 1999).

2.2.1.1. Caractéristiques spectrales (Résolution Spectrale)

La résolution spectrale décrit la capacité d'un capteur à utiliser des plages de longueurs d'onde spécifiques appelées bandes spectrales. IL existe un compromis entre résolution spectrale et résolution spatiale, En règle générale, plus on augmente la résolution spectrale, plus on a tendance à diminuer la résolution spatiale (Benhadj. I, 2008).

2.2.1.2. Caractéristiques spatio-temporelle (Résolution spatiale et répétitivité)

La résolution spatiale à la surface élémentaire d'échantillonnage observée instantanément par le capteur satellitaire. Cette surface correspond au pixel (Picture element). Cette résolution est de 30 m * 30 m pour le satellite Landsat Thematic Mapper.

Les observations issues de la télédétection spatiale sont également caractérisées par leur résolution temporelle ou encore la répétitivité des observations, notion difficile de l'appréhender car plusieurs composantes interviennent dans sa définition.

La résolution temporelle dépend du cycle orbital d'un capteur. Ce cycle définit la période de revisite, à savoir le temps que met un capteur pour observer un même point de la surface de la terre dans les mêmes conditions de visée. Ce cycle est généralement d'une durée de 15 jours à un mois. (16 jours pour *Landsat*). **Tab N°05**

2.2.1.3. La résolution radiométrique

C'est la capacité d'un système d'acquisition à distinguer entre deux niveaux d'énergies voisines. Le rayonnement réfléchi par les cibles au sol est enregistré par le capteur est codé en format numérique binaire et l'image résultante est en niveaux de gris. Pour un codage en 8 bits, le niveau de gris correspondant au rayonnement réfléchi varie entre 0 et 255 (soit 256 niveaux de gris).

Tableau 5: Principales caractéristiques des couples capteurs vecteurs utilisés en télédétection spatiale terrestre

Type d'Orbite	Satellite	Altitude de vol (km)	Répétitivité	Type de capteurs	Bandes spectrales (μm)	Résolution au sol	Dimension de la scène (km)	Objectif
Géostationnaire	MÉTÉOSAT	35 800	25 mn	VIS, VDT, MIRT	0.4-1.1 5.7-7.1 10.5-12.5	2.5 km \times 2.5 km 5 km \times 5 km	Le globe terrestre sauf les pôles	Météorologie
	GEOS		17.5mn		Visible et Infrarouge Thermique	1 km \times 1 km	Portion du globe	
Circulaire	NOAA	850	12h (2f/j)	AVHRR	0.58-0.68 0.72-1.1 3.55-3.93 10.3-11.3 11.5-12.5	1.1 OU 4 km	2400	
Subpolaire Héliosynchrone	LANDSAT (Land Satellite)	705	16J	MSS	0.5-0.6 0.6-0.7 0.7-0.8 0.8-0.1	56 \times 79 km	185	Ressources terrestres
				TM	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.90 1.55-1.75 2.0-2.35	30 \times 30 m		
	JERS-1	570	44j	ETM+ OPS	10.4-12.5 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.86 1.59-1.70 2.0-2.1 2.1-2.2	120 \times 120 m 18 \times 18 m	75	

					2.2-2.3		
	SPOT	830	26j ou 1-6j	HRV	0.50-0.59 0.61-0.68 0.79-0.89 Panchromatique: 0.51-0.73	20 × 20 m 10m × 10 m	60
	EarlyBird	470	2-5j		0.49-0.60 0.615-0.670 0.79-0.875 Panchromatique0 .44 5-0.65	3 m × 3 m 15 m × 15m	3

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration.

AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer.

ROS: Radar à Ouverture Synthétique3. Traitement des images satellitaire

3.1. Les satellites Landsat

La première génération de satellites, composée des satellites Landsat 1, 2 et 3 a été lancée entre 1972 et 1985. Les données enregistrées par cette génération de satellites, conçus pour la cartographie de la végétation, apportent peu d'information dans les domaines du spectre électromagnétique discriminatoire des minéraux.

Actuellement seuls les satellites Landsat 4, 5 et 7 de la seconde génération lancés entre 1982 et 1997, sont encore en fonction. Ces satellites fournissent des données d'une même surface à différentes dates, sur toute la surface terrestre exceptée pour les régions polaires. Les données des capteurs Thematic Mapper (TM) à bord de Landsat 4 ou 5 sont utilisées pour plusieurs applications comme la gestion des ressources, la cartographie, la surveillance de l'environnement et la détection des changements anthropiques ou naturels à la surface de la terre. La limite de résolution spatiale du capteur TM est de 30 m pour toutes les bandes, sauf l'infrarouge thermique qui est de 120 m.

Landsat 7, dernier satellite de la famille Landsat, possède à son bord le capteur multi-spectral ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Ce capteur enregistre la réflectance de la surface terrestre dans sept bandes spectrales ; quatre dans le Visible et Proche Infrarouge, deux dans l'Infrarouge Moyen, une dans l'Infrarouge Thermique et une bande en mode panchromatique (l'image panchromatique est obtenue à partir de données acquises dans une seule bande spectrale, correspondant à la partie visible du spectre à l'exception du bleu, la bande couvre la région du spectre comprise entre 0,52 et 0,90 μm). (Gomez C., 2004)

3.2. Traitement et visualisation des images numériques

3.2.1. Description d'une image

L'image est une matrice de valeurs (comptes numériques) comprises entre 0 et 255. Chaque pixel est codé par un numéro de colonne et de ligne. Il est possible de tirer le maximum d'information de ces images, et de les agrandir de telle sorte que la résolution de l'image correspond à la résolution de l'oeil.

Pour intégrer la notion de visualisation, prenons l'exemple de satellite Landsat 7. Le capteur présent à son bord est capable d'enregistrer une image multispectrale composée de 8 bandes. On peut également dire qu'il enregistre 8 images monochromatiques qui correspondent à chacune des bandes. Les signaux électroniques reçus par le capteur sont convertis en une série de niveaux d'énergies générant différents niveaux de gris. Ces niveaux de gris représentent la luminance émise par un objet. Il est donc possible d'afficher chaque image associée à une bande sous forme d'une image en noir et blanc.

Exemple: taille du segment d'image ci-contre (les valeurs sont codées sur 1 octet = 8 bits): 30 colonnes x 27 lignes = 810 octets

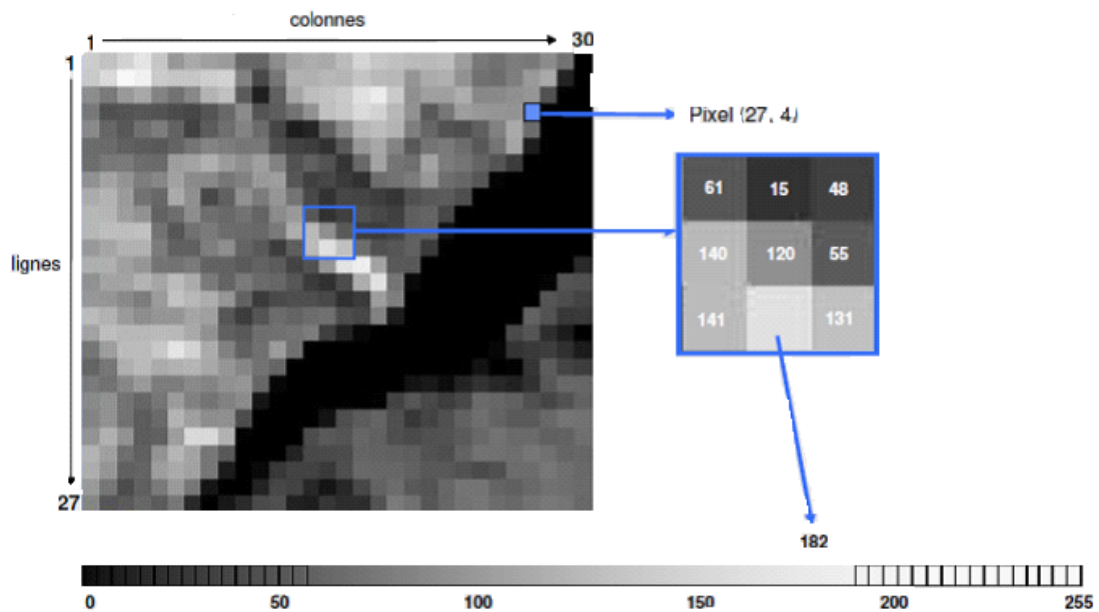


Figure 14: Description d'une image numérique.
(Source: Jean-Paul LACOMBE & David SHEEREN, 2007)

L'interprétation peut se faire directement sur l'écran quand on dispose d'un système informatique de traitement des images. Le processus d'interprétation, qu'il soit visuel ou automatique, transforme les données contenues dans l'image en éléments d'informations attachés à une localisation géographique. Cela permet d'utiliser les données télédéteectées dans un processus de gestion des ressources en les combinant avec des données pluri-thématiques et multi-sources. C'est dans cette intégration des données que le potentiel de développement des applications de télédétection est le plus important. La détection de changement est le processus qui consiste à identifier des différences dans l'état d'un objet ou d'un phénomène en l'observant à différentes dates (Haddouche, 2002).

3.2.2. La classification des images

Il existe plusieurs méthodes de classification, le principe se fait selon une règle de discrimination basée sur la différence statistique entre les valeurs numériques des pixels dans le but de réaliser le découpage optimal. (Deshayes et Maurel, 1990). Généralement, le processus de classification passe par les étapes suivantes:

- 1) L'établissement des classes de signatures;
- 2) La classification des pixels en fonction de ces signatures;
- 3) La vérification des résultats.

3.2.2.1 Classification non supervisée

La méthode, dite **objective**, est basée sur la segmentation du nuage de pixels en groupes homogènes (proximité spectrale), sans recours à la connaissance de terrain. La légende est élaborée a posteriori par l'opérateur (à partir de la connaissance de terrain). Ce type de classification est souvent utilisé pour générer un document cartographique d'appui à une mission de terrain.

3.2.2.2 Classification supervisée

La méthode, dite **subjective**, est basée sur l'affiliation des pixels à des classes thématiques définies et reconnues par l'opérateur à partir de la connaissance de terrain. La légende est élaborée a priori par l'opérateur (à partir de la connaissance de terrain). Ce type de classification est souvent utilisé pour produire un document thématique final.

La démarche de cette classification peut être résumée en plusieurs étapes:

- 1) Localisation de zones représentatives de chacune des catégories d'occupation du sol.
- 2) Sélection des zones d'entraînements représentatives des classes créées
- 3) Répartition de l'ensemble des pixels de l'image dans les classes créées à l'aide de l'algorithme

3.3. Détermination d'algorithmes de classification

Durant le processus de répartition des pixels dans les classes créées, le rapport d'un pixel avec un échantillon déterminera s'il doit appartenir à la classe ou non. Plusieurs manières d'attribuer un pixel à une classe existent.

3.3.1. Règle de la distance minimale

Le centre de l'échantillon est calculé, il représente le pixel moyen de l'échantillon. Un pixel sera alors attribué à la classe dont le centre de l'échantillon est le plus proche. Cette méthode est la plus simple des méthodes de classification. En raison de sa simplicité mathématique, il est cependant le plus rapide parmi les algorithmes les plus utilisés (C.C.T, 1999).

3.3.2. Règle du maximum de vraisemblance

Cette règle estime le vecteur moyen et la matrice de covariance de chaque classe. La méthode de maximum de vraisemblance est un critère de décision statistique fondé sur le calcul de la vraisemblance et servant à classer des éléments d'image dans des classes spectrales. La classification par maximums de vraisemblances est une méthode tout à fait satisfaisante mathématiquement car les pixels sont classés à partir d'une probabilité ce qui est tout à fait souhaitable en télédétection (Girard, 1999). Le maximum de vraisemblance semble apporter les

meilleurs résultats.

3.3.4. Le diagramme bidimensionnel

Les signatures spectrales peuvent être représentées en n dimensions. Généralement, le diagramme bidimensionnel est obtenu par l'intersection du canal rouge (675 nm) et le canal proche infra rouge, sur lequel sont placés tous les pixels d'une image satellitale. Dans un grand nombre de situations, il y a une assez forte corrélation entre les canaux successifs mais ce n'est pas toujours le cas, en particulier entre les bandes du visible, et celle du proche infrarouge (**Girard, 1999**).

Ces diagrammes sont également très intéressants pour connaître les bandes qui permettent la distinction entre deux signatures spectrales. On peut alors admettre que les bandes représentées sur ce deuxième diagramme permettent la distinction entre les deux classes étudiées.

3.3.5. Validation de classification

Il est possible d'évaluer les performances de cette classification en évaluant le pourcentage et le nombre de pixels correctement classés à l'intérieur de chaque polygone test. La matrice de confusion illustre, cette performance. L'analyse de ce dernier montre la bonne performance de la classification.

3.3.5.1 La matrice de confusion

La matrice de confusion se présente sous forme d'un tableau à double entrée. Une des entrées correspond aux pixels affectés aux classes d'après notre connaissance du terrain (en ligne) tandis que l'autre représente les pixels attribués aux classes après la procédure de classification (en colonne). Et en diagonale les nombres de pixels correctement classifiés Cette matrice permet de calculer:

- La précision totale: nombre de pixels bien classés divisé par le nombre total d'individus ;
- L'erreur d'excédents: pourcentage de pixel d'une classe issue de la classification qu'ils appartiennent, en fait à d'autres classes dans les données de références ;
- La précision pour l'utilisateur: pourcentage de pixels d'une classe issue de la classification correspondante à la même classe dans les données de références, elle est égale à "100 %-erreur d'excédents ";
- L'erreur de déficits: pourcentage de pixels d'une classe de référence affectés à d'autres classe de classification ;
- La précision pour le réalisateur: pourcentage de pixels d'une classe de référence affectés à la même classe, par la classification, elle est égale à "100 %-erreur de déficits" (**Douaoui, 2005**).

3.3.5.2. Le coefficient de Kappa

Un des tests fréquemment utilisé est celui de Kappa qui est une technique d'analyse multivariée pour estimer la valeur d'une matrice de confusion. (Gay, 1999) Le coefficient de Kappa peut aussi être utilisé pour comparer entre différentes matrices afin de montrer si un résultat est significativement meilleur qu'un autre. Il varie de 0 à 1.

La formule de ce test est la suivante:

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}$$

r est le nombre de colonne de la matrice

x_{ii} est le nombre d'observations dans la colonne i et la ligne i

x_{i+} et x_{+i} sont les totaux marginaux de la ligne i et de la colonne i

N est le nombre total d'observations

4. Télédétection de la végétation:

L'observation spatiale de par sa globalité, sa répétitivité et la cohérence de ses données est un outil adapté pour appréhender le fonctionnement des écosystèmes et suivre l'évolution de la végétation. Grâce aux satellites il est possible en effet de cartographier les couverts végétaux à des échelles de temps et d'espace très variés. Ils permettent en outre d'estimer le rayonnement solaire global ainsi que certains paramètres caractéristiques des couverts végétaux, comme la quantité de biomasse, ou la fraction du rayonnement photosynthétique actif.

Outils d'une meilleure compréhension des processus physiques et biologiques qui gouvernent la dynamique des écosystèmes végétaux, les données de télédétection peuvent aussi être utilisées pour informer les politiques sur les conséquences d'éventuels changements de la répartition mondiale des couverts végétaux, de façon à mettre en place des solutions de gestion plus durables.

La télédétection de la végétation repose sur la réponse spectrale des surfaces dans les différentes longueurs d'onde.

4.1. Les caractéristiques spectrales de la végétation

La quantité d'énergie solaire absorbée ou réfléchi par le couvert est déterminée par les propriétés optiques des éléments végétaux qui le composent, de leur organisation spatiale et enfin de la réflectance du sol sous-jacent (Rochdi, 2003).

4.1.1. Au niveau de la feuille

Les propriétés optiques de la feuille sont liées à sa composition biochimique et sa structure interne sensible à son évolution durant le cycle de croissance. On distingue trois types d'éléments qui interviennent dans les propriétés optiques de la feuille et qui correspondent aux grands domaines spectraux du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen.

- La teneur en pigments
- L'anatomie des feuilles, leur structure cellulaire
- La teneur en eau

Ces trois éléments varient au cours du temps et entraînent par conséquent des changements dans la structure et les caractéristiques des couverts végétaux. Plutôt que de parler de signature spectrale, on va parler de comportement spectral de la végétation.

4.1.1.1. Les pigments foliaires

Tous les végétaux renferment des pigments: chlorophylles (pigments verts), carotènes (pigments orangés) et anthocyanes (pigments bleues rouges), les pigments chlorophylliens étant de loin les plus abondants et leur présence est responsable, en grande partie, de la forme très particulière de la signature spectrale des végétaux (Gay, 1999). Selon (Grant, 1987) la radiation est fortement absorbée par les pigments foliaires, principalement par la chlorophylle; Ces pigments ont principalement deux bandes d'absorption, dans le bleu (475 nm) et dans le rouge (700 nm), produisant ainsi une réflectance maximum dans le jaune-vert (550 nm).

4.1.1.2. La structure cellulaire des feuilles

L'évolution de la structure anatomique déterminée par le nombre d'assises cellulaires, la dimension des cellules et l'épaisseur du parenchyme lacuneux, affecte la réflectance dans le proche infrarouge. Selon (Jensen, 2000) les longueurs d'ondes bleue et rouge sont absorbées par la chlorophylle, les vertes sont très faiblement réfléchies par la feuille et le rayonnement proche infrarouge est fortement réfléchi par le parenchyme lacuneux.

4.1.1.3. La teneur en eau

La teneur en eau des feuilles est également un facteur qui va fortement influencer la signature spectrale de la végétation, dans les longueurs d'onde de l'infrarouge moyen. Une forte baisse de la teneur en eau s'accompagne d'une augmentation de la réflectance dans l'infrarouge moyen. De plus, un déficit hydrique peut indirectement provoquer une augmentation de la réflectance dans les régions du rouge et proche infrarouge (400-1300nm) suite à une

modification de la turgescence des cellules. Néanmoins, cet effet du contenu en eau sur la réflectance de la feuille varie en fonction de l'espèce considérée (Rochdi, 2003).

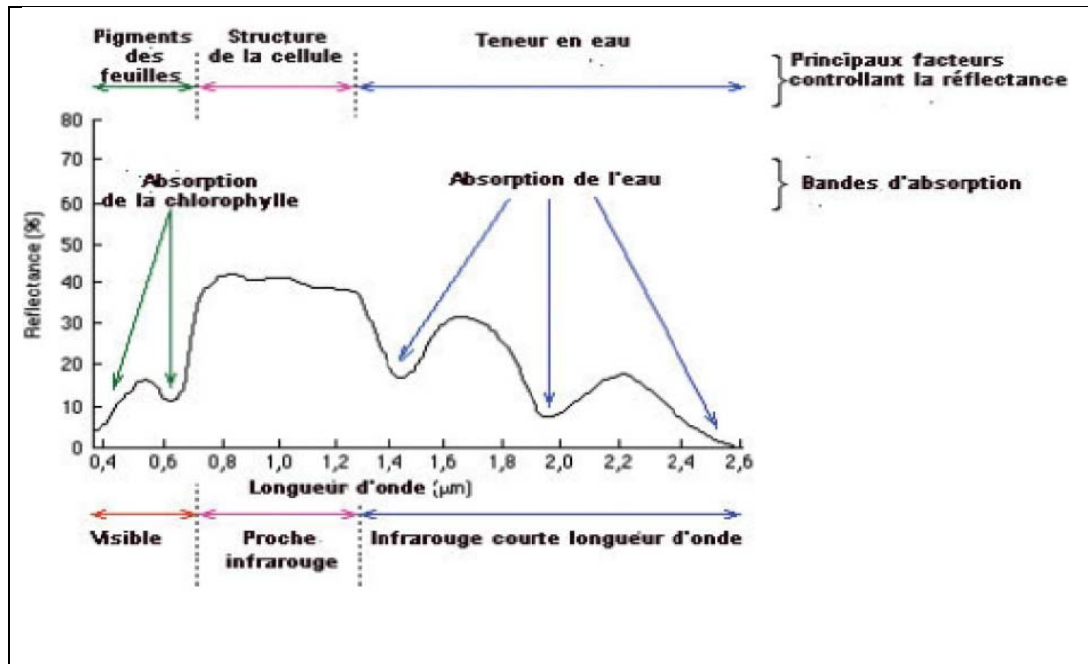


Figure 15: réponse spectrale caractéristique de la végétation chlorophyllienne (d'après Hoffer, 1978 in Corbane, 2006)

4.1.2. Au niveau du couvert végétal

Les variations de la réflectance mesurées au niveau du capteur satellitaire sont non-seulement liées aux propriétés optiques des feuilles, mais aussi à la structure des formations végétales.

La structure d'un couvert végétal est déterminée d'une part par la forme, la taille et l'agencement des organes à l'échelle de la plante et d'autre part par l'organisation des plantes à l'échelle du couvert.

La réflectance du couvert végétal est ainsi une composition de flux élémentaires réfléchis par les feuilles et le sol qui ont subi un ensemble d'interactions au sein du couvert. Lorsque la végétation est peu couvrante, la réponse spectrale des plantes est affectée par la réflectance des sols, donc la description de l'architecture du couvert sera réduite à la structure du feuillage. Celle-ci est généralement caractérisée par l'indice de surface foliaire, l'angle d'inclinaison des feuilles et la dispersion des feuilles.

4.1.2.1. L'indice de surface foliaire

L'indice de surface foliaire ou LAI (leaf area index) caractérise la quantité de matière fraîche du couvert végétal: il est le ratio de la surface totale supérieure des feuilles à la surface du

sol sur laquelle la végétation se développe. Ce paramètre constitue une caractéristique clé de la structure de la végétation en raison du rôle des feuilles chlorophylliennes dans de nombreux processus biologiques et physiques (**Bappel, 2005**). L'évaluation de l'indice de surface foliaire fournit donc un indicateur du potentiel de croissance de la plante (**Weiss, 1998**) et il est largement utilisé dans les modèles de fonctionnement de végétation. Le LAI est une grandeur sans dimension qui varie en général entre 0 pour le sol nu et 8 pour une forêt tempérée dense. Pour des forêts tropicales très fermées ou des forêts de conifères, la valeur de LAI peut dépasser 15 (Schulze, 1982 in Duthoit, 2006).

4.1.2.2. Inclinaison des feuilles

L'orientation des feuilles détermine en grande partie la surface réellement réceptrice du rayonnement, c'est donc un paramètre de structure primordial (Duthoit, 2006). L'indice de répartition des feuilles (LAD – leaf Angle Distribution) qui correspond à l'inclinaison des feuilles, peut être décrit comme la fonction de répartition des feuilles selon leur inclinaison.

Les plus couramment observées, sont les répartitions:

- Planophile: les feuilles horizontales y sont les plus fréquentes (couvert de soja),
- Erectophile: les feuilles dressées sont les plus fréquentes (céréales),
- Plagiophile: les feuilles inclinées à 45° sont les plus fréquentes (vigne),
- Extremophile: les feuilles ont deux orientations possibles: horizontale et verticale,
- Uniforme: la probabilité d'inclinaison des feuilles est la même quel que soit l'angle,
- Sphérique: la fréquence d'occurrence des angles foliaires est celle qu'auraient des feuilles placées à la surface d'une sphère.

Le LAD dépend bien sûr du type de végétation, des contraintes du milieu (lumière, stress hydrique...), mais aussi de la géométrie (capteur, cible et soleil). Selon (Moulin, 1995) les réflectance ont une grande sensibilité à la distribution des angles foliaires. Les feuillages orientés horizontalement (planophiles) présentent une variabilité moins importante en terme de réflectance que les autres distributions vis-à-vis la géométrie et les plus importantes par rapport aux répartitions angulaires des feuilles (Fensholt, 2003).

4.1.2.3. Dispersion des feuilles

Les feuilles ne sont pas disposées de manière aléatoire dans le couvert. En effet, un couvert végétal résulte de phénomènes de croissance au sein de la plante, déterminée à la fois par son patrimoine génétique mais bien sûr aussi par les conditions du milieu. Selon (**Rochdi, 2003**), l'arrangement spatial des feuilles n'est pas aléatoire et a généralement tendance à être de type aggloméré (agrégées) autour des plantes, des branches ou des rameaux. La dispersion traduit

l'agencement des feuilles du couvert, il conditionne la distribution du rayonnement et la manière dont il s'atténue dans le couvert végétal.

4.1.3. Au niveau du sol

Le spectre de réflectance d'un sol est généralement caractérisé par une augmentation progressive de la réflectance du visible à l'infrarouge. Les propriétés optiques des sols sont déterminées, comme pour la feuille, par sa composition biochimique et sa structure. Le spectre de réflectance d'un sol est généralement caractérisé par une augmentation progressive du visible à l'infrarouge moyen. La réflectance du sol est généralement plus élevée dans le visible et le moyen infrarouge et plus faible dans le proche infrarouge, et peut être affectée par plusieurs facteurs tels que la composition minérale, la matière organique, la structure du sol et son contenu en eau.

4.1.3.1. Composition minérale

Les minéraux constituant les sols présentent des indices de réfraction supérieurs à celui de l'air et même légèrement supérieurs à celui de l'eau. Le fer présent dans le sol sous formes d'ions ferreux et ferrique comporte de fortes bandes d'absorption dans le visible et le proche infrarouge. L'existence des carbonates ou de sulfate se manifeste par une augmentation générale de la réflectance dans ces deux domaines liée à une très faible absorption (**Rochdi, 2003**).

4.1.3.2. Matière organique

Les sols très organiques peuvent avoir des réflectance inférieures à 2.5% dans le visible et le proche infrarouge masquant en grande partie les réponses spectrales des minéraux (**Rochdi, 2003**). La matière organique peut affecter les propriétés optiques des sols en modifiant leur capacité de rétention en eau et leur structure, donc la réflectance des sols.

4.1.3.3. Contenu en eau

L'humidité du sol affecte la réflectance sur tout le spectre de diffusion et d'absorption. Selon (**Cayrol, 2000**) la réflectance dans tout le domaine spectral considéré est d'autant plus faible que le sol est plus humide. De fait que les surfaces en eau absorbent la quasi-totalité qu'elles reçoivent, la réflectance est faible dans les longueurs d'onde du bleu/vert et très faible dans le rouge et le proche infrarouge (**Gay, 1999**).

4.1.3.4. Structure du sol

La réflectance d'un sol dépend également des dimensions des particules qui le constituent. Plus les particules sont fines, plus la réflectance est élevée pour un type de sol donné

(**Duthoit, 2006**). La rugosité de la surface est aussi déterminée, liée à la présence de mottes et d'irrégularités à la surface du sol. Elle joue sur la distribution des zones ombrées et éclairées et induit ainsi une variabilité angulaire de la réflectance. Ainsi une augmentation de la rugosité s'accompagne par une réduction de la réflectance sur tout le spectre (**Rochdi, 2003**).

4.2. Les indices de végétation

En télédétection, les indices font partie des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multispectrales. Ils consistent à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine d'environnement. Basés sur le caractère multispectral des données satellitaires, ils permettent décrire l'état d'un phénomène. Un indice de végétation par exemple, peut rendre compte du stade de croissance végétale à un moment donné.

« L'indice de végétation est une réduction de l'information de type radiométrique contenu dans le capteur. Les types d'indices sont souvent de bons indicateurs de la densité de la Végétation mais doivent être manipulés avec prudence et après une étude attentive de leurs valeurs relativement à des données de terrain ». (Deshayes & Maurel, 1990) Les différents indices de végétation correspondent à une démarche empirique, dans la recherche d'une estimation de paramètres concernant la végétation, afin d'identifier et suivre la dynamique de végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux, comme la biomasse, l'indice de surface foliaire, la fraction de rayonnement photosynthétique actif, etc. ils sont plus ou moins sensibles à la contribution spectrale venant du sol ainsi qu'à celle provenant de l'éventuelle matière sèche sur pied mélangé à la matière verte (**Girard et Girard, 1999**).

4.2.1. Les indices simples

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

- Parmi les indices les plus élémentaires et les plus anciens, on trouve l'indice de végétation brut, ou indice différentiel de végétation ($DVI = PIR - R$) qui est égale à la simple différence des bandes du proche infrarouge et du rouge (**Bacour et al; 2006**).

- L'indice de végétation par quotient ($RVI = PIR / R$), s'exprime également de façon très simple. IL est égale au rapport entre les bandes infrarouge et rouge (**Krieger et al; 1969**).

- L'indice le plus simple et le plus utilisé est l'indices de végétation par différence normalisée ou l'indice de Tucker $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$ (**Rouse et Haas, 1973; Tucker, 1979**).

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

- Les indices de stress hydrique, comme le **MSI** = (MIR / PIR) (Hunt et Rock, 1989) ou le **DWI** = $(PIR - MIR) / (PIR + MIR)$ (Gao, 1989) sont des indices simples dans lesquels on utilise la bande spectrale du moyen infrarouge à la place de la bande rouge. Ces indices varient en fonction de la teneur en eau des feuilles. Ils permettent de déceler lorsque les végétaux sont en état de stress hydrique et sont par conséquent très utiles pour le suivi de la végétation en zone sèche.

IV.2.2. Les indices utilisant la droite des sols

Ces indices ont été proposés avec pour objectif de corriger ou tout au moins, réduire l'influence des sols sous-jacents aux couverts végétaux sur le signal mesuré au niveau du capteur satellitaire. Trois types d'indices ont été développés:

- L'indice perpendiculaire de végétation **PVI** = $1 / (\alpha + 1) \sqrt{1/2(PIR - R - \beta)}$ où α est la pente de la droite des sols dans l'espace et β est l'ordonnée à l'origine de la droite des sols); proposé par **Richardson et Wiegand (1977)**, suppose que la distance perpendiculaire est linéairement reliée à la couverture végétale. **Huete (1988)** a montré que les pentes des lignes de végétation croissent avec l'augmentation de la biomasse végétale.

- Huete (1988) propose un indice de végétation ajusté pour le sol qui introduit un paramètre d'ajustement **SAVI** = $(PIR - R) (1 + L) / (PIR + R + L)$ où **L** est une constante égale à 0,5, qui caractérise le sol et son taux de recouvrement par la végétation.

- Baret et al. (1989) propose une amélioration de l'indice SAVI. Leur indice transformé de végétation ajusté pour le sol **TSAVI** = $[\alpha (PIR - \alpha R - \beta) / R + PIR - \alpha \beta + 0,08 (1 + \alpha^2)]$ qui utilise la pente α et l'ordonnée β de la droite que les valeurs arbitraires fixées pour l'indice SAVI.

- **Qi et al. (1994)** proposent eux aussi une amélioration du SAVI. Dans leur indice modifié de végétation ajusté pour le sol **MSAVI** = $(PIR - R) (1 + L) / (PIR + R + L)$, le paramètre **L** n'est plus une constante, mais il est ajusté automatiquement aux conditions locales. La différence concerne le facteur **L** qui dépend à la fois de la droite des sols, du NDVI et de l'indice de végétation par différence pondérée (weighted difference vegetation index) proposé par Richardson et Wiegand (1977) **WDVI** = $PIR - \alpha R$.

4.2.3. Les indices corrigeant les effets de l'atmosphère

Ces indices ont été proposés pour réduire l'erreur provoquée par les processus de diffusion et d'absorption du rayonnement électromagnétique. La correction est souvent basée sur la différence entre les bandes spectrales et bleu et rouge.

- **Kauffman et Tanré, 1992** proposent un indice permettant de réduire les effets atmosphérique en utilisant la bande bleue, l'indice $ARVI = (PIR - RB) / (PIR + RB)$ où RB est une combinaison des réflectances dans les bandes spectrales bleu et rouge avec $RB = R - \gamma (B - R)$ où γ est un facteur d'autocorrection atmosphérique qui dépend du type d'aérosols présents.

- **Pinty et Verstrate, 1992** proposent une relation non linéaire pour minimiser l'influence de l'atmosphère, l'indice $GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - [(R - 0.25)/(1 - R)]$ avec $\eta = [2(PIR^2 - R^2) + 1.5 PIR + 0.5 R] / [PIR + R + 0.5]$.

4.2.4 Les indices corrigeant les effets conjugués des sols et de l'atmosphère

En combinant les indices SAVI et l'ARVI, il est possible d'obtenir des indices qui corrigent les effets conjugués des sols et de l'atmosphère, comme l'indice de végétation amélioré proposé par Huete et al (1999), $EVI = G [(PIR - R) / (PIR + C1R - C2 + L)]$ où G est le facteur de gain qui est égale à 2.5; C1 et C2 sont des coefficients de correction de la diffusion atmosphérique.

4.2.5. Les indices prenant en compte la température du sol

Plusieurs recherches ont suggéré l'utilisation combinée de l'indice de végétation et de la température du sol mesurée dans l'infrarouge thermique, pour estimer le taux d'humidité des sols, ainsi que l'état de stress hydrique des végétaux.

Sandholt et al, 2002 proposent un indice de sécheresse $TDVI = (Ts - Ts(\min)) / (\alpha + \beta NDVI Ts(\min))$ avec Ts température de la surface et Ts (min) température de surface minimum. Pour un même valeur de l'indice de végétation, les températures les plus élevées correspondent aux surfaces les plus sèches. Il est donc possible d'estimer le taux d'humidité des sols et par conséquent, l'état de stress hydrique des plantes, dès lors que la température de surface et l'indice de végétation sont connus.

5. Les systèmes d'informations géographiques (SIG)

Grâce au développement des nouvelles technologies (satellites et mise au point d'ordinateurs puissants) le Système d'Information Géographique (SIG), qui était assimilé au départ à un moyen de représenter les données sur une simple carte géographique, devient de plus

en plus un outil important d'aide à la prise de décision ; un outil de portée relativement grande et élargie à des domaines connexes à la gestion globale du développement.

L'objectif fondamental du SIG est de fournir une base de prise de décision, dans plusieurs domaines, à partir des données satellitaires.

5. 1 Définition

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont, historiquement, nés du croisement de la cartographie assistée par ordinateur et des systèmes de gestion de bases de données (SGBD).

Appelés GIS (Geographic Information System) dans le monde anglophone, ils sont, depuis 1988, définis aux États-Unis comme des « systèmes informatiques de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion ». En France, la définition, adoptée par le Conseil national de l'information géographique (CNIG¹) en 1990.

Les SIG sont des «ensembles de données repérées dans l'espace et structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision».

5. 2 Composition d'un SIG

Le SIG est composé, d'une part, de la base de données géographiques, et d'autre part, d'un ensemble d'outils permettant l'utilisation de celle-ci.

5.2.1 La base de données géographique (BDG)

Elle constituée d'un ensemble numérique de « cartes » et d'informations associées. Comme cette base de données décrit des objets à la surface de la terre, elle est composée de deux éléments: une base de données décrivant les objets spatiaux (localisation, forme) et une autre définissant les caractéristiques thématiques (attributs) de ces objets.

Une base de données est une collection d'informations relatives à un sujet ou un objectif particulier (Définition Microsoft Access). C'est en fait un ensemble de tables, de relations entre les tables, de requêtes, de formulaires et de rapports.

5.2.2 Saisie de données

Saisie des données peut se faire à partir d'un formulaire ou directement dans la table. La saisie à partir d'un formulaire est préférable car le formulaire peut être personnalisé pour faciliter la saisie.

Est possible d'importer ou de lier des données provenant d'un grand nombre de source dans Access (Excel, fichier texte, table .pdf, fichier HTML ou XML, autre bases de données ACCESS)

5.2.3 Filtrage des données

Les filtres permettent d'isoler des enregistrements par rapport à des conditions. C'est équivalent à créer des sous-ensembles de notre ensemble de données. Les filtres sont des expressions qui utilisent des opérateurs mathématiques et de comparaisons (=, <, >, ≥, ≤, <>) et des opérateurs logiques (et, ou). (Ex: les peuplements ayant un volume ≥ 150 m³/ha et résineux). Rappel: Les opérateurs logiques (et, ou) font appel à la notion d'ensemble et de sous-ensemble.

- L'intersection de deux sous-ensemble se réalise avec l'opérateur ET
- L'union des deux sous-ensembles se réalise avec l'opérateur OU

5.2.4 Les principales fonctions d'un SIG

Les systèmes d'information géographique peuvent être constitués pour répondre à différentes demandes. Comme le système universel n'existe pas, il faut les adapter selon les objectifs fixés. Toutefois ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système regroupées en 5 familles sous le terme des « 5A » pour: Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et Analyse. (Marmonier, 2002)

a) Abstraction: modélisation du réel selon une certaine vision du monde.

b) Acquisition: intégration et échange de données. (Import- Export). L'acquisition des données est faite par trois types:

Digitaliseur: la numérisation des plans cartographiques scanné par l'ordinateur ou la table à digitalisé.

Scanner: les cartes, les photos aériennes sont introduire sous forme des données raster.

Clavier: la saisie des données attributaires

c) Archivage: structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.

d) Affichage: représentation et mise en forme, notamment sous forme Cartographique.

e) Analyse: analyse spatiale (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématiques...)

5.2.5. Modes de représentation des données géographiques

Les données spatiales sont représentées dans un SIG suivant deux modes: vecteur ou raster.

5.2.5.1. Mode vecteur

En mode vecteur, les objets sont définis par des points, par des arcs ou des polygones. A chaque objet est alors assigné un identifiant unique, à travers lequel lui sont associées des caractéristiques attributaires quantitatives et/ou qualitatives. Le mode vecteur est de ce fait plus adapté à la représentation de variables discrètes. Il permet de représenter les objets tels qu'on les perçoit dans le monde réel.

a) Les points

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

b) Les lignes

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex: rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

c) Les polygones

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de formation végétales

d) Mode raster

Les données sont stockées sous forme des cellules de taille et de forme identiques pour représenter l'espace, en le découpant de manière régulière. Généralement de forme carrée, les cellules (ou 'pixels') sont organisées en lignes et colonnes. A chaque pixel correspond une valeur unique. Les images satellitaires ou scannées sont des exemples de données représentées en mode raster.

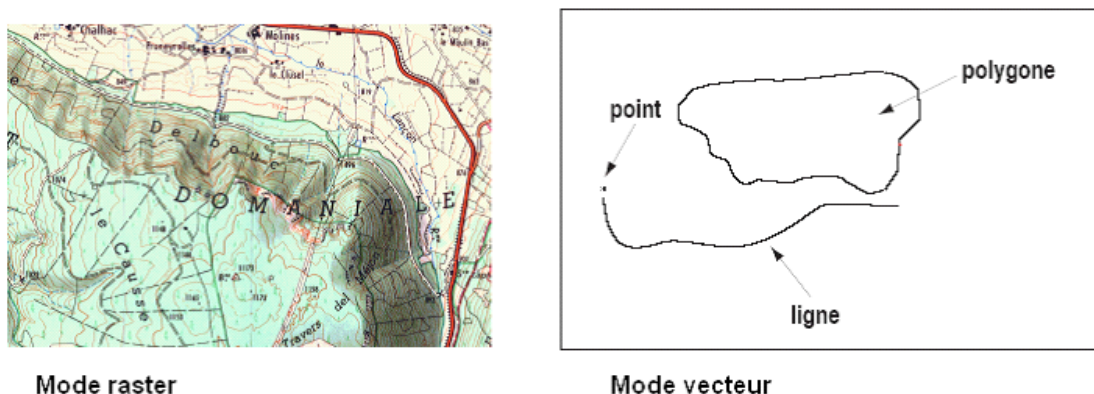


Figure 16: Les modes de représentation des données géographiques

5.3 Les domaines d'applications

Les domaines d'application des SIG sont nombreux et variés tel que.

- la protection de la nature: mesure de la dégradation des écosystèmes et évaluation des risques futurs dus aux pollutions
- la géomorphologie: pour évaluer les effets d'érosions afin de déterminer la façon la plus efficace d'intervenir
- la socioéconomie: impact des activités anthropiques (le surpâturage, surexploitation ... ect) sur la dégradation de la couverture végétale
- la foresterie: analyse et suivi de la biodiversité, cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture
- Tourisme: gestion des infrastructures, itinéraires touristiques
- Planification urbaine: cadastre, voirie, réseaux assainissement
- Protection civile: gestion et prévention des catastrophes
- Transport: planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires
- Hydrologie: planification et gestion des réseaux hydriques

V.3.1 Utilisation des SIG dans le monde forestier

- Inventaires forestiers
- Préparation de plan de sondage
- Localisation des placettes-échantillons (avec GPS)
- Compilation des résultats
- Aménagement intégré
- Cartographie des plans d'aménagement et des rapports d'intervention
- Analyse spatiale et multicritères (choix des peuplements à récolter, planification des routes et des infrastructures, calcul de superficies et de distances de transport)

- Délimitation des bassins versants
- Analyse de paysage
- Opérations forestières
- Analyse et préparation des données pour utilisation dans des outils d'aide à la décision
- Analyse réseau
- Analyse spatiale et multicritères
- Gestion des infrastructures
- Participation du public
- Outil de communication et de vulgarisation
- Recherche forestière
- Planification expérimentale
- Analyse statistique
- Présentation des résultats

Chapitre IV

**Etats de connaissances sur la
désertification**

Introduction

La désertification est considérée comme l'une des problématiques environnementales les plus préoccupantes du 21^e siècle. Par désertification, on entend une situation de dégradation des terres, liée au contexte socio-économique de l'utilisation des ressources naturelles au-delà de leur capacité de restauration, aggravée souvent par les fluctuations des conditions climatiques. Elle conduit à un déclin permanent des activités économiques, enracinant les populations locales les plus vulnérables dans la pauvreté et les poussant à un exode massif.

Le problème de désertification touche des territoires occupant 39,2 % du globe terrestre, soit environ $51,6 \times 10^6$ km² de terres dégradées (**Thomas, 1995**)

1. Définition

Dans les recherches sur les écosystèmes des régions arides et semi-arides, beaucoup de chercheurs ont essayé de définir la désertification:

Pour (**Mederbal, 1996**), « la désertification, un processus naturel ou anthropique, est un changement irréversible du sol et de la végétation des zones arides vers une irradiation et la diminution de la productivité biologique. Dans les cas extrêmes, ce processus peut mener jusqu'à une désintégration totale du potentiel biotique et la transformation du territoire en désert

Selon l'article de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, (**Paris, 1994**), la désertification désigne « la dégradation des terres dans les zones arides, semi arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines » (**Riahi et al. 2014**)

Pour (**Khellil, 1995**), « la désertification est un phénomène complexe qui génère une dégradation irréversible du sol et de la végétation et qui a comme principale cause les activités humaines ».

A l'unanimité, le concept désertification, utilisé par l'ensemble des auteurs, signifie la régression de la végétation sous des climats arides semi-arides ou même subhumides.

2. Les causes de la désertification

La désertification est causée par une combinaison de facteurs qui évoluent dans le temps et varient selon le lieu. Ceux-ci comprennent des facteurs indirects, tels que les facteurs socioéconomiques et politiques et la pression démographique, ainsi que des facteurs directs, comme les modes et pratiques d'utilisation des terres et certains processus liés au climat.

2.1. Facteurs anthropiques:

2.1.1. Les activités humaines:

La désertification est due essentiellement aux activités humaines au travers de ces pratiques (surpâturage, défrichement, éradication des espèces ligneuses). La pratique des cultures à grande échelle, l'utilisation de moyens mécaniques pour l'agriculture et l'abreuvement du cheptel, sur les sols marginaux, et l'absence des règles d'accès aux ressources naturelles conduit à un accroissement de la pression anthropique (**Cornet, 2002**).

2.1.2. Les coûts économiques de la désertification:

Depuis plus de 30 ans, les ressources naturelles des régions arides se dégradent en raison des pressions des hommes sur leur milieu naturel et des crises climatiques qui se sont manifestées dans diverses régions du monde. Cette dégradation du capital naturel entraîne un processus de désertification de plusieurs centaines de millions d'hectares sur tous les continents et conduit à des situations de pauvreté pour des centaines de millions de personnes. La dégradation des écosystèmes est dommageable en termes économiques, sociaux et environnementaux. Prévenir leur dégradation et restaurer le capital naturel dégradé devraient figurer au titre des priorités nationales et internationales dans le contexte du respect des objectifs du Millénaire. La question des coûts économiques de la dégradation des terres devient actuellement prioritaire dans les réunions internationales sur le développement des régions sèches (**Cornet, 2002**).

2.1.3. Évaluation des coûts économiques:

L'analyse des coûts de la désertification a été jusqu'à présent peu traitée. Ces résultats représentent en fait les coûts économiques de l'inaction dans les régions sèches et une meilleure connaissance de ces coûts déboucherait sur des argumentaires en faveur des investissements en terres arides. En effet, les quelques résultats existants dans la littérature sont éloquentes bien qu'ils soient sous-estimés (**Cornet, 2002**). Ils ne prennent en compte, en effet, que les coûts directs de la désertification (les seules pertes agricoles). Ainsi, les pays d'Afrique du Nord ont par exemple des coûts annuels de la désertification compris entre 1,36 % du PIB (Algérie) et 0,47 % (Maroc). Dans les pays sub-sahariens, ils se situent entre 1 et 10 % du PIB agricole.

2.1.4. Exploitation économique des ressources naturelles:

Les ressources naturelles constituent la base de la productivité des systèmes écologiques et des milieux. Dans les pays en développement, l'exploitation des ressources naturelles renouvelables contribue, de manière déterminante, à la satisfaction des besoins essentiels d'une

grande partie de la population. Les économies nationales reposent largement sur ces ressources, qui contribuent encore, à la majeure partie des exportations de ces pays. Ainsi, selon la Banque Mondiale, dans la plupart des pays d'Afrique, la part de l'agriculture et de l'exploitation des ressources naturelles renouvelables dans le PIB était en 1992 supérieure à 30 %. L'abondance et le renouvellement des ressources naturelles sont contrôlés par les fluctuations de l'environnement. Leur devenir est fonction des usages qu'en font les sociétés et de la maîtrise des techniques d'exploitation, et de la manière dont elles sont partagées et appropriées.

2.1.5 Défrichements:

C'est l'action la plus brutale. Que ce soit par brûlis ou par traction mécanique, la mise en culture détruit totalement la végétation naturelle. Les sols défrichés, perdant rapidement leur fertilité, sont laissés en jachère et ils ne peuvent remonter à leur niveau antérieur tant que ces jachères steppisées sont pâturées.

2.1.6 Surpâturage:

La végétation diminue progressivement et finit par disparaître. Seules les plantes délaissées par les animaux colonisent les parcours, mais elles sont généralement sans grand intérêt pour la protection des sols (petits épineux, ...)(**Thomas, 1995**)

2.1.7. Extirpation des plantes à usage médical ou industriel:

Certaines plantes médicinales sont extirpées à outrance en Asie (Chine). En Afrique du Nord on peut citer la cueillette de l'Alfa pour les usines de pâte à papier.

Le bois dans différentes actions de dégradation est naturellement variable, mais la mise en culture, le surpâturage et la coupe de bois explique à eux seules 80 à 90% des surfaces désertifiées. Les résultats nationaux sont donnés en pourcentage du PIB (produit intérieur brut) pour les pays d'Afrique du Nord. Pour l'Afrique sub-saharienne, les coûts de la dégradation des terres sont présentés en pourcentage du PIB agricole (PIBA) compte tenu de l'importance du secteur primaire dans ces pays. (**Benguerai, 2011**)

2.2. Facteurs naturels

2.1.1. Les sécheresses

Les sécheresses cycliques qui transforment les paysages tout en accentuant l'action destructrice de l'homme ; la dernière sécheresse qui a sévi dans les hautes plaines oranaises, de 1980 à 1990, est exceptionnelle par son ampleur. Les sécheresses, ont été les révélateurs de la désertification dans les zones arides où la pluviosité faible et sa variabilité plus grande, il est devenu plus difficile à l'écosystème et à la société de résister. Cependant, l'impact des

sécheresses est faible ou négligeable là où l'impact humain et animal est faible ou nul. En effet, la végétation et les sols des régions arides se sont adaptés à des conditions de sécheresses récurrentes au cours des siècles et des millénaires passés acquérant une capacité à récupérer leurs caractéristiques après perturbation (**Le Houérou, 1995**). L'accentuation des phénomènes de sécheresse n'est pas à l'origine de la désertification, mais elle constitue un facteur important d'aggravation de l'effet anthropique sur la dégradation des terres en zones sèches (**Thomas, 1995**).

2.2.2. Dégradation des terres arides:

En général la dégradation débute par une altération de la végétation, une modification de la composition floristique, les espèces les plus utilisées se raréfient et disparaissent. Ensuite ou parallèlement, le couvert végétal s'éclaircit, 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 (érosion).

La diminution de la biomasse et de sa restitution au sol entraîne des pertes progressives de matière organique qui constitue un des éléments déterminants des propriétés des sols. L'érosion s'accroît entraînant une destruction progressive du sol. Les conséquences sur la fertilité: chute de la capacité d'échange et des éléments disponibles ; et sur le bilan hydrique: augmentation du ruissellement, baisse de la réserve en eau disponible pour les plantes, modification du régime hydrique et des échanges avec l'atmosphère, aridification sont très importantes. (**Ghazi, 2004**).

2.2.3. La salinisation:

La salinisation « est le résultat de l'évaporation et de la remontée par capillarité des eaux de la nappe phréatique ainsi que la présence d'eaux souterraines rendues de plus en plus salines faute d'un drainage approprié. Elle tient également à la pénétration des sels dans les eaux d'irrigation, à l'insuffisance de la quantité d'eau qui serait nécessaire à l'évacuation des sels accumulés dans les zones radiculaires, au fait que les eaux d'irrigation sont appliquées de manière irrationnelle, que les terres irriguées sont mal préparées et que les exploitants utilisent des méthodes de culture inappropriées » (**Mabbut et Floret, 1983**).

En effet, une salinisation définitive des terres par accumulation importante de sels s'installe par suite d'une agriculture en irrigué, provoquant une concentration élevée, atteint des niveaux de saturation insupportable pour les végétaux, ce qui déclenche une dénudation des sols et son appauvrissement en matière organique.

3 Les conséquences de la désertification:

Les conséquences sont fatales et multiples sur tous les plans dont nous citons principalement

3.1 Ecologiquement:

- **Régression du couvert forestière:** La dégradation du couvert forestière résulte de l'abattage, des incendies et d'autres facteurs techniques, l'une des conséquences directe est la réduction des surfaces de végétation.

Note que, les facteurs de destruction ont provoqué en Algérie en 120 ans une régression de 25 à 30 % de l'armature boisée surtout en montagne.

Le tableau suivant (F.A.O. 2004), nous donne la régression du couvert forestier de 1990 à 2003 dans trois régions différentes.

Tableau 6: Régression du couvert forestier entre 1990 et 2003 (FAO ,2004).

	Superficie	Couvert forestier	Changement de C.F 1990-2003		Distribution de la superficie selon l'utilisation du sol (% 2003)		
			000 ha	000 ha	000 ha	% année	Forêt (%)
Algérie	238,742	2,145	27	-1,33	0,8	0,7	98,4
Nord Afrique	3, 090,228	649,866	5,264	-0,78	21,8	15,5	62,6
Monde	13, 139,61	3, 869,453	9,319	-0,24	29,4	11,2	58,6

A partir des données de ce tableau, on remarque que le taux de régression du couvert forestier en Algérie est très élevé (-1,33 % de l'ensemble de la superficie forestière) par rapport aux autres pourcentages de régression (-0,78% et -0,24 %) du Nord de l'Afrique et dans le monde.

- Dégradation et régénération du sol:

Sous l'effet des principales causes de dégradation, les sols se dégradent et s'érodent rapidement ; cependant les produits des différentes formes d'érosion peuvent être transportés dans d'autres zones de la région et reconstituer d'autres sols plus jeunes et très souvent de fertilité et de propriété physico-hydrrique moins favorables que les précédents

La dégradation des sols est la phase qui prépare l'érosion (Benchetri, 1972).D'une façon générale elle est liée à la dégradation de la végétation naturelle.

La disparition progressive du couvert végétal conduit:

- un appauvrissement en matière organique se traduisant, d'une part, par une désorganisation de la structure et des propriétés physico-chimiques du sol et d'autre part, par un abaissement de la fertilité ;
- une diminution de l'efficacité de la pluie dans la recharge des réserves en eau du sol ;
- une augmentation du ruissellement qui entraîne les graines des espèces végétales loin de la zone ;
- une mauvaise économie de l'eau du sol au cours de l'année (augmentation de l'évaporation) ;
- une érosion hydrique accrue ;

La dégradation des sols qui accompagne habituellement la dégradation du couvert végétal peut être de trois types différents (**Benmessaoud, 2009**)

• **Dégradation physique**: perte de structure, encroûtement, colmatage réduction de la perméabilité, baisse de l'aération, limitation de l'enracinement ;

• **Dégradation chimique**: lessivage de bases et acidification, toxicité ;

• **Dégradation biologique**:

- perte de matière organique, décroissance de l'activité biologique.

- La baisse de fertilité notamment par la diminution du taux de matière organique et la perte des éléments nutritifs. La productivité primaire peut être réduite à moins de 10 % de la productivité initiale des écosystèmes non désertisés (**Le Houerou, 1987**).

- L'érosion génétique progressive tant végétale qu'animale.

- Altération de l'environnement et déséquilibre écologique. (**Abdelguerfi et Laouar 2000**).

- La pluviométrie ne conditionne la température, l'humidité de l'air, l'évaporation et la croissance des plantes que dans le cas où la pluie est retenue et évaporée sur place, toute modification à grande échelle du sol et de la végétation entraîne une transformation du bioclimat dans la région affectée. (**Benmessaoud, 2009**)

3.2 Economiquement:

- Dégâts causés par l'ensablement sur les infrastructures, équipements publics, exploitations agricoles et agglomérations.

- Préjudices causés par l'érosion hydrique sur les différents ouvrages.

- Réduction de la productivité des terres agricoles sylvicoles et pastorales.

- Coûts élevés des opérations de lutte, et baisse des investissements. (**Zair, 2011**)

3.3 Socialement:

- Dégradation des conditions de vie de la population suite à la baisse de revenu pour les agropasteurs et les répercussions sur la sécurité alimentaire.
- Exode rural avec toutes ses conséquences multidimensionnelles.
- Conflits sociaux suite au à la régression des ressources naturelles. (Zair, 2011)

4 Impact du phénomène désertification sur la diversité biologique

4.1- Impact du surpâturage sur la diversité biologique

Précisons que le surpâturage est dû à l'accroissement du cheptel lié à une réduction de l'offre fourragère. Par ailleurs, au niveau des écosystèmes steppiques par exemple, l'exploitation des forages et des points d'eau à grand débit, sans organisation pastorale, provoque de grandes concentrations des troupeaux autour des forages et provoque la formation d'auréoles désertifiées sur des rayons de 5 à 15 km perceptibles sur les images satellites (Mederbal, 1992).

En outre, le surpâturage en forêts ou en steppe a pour conséquences d'éliminer par broutage les jeunes régénérations, les branches basses, et les rejets. Par ailleurs les effets du piétinement sur le sol et la végétation sont graves: tassement, solifluxion, écrasement des végétaux, etc...

Devant une situation dramatique, l'interdiction de pâturer a été initiée néanmoins, en dépit du contrôle des services forestiers, un accroissement souvent exponentiel des têtes de bétail a conduit en quelques décennies à une régression dramatique et souvent irréversible du couvert végétal. Ce surpâturage quasi permanent a stoppé les régénérations, transformé la steppe en "désert" et beaucoup de forêts en un piqueté d'arbres ébranchés et a profondément modifié le tapis herbacé associé.

Aux espèces caractéristiques du cortège Sylvania des écosystèmes forestiers, souvent de haute valeur pastorale, a succédé une forêt à tapis ras d'annuelles dans le meilleur des cas, ou une forêt envahie par les espèces non appréciées. Ces forêts à annuelles (forêts-parcs) sont maintenant présentes en Algérie sous presque toutes les essences: *Pinus*, *Quercus*, *Tetraclinis*, *Cedrus*, etc... (Quézel, 2000).

Toutefois des initiatives de mise en défens (stricte ou contrôlée), au niveau des parcs nationaux (cas des écosystèmes forestiers) et dans la région steppique, ont induit une remontée biologique remarquable et une reprise d'extension de la végétation. (Regagba, 2012)

4.2- Impact du défrichement sur la diversité biologique

Rappelons que, au niveau de la région steppique, le défrichement a pour origine l'extension de la céréaliculture qui a été fortement amplifiée par l'introduction de la

mécanisation et des labours réalisés à l'aide de tracteurs équipés de charrues à disques. Cette mécanisation, inadaptée aux conditions écologiques de la steppe, entraîne également la stérilisation des sols. Nul n'ignore d'ailleurs, y compris une très large frange d'éleveurs, que les labours dans la région steppique, foncièrement pastorale, constituent le coup de grâce qui met fin définitivement, et d'une manière irréversible, à toute forme de vie végétale.

Notons qu'au cours des dernières années (et bien que des statistiques officielles soient impossibles à obtenir !), les surfaces cultivées au niveau des franges inférieures des forêts ont été multipliées par 4 ou 5 (**Quézel, 2000**).

Un autre type de défrichement anarchique est celui qui se produit à proximité des agglomérations. En effet une exploitation intensive conduit progressivement à leur disparition.

D'autres actions brutales comme les brûlis répétitifs, ou les jachères pâturées, favorisent le défrichement.

Malgré plusieurs cris d'alarme, la situation ne risque que de s'aggraver dans les prochaines années tant que la législation forestière n'est pas appliquée. . (**Regagba, 2012**)

4.3- Menaces de la désertification sur la biodiversité

Rappelons que la désertification, conséquence de phénomènes tels que le défrichement ou le surpâturage, englobe tous les processus de dégradation biologique quel que soit leurs causes ou l'endroit où ils apparaissent.

Le lien entre désertification et occupation humaine apparaît donc comme un concept généralisable et la FAO propose que ce lien soit clairement exprimé par une définition plus précise: "la désertification est l'ensemble des facteurs géologiques, climatiques, biologiques et humains qui conduisent à la dégradation des qualités physiques, chimiques et biologiques des terres des zones arides et semi-arides et mettent en cause la biodiversité et la survie des communautés humaines". (**FAO, 1995**).

L'action de l'homme se traduit par un double effet défavorable sur la biodiversité végétale:

- La dominance, en raréfiant les populations de la plupart des espèces, et l'extension d'un tout petit nombre d'espèces opportunistes ;
- L'extinction de certaines espèces de la totalité de leur aire de répartition géographique ;

Selon certaines estimations, 25 à 75000 espèces végétales devaient disparaître avant l'an 2000. Or, 60% de médicaments sont issus du règne végétal et on estime qu'une espèce sur 1000 à 10000 présentes des propriétés pharmacologiques remarquables.

Par ailleurs, les causes du déclin des espèces animales de grande taille peuvent être multiples.

Elles sont directement liées la chasse à laquelle se livre l'Homme ou indirectement à des pressions anthropo-zoogènes induisant la destruction des niches écologiques.

La réduction de la biodiversité est souvent présentée comme un problème environnementale, mais ces causes fondamentales sont essentiellement sociales économiques et politiques. En effet, la tendance à la monoculture (uniformité génétique) agricole et forestière sur de vastes territoires entraîne la disparition de nombreuses espèces de flore et de faune sauvage qui avaient besoin d'un milieu diversifié pour se nourrir tout l'année et survivre. . **(Regagba, 2012)**

La diversité génétique disparaît des champs cultivés au fur et à mesure des succès mêmes de l'alimentation des plantes et l'intensification de l'agriculture. Il s'agit de l'érosion génétique qui se manifeste selon trois niveaux:

1. Diminution de la diversité interne aux variétés, par la généralisation de variétés génétiquement homogènes ;
2. Diminution du nombre des variétés cultivées au sein d'une espèce ;
3. Diminution du nombre d'espèces cultivées.

Cette érosion génétique est reconnue comme étant la principale cause d'extinction des espèces **(FAO, 1995)**.

L'érosion génétique est, à ce titre, un index révélateur du déséquilibre et de la dégradation des écosystèmes.

5. La vulnérabilité du milieu à la désertification:

La vulnérabilité du milieu à la désertification dépend de la sensibilité propre des sols et la végétation aux différents facteurs de dégradation.

Rappelons toutefois que ce ne sont pas tous les processus de dégradation en cours qui ont un rapport étroit avec sensibilité. Il y'a des zones qui sont très sensibles à la désertification mais qui ne sont affectées que par un faible processus de déflation, d'après le projet **(MEDALUS, 1999)**, les zones de sensibilité à la désertification sont classées comme suit:

- 1. Zone très vulnérable:** En général les milieux sableux sont les plus sensibles à la désertification, c'est-à-dire où les risques actuels de la désertification sont les plus élevés, Ils sont généralement formés par des steppes très dégradées, sensibles aux pâturages ou par des sols nus.
- 2. Zones vulnérables:** Ce sont En général des zones ayant un degré de sensibilité moins important que le précédent. Il s'agit en général d'une steppe peu dégradée sur un sol gypseux, dont le couvert végétal est sensible à la mise en culture et au surpâturage et le sol présente une forte sensibilité à la mise en valeur et aux labours.

3. Zones peu vulnérables: Il s'agit En général là d'une steppe non dégradée ou des maquis sur Croûte calcaire ou des cultures arborée, la végétation des montagnes où le couvert végétal et le sol sont tous les deux sensibles à la mise en culture et moyennement sensibles au surpâturage.

4. Zones non vulnérables: Se sont souvent des zones à végétation naturelles et au climat favorable on peut déduire que la sensibilité des milieux résulte donc des sensibilités de la végétation et des sols modulés par leur attractivité soit pour la mise en culture soit pour le pâturage. (Benmessaoud H, 2009)

6. La désertification en Algérie:

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 %).

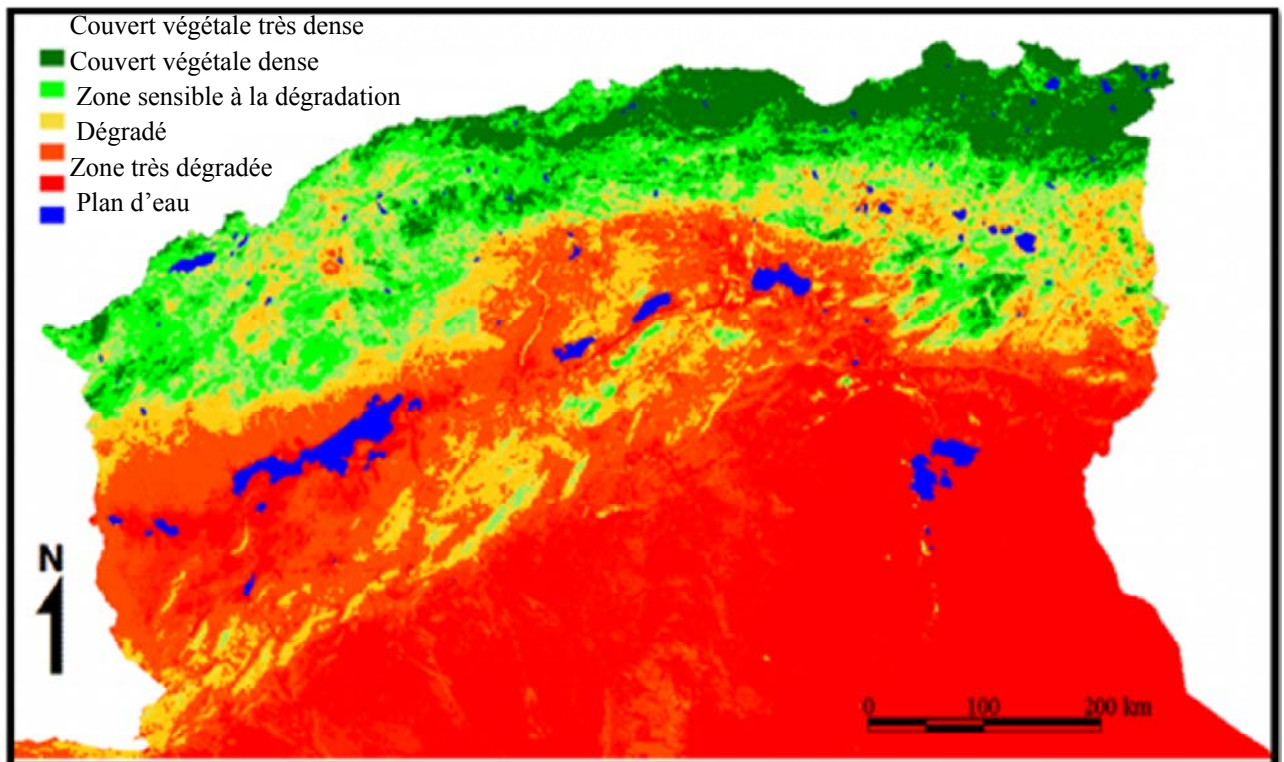


Figure 17: Carte synthèse de sensibilité à la désertification. (M. Benslimane, 2008)

Tableau 7: Zones de sensibilité à la dégradation de l'ouest Algérie. (Benmessaoud, 2009)

Régions	Tell		Hautes plaines steppiques		Total	
	Superficie en Km ²	%	Superficie en Km ²	%	Superficie en Km ²	%
Zones de sensibilités						
Très bon état	4920	7,07	320	0,31	5240	3,04
bon état	44140	63,42	7600	7,41	51740	30,06
Zones critiques	19360	27,82	26000	25,37	45360	26,36
Zones dégradées	340	0,49	38000	37,07	38340	22,28
Zones très dégradées	0	0,00	26820	26,17	26820	15,58
Zones humides	840	1,21	3760	3,67	4600	2,67
Total	69600	100	102500	100	172100	100

Cette situation induit une grande précarité de la productivité biologique variant au gré d'une grande variabilité interannuelle du climat. La zone steppique est actuellement très menacée par le phénomène de désertification. (D.G.F, 2004)

La région ouest en particulier est considérée comme zone en désertification au vu de la dégradation de la couverture végétale, de la faiblesse qualitative et quantitative des ressources en eau, de l'exacerbation des mécanismes physiques à la surface du sol, de l'érosion et de l'ensablement. (Benmessaoud, 2009)

Concerne essentiellement les steppes des régions arides et semi-arides qui ont toujours été l'espace privilégié de l'élevage ovin extensif. Les parcours naturels qui jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du pays sont soumis à des sécheresses récurrentes et à une pression anthropique croissante: surpâturage, exploitation de terres impropres aux cultures... Depuis plus d'une trentaine d'années, ils connaissent une dégradation de plus en plus accentuée de toutes les composantes de l'écosystème (flore, couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat). Cette dégradation des terres et la désertification qui en est le stade le plus avancé, se traduisent par la réduction du potentiel biologique et par la rupture des équilibres écologique et socio-économique (Nedjraoui D et Bédrani S, 2008).

6.1 État de la désertification en Algérie

L'Algérie couvre une superficie de 2.381.741 km² est caractérisée par trois écosystèmes distincts ; un écosystème montagneux localisé dans la zone tellienne, steppique compris entre l'isohyète 400 mm au Nord et 100 mm au Sud, s'étend sur 20 millions d'hectares et saharien

représentant 80 % de la superficie totale (**Tab 08**) partagé par des grandes unités morphologiques, les ergs sableux, les hamadas (plateaux caillouteux) et le Hoggar.

Le processus de désertification affecte de grandes étendues et est d'autant plus prononcé que le climat est aride et saharien.

Selon le rapport annuel de 2004 du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, l'Algérie connaît actuellement des problèmes environnementaux majeurs dus à plusieurs facteurs ;

Plus de 12 millions d'hectares soumis à l'érosion hydrique qui provoque des pertes en sol importantes entraînant l'envasement des barrages.

20 millions d'hectares que constitue la zone steppique, sont menacés par la désertification par conséquent, perte des éléments fins du sol (120 millions de tonnes de sédiments par An), glissements de terrain (16,6 m³ érodés/ An).

La superficie totale menacée par l'érosion hydrique est estimée à près de 10 millions d'ha. La précarité des conditions de vie des populations rurales les pousse à surexploiter les ressources naturelles pour satisfaire leurs besoins croissants, ce qui accentue davantage la dégradation des milieux. . (**Benguerai, 2011**)

La perte des ressources en eau provoquée par l'insuffisance d'alimentation des nappes phréatiques, suite à la diminution de l'infiltration, l'envasement des barrages dont certains a atteint un taux de sédimentation avoisine les 100 % (**Ghazi, 2004**).

Des résultats inquiétants de l'érosion éolienne sont obtenus grâce à l'élaboration par télédétection d'une carte de sensibilité à la désertification par le Centre national des Techniques spatiales (CNTS, 2004) près de 600.000 ha de terres en zone steppique sont totalement désertifiées sans possibilité de remontée biologique et que près de 6 millions d'ha sont très menacés par le phénomène de désertification. Près de 1,2 millions ha de terre labourée annuellement sont soumises à la désertification suite aux pratiques culturales inadaptées en milieu steppique. .

La superficie reboisée ne représente que 10 % de la superficie totale des bassins versants à protéger, alors que le taux nécessaire pour protéger un barrage contre l'envasement est de 25 %. Avec 4.150.000 ha de forêts, le taux de boisement n'est que de 1,5 %. Au niveau steppique, les écosystèmes pastoraux subissent une dégradation persistante et continue.

Outre, la sécheresse persistante et cyclique, la végétation pastorale malgré sa variété et sa richesse, est soumise à une exploitation de type "minier" qui, à moyen terme, si cette situation persiste, verrait sa disparition totale. L'alfa, avec 3 millions d'ha, reste la végétation homogène dominante avec l'armoise blanche (4 millions d'ha), le sparte ainsi que le pistachier et le jujubier au niveau des dayas. La flore du Sahara est dans la plupart des cas au stade relique comme le

Cupressus Duprezian (cyprés du Tassili), l'*Acacia radiana*, la flore herbacée évaluée à 500 espèces de plantes vasculaires et 700 espèces de cryptogames.

Le déficit en eau d'irrigation et la faible capacité d'entretien et d'exploitation des ouvrages hydrauliques, des digues, des puits et autres points d'eau, retardent et freinent les possibilités d'intensification agricole et de l'irrigation. Des cas de remontée de sels sont apparus suite à de mauvaises irrigations, notamment, en zone saharienne, steppique et l'Oranie. Certaines industries qui se sont développées à un rythme accéléré déversent, souvent sans traitement, leurs déchets solides, liquides, gazeux stérilisant ainsi beaucoup de terres agricoles (Moulai, 2008).

Tableau 8: Utilisation des terres en Algérie.

	Superficie Agricole Utile(SAU)	Pacages et parcours(Pâturages)	Terres improductives des exploitations Agricoles	Superficie Agricole totale(SAT)
Superficie en ha	8228690	31624770	882460	40735920
Pourcentage	3,5	13,3	0,4	17,1
	Forêts et terres boisées	Alfa	Terres improductives non affectées à l'agriculture	Totale Superficie Territoriale
Superficie en ha	4280000	2725000	190433180	238174100
Pourcentage	1,8	1,1	80,0	100,0

(Source D.G.F, 2004)

Le libre accès aux parcours, a vu une multitude d'investisseurs dans l'élevage, compte tenu de sa rentabilité et la gratuité de l'unité fourragères.

L'Algérie a vécu durant les années 90 une période marquée par un sentiment d'insécurité générale qui a affectée non seulement les populations mais également la physionomie du pays, une bonne partie de son potentiel économique et écologique a été détruit. .

La lutte antiterroriste a conduit parfois au sacrifice involontaire d'une partie du patrimoine forestier. Au vu de ce constat, si les méthodes d'approche restent les mêmes, la tendance ira vers la persistance de cette dégradation à un rythme qu'il est difficile d'estimer, mais certainement important.

Une situation de dégradation continue des ressources naturelles ne fera qu'engendrer la famine qui a son tour engendrera des conflits sociaux et par conséquent l'insécurité pour tout le monde (Ghazi, 2004).

6.2 Le problème De l'érosion des reliefs:

La liaison entre la dégradation de la végétation naturelle et l'érosion du sol est reconnue depuis très longtemps.

(**Benchetrit, 1972**), note que le développement considérable de l'érosion que nous constatons aujourd'hui en Algérie résulte de la destruction du couvert forestier de chaînes de l'atlas tellien par les indigènes qui y ont été refoulés il y a moins d'un siècle.

Toutes les études font état d'une dégradation des sols et signalent que l'érosion éolienne et hydrique augmente en fonction de la destruction de la végétation pérenne et des piétinements du sol.

En Algérie, (**Le houerou, 1979**) cité, estime que chaque année 100.000 hectares de terres fertiles sont perdus du fait de l'érosion éolienne. Ce chiffre traduit l'ampleur de la déforestation et l'impact des mauvaises techniques agricoles et de surpâturage.

6.3. L'accroissement du ruissellement et la réduction de l'infiltration

Le ruissellement croit proportionnellement à la destruction du sol. **TABLEAU.09** d'après **Nahal (1975)** illustre l'influence des forêts sur le ruissellement comparée à d'autres couvertures végétales.

Tableau 9: L'accroissement du ruissellement et la réduction de l'infiltration

Nature de la couverture végétale	Ruissellement		Infiltration en m3 d'eau(en 100 ha)
	%	En m3 d'eau a 100 ha.	
Forêt	2	1,000	49,000
Pâturage	5	2,500	47,500
Blé et avoine	25	12,500	37,500
Mais et coton	50	25,000	25,000

La nature du couvert végétal réduit donc corrélativement le ruissellement et augmente l'infiltration de l'eau.

L'accroissement du ruissellement et la réduction de l'infiltration après la disparition du couvert végétal perturbent le régime de l'alimentation des nappes phréatiques et de leur recharge. L'eau au lieu de s'infiltrer se perd dans les oueds et les chotts. . (**Benmessaoud-H, 2009**)

6.4.- Le problème de l'érosion éolienne:

Après régression de la végétation steppique la partie supérieure du sol est soumise à l'effet de l'érosion éolienne. Donc, les particules fines sont soulevées par le vent et s'accumulent en des endroits sous forme de voile sableux ou d'un édifice dunaire.

Ainsi, le sol devient plus compact et on assiste à la formation de ce qu'on appelle reg.

Sur ces zones glacées les plantes pérennes et annuelles ont du mal à germer et le ruissellement devient de plus en plus grand provoquant ainsi l'érosion hydrique (formations de rigoles et de ravines). Ainsi, à l'intérieur des zones investiguées l'alfa a complètement disparu et le sparte se trouve dans un état de dégradation très avancé favorisant ainsi la prolifération des espèces non palatables (*Peganum harmala*, *Noaea mucronata*.....etc). **(Zair, 2011)**

D'une façon générale la disparition progressive du couvert végétal engendre:

- Une diminution de la matière organique qui provoque une destruction des propriétés physico-chimiques du sol et une réduction en fertilité.
- La disparition de la partie meuble qui empêche le glaçage du sol lors de fortes pluies.
- Un faible recharge en eau des réserves souterraines et une mauvaise économie en ressources hydriques.

6.5. Le phénomène d'ensablement

En Algérie, 150.000 d'hectares par an sont ensevelis par l'ensablement. Ce phénomène demeure l'aspect le plus frappant qui caractérise l'érosion éolienne et constitue le risque majeur qui menace les wilayas (Djelfa, M'sila, Laghouat, Batna, Khenchela, Tébessa, Biskra, El bayadh, et Naama) sur tous les plans.

L'ensablement ne peut se produire que si les conditions édaphiques, climatiques et de végétation leur offrent un terrain propice, à savoir:

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

Les conditions énumérées ci-dessus sont en réalité omniprésentes, sauf que dans le passé le couvert végétal qui était dense a joué un rôle considérable dans le piégeage du sable et de la matière organique entraînée par le vent ; matériaux qui s'accumulent au pied de chaque touffe de végétation. **(Benabdelli, 2007).**

L'ampleur du phénomène réside dans sa vitesse de propagation amplifiée par les vents efficaces.

Le sable gagne du terrain au fur et à mesure que la végétation avoisinante est détruite ou enterrée, rendant stériles les terrains de culture et de parcours productifs se trouvant aux alentours.

Selon (**BouabdellahH, 1991**) ce phénomène s'est accentué dès les années 80. Les études réalisées sur l'ensablement ont pu mettre en évidence une dynamique (**Fig.18**) qui caractérise chaque forme d'accumulation sableuse:

- **Les anciens cordons dunaires:**

Les édifices dunaires présents des grandes dunes ont acquis avec le temps une forme longitudinale selon la même direction que les chaînons de l'Atlas saharien (sud-ouest nord-est), et elles sont considérées comme des zones d'exportation de sable.

Dans l'ensemble ces dunes paraissent stables, mais la fragilité du milieu aggravé par les phénomènes épisodiques de sécheresse ces dernières décennies a perturbé cette stabilité.

A cet effet, il n'en demeure pas moins qu'elles constituent une source d'alimentation en sable pour les différentes zones situées plus en aval de ces édifices, malgré la présence de la végétation psammophile et clairsemée naturelle et artificielle (ancienne fixation des dunes).

Causant ainsi des dégâts sur les infrastructures (régions d'El BAYADH, BRIZINA, NAAMA, Ain safra...).

- **Les accumulations sableuses:**

Selon les études menées par l'IGAT de l'université d'Oran en 2004 ou l'étude réalisée par l'INRF au profit de la conservation des forêts en 2003, les dépôts sableux récents relevés sur le terrain sont de divers types:

Le nappage de sable: est considéré comme un saupoudrage diffus des particules fines évolué à un dépôt de sable de 5 à 25 centimètres d'épaisseur moyenne qui se propage suivant la direction du vent dominant en formant de véritables zones d'accumulation qui s'étalent de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Plusieurs zones sont touchées par ce phénomène et plus particulièrement les espaces dépourvus de tous obstacles naturels.

Les dunes édifiées sont de formes et de tailles diverses: les barkhanes isolées et coalescentes, les micros dunes, des dunes sans crêtes apparentes et les voiles sableux. Leur morphologie diffère d'une zone à l'autre par le stade d'évolution lié à plusieurs critères d'ordre naturels (reliefs, nature de substrats, présence ou absence de la végétation, force et fréquence des vents efficaces, etc.) et artificiels (obstacles créés par l'homme). (**Zair, 2011**)

7 - La carte nationale de sensibilité à la désertification

7.1. Actualisation et extension de la carte:

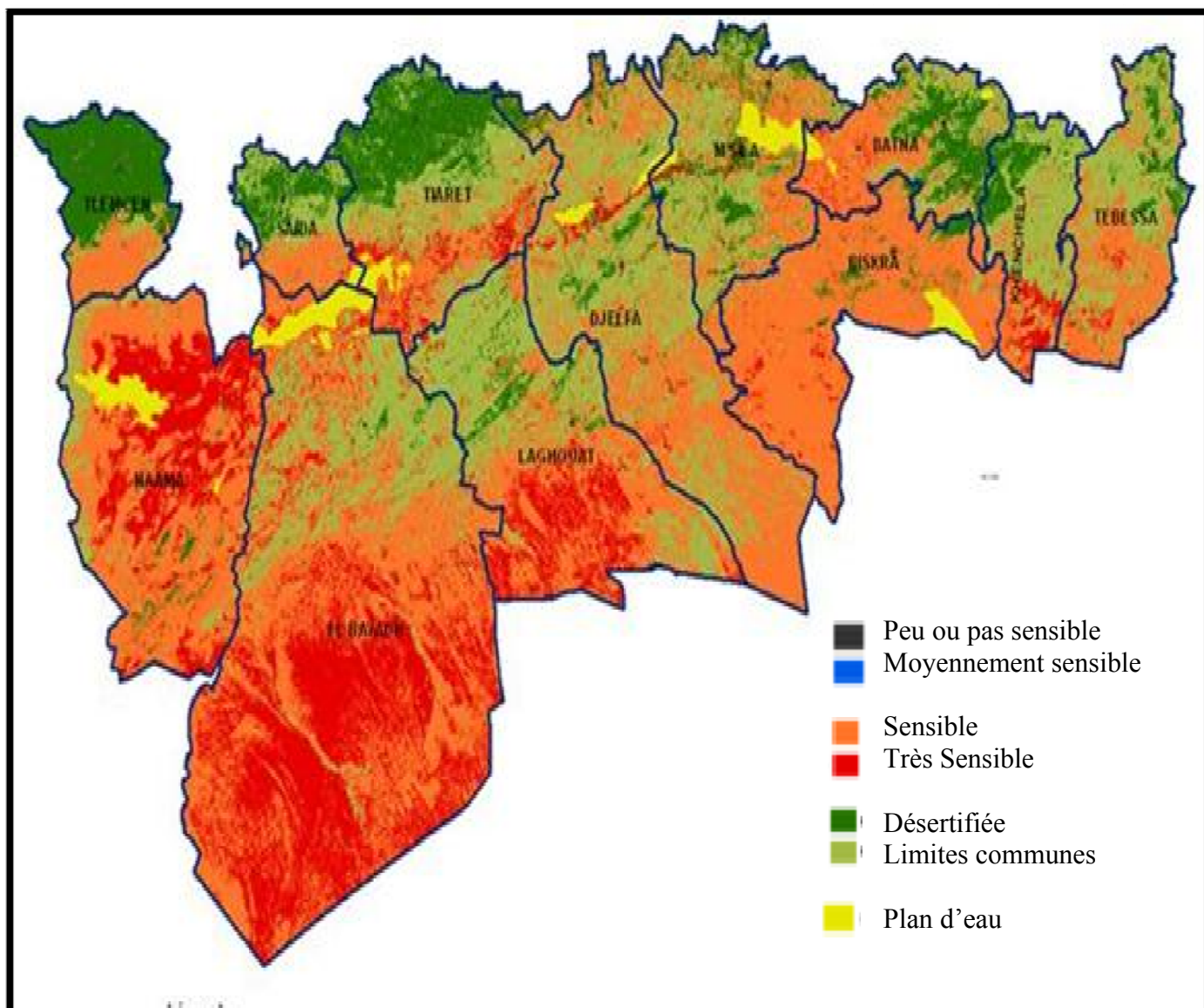
Devant toutes les conséquences qui ne représentent qu'une partie de ce que pourrait engendrer le fléau de la désertification, et dans le but d'orienter les interventions de lutte au niveau des zones touchées, la DGF a lancé en 1992 une étude qui a été confiée au Centre des Techniques Spatiales (CTS) d'Arzew portant sur "l'établissement de la carte nationale de sensibilité des terres à la désertification" par télédétection, qui fût actualisée en 2009.

L'étude a touché les zones exposées au risque de désertification afin d'effectuer un zonage de l'écosystème steppique en fonction de sa dégradation. Cette étude a permis d'établir la carte nationale de sensibilité à la désertification à l'échelle du 1/200.000e sur l'ensemble de la zone steppique pour les wilayas de Djelfa, M'sila, Laghouat, Batna, Khenchela, Tébessa, Biskra, El bayadh, et Naama. **(Zair, 2011)(Fig. N°18)**

Le contexte de cette étude est l'élaboration d'un plan de développement des zones arides et de lutte contre la désertification en Algérie. Etant donné l'étendue du territoire et de la région touchée par ce phénomène, la télédétection a été retenue comme outil d'investigation. Cet outil consiste en l'utilisation d'images prises par des capteurs placés à bord de satellites, dont les principales propriétés sont:

- Possibilité d'appréhender de vastes étendus à partir d'un seul document représentant différentes bandes spectrales
- Répétitivité et fréquence de prise de vue permettant le suivi de phénomènes évolutifs.

Cette étude constitue un outil d'aide à la décision pour la mise en œuvre d'un plan d'action de lutte contre la désertification pour le programme quinquennal 2010 – 2014.



Source: C.S.F.D., 2005

Figure 18: Carte nationale de sensibilité à la désertification aux 1/200.000 couvrant 12 wilayas steppiennes (27 millions 435 mille hectares)

La méthodologie adoptée conjointement entre le CTS et la DGF s'appuie sur:

- les données images satellitaires
- les données climatiques
- la réalisation des cartes de base
 - la carte d'occupation du sol
 - la carte morpho-pédologique
 - la carte d'ensablement

- le modèle de croisement des cartes thématiques
- la réalisation de la carte de synthèse: carte nationale de sensibilité à la désertification

Les cartes par wilaya ont été remises à l'ensemble des conservations forestières concernées, avec les notices explicatives correspondantes. Elles seront confrontées au terrain et validées (par commune). (Zair, 2011)

- **Indicateurs de la désertification:**

En l'absence de couvert végétal (destruction des plantes pérennes par arrachage ou fauchage), l'érosion hydrique et éolienne interviennent sur la couche arable, le stade ultime de la désertification étant la mise à nu de la roche mère ou des encroûtements calcaires et gypseux. Les produits érodés se déposent et leurs éléments fins sont repris par l'érosion éolienne. L'intensité de l'érosion dépend de la topographie, du caractère des précipitations et des vents.

Les indicateurs de la désertification retenus dans cette étude sont le couvert végétal, le sol et la morphologie. Chacun de ces indicateurs est classé selon son état et l'impact qu'il produit sur la désertification. La combinaison à travers une matrice de décision de l'état de chacun de ces indicateurs donne lieu, selon un croisement judicieusement conçu, à un niveau de sensibilité à la désertification. (DGF, 2004)

- **Etablissement de la carte:**

La carte établie (CARTE N°07) a fait ressortir 05 classes de terres:

1. La classe **très sensible** à la désertification

Se localise au niveau des édifices sableux et de leurs environs constitués par des voiles sableux.

2. la classe **sensible** à la désertification

Il s'agit essentiellement des terrains occupés par une steppe, dont le taux de recouvrement ne dépasse guère les 20%. Les terrains plats de parcours sont sensibles car très accessibles. Aussi, cette classe concerne les terrains en pente accentuée affectés par une érosion hydrique intense.

3. La classe **moyennement sensible** à la désertification,

Concerne les terrains peu accidentés couverts par des parcours à recouvrement moyen à base d'Alfa et d'Armoise ainsi que les lits d'oueds et Dayas occupés par la céréaliculture.

4. La classe **peu ou pas sensible** à la désertification

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 de l'érosion.

5. La classe **désertifiée**

Est constituée par les chotts et les sebkhas.

Selon la DGF, l'utilité de ce travail se justifie dans la mesure où c'est à partir de ses conclusions que nous pouvons élaborer des programmes d'interventions précis sur la steppe, et que le suivi de la désertification et de son évolution peut se faire par une mise à jour de cette étude. Nous pouvons dire qu'actuellement cette carte peut constituer une base de travail notamment pour le forestier mais avec certains travaux complémentaires de terrains. **(DGF, 2004)**

8 La lutte contre le phénomène de la désertification

La lutte contre le phénomène de la désertification sous toutes ses formes est l'axe principal de cet aménagement. Les reboisements doivent dans ce cas viser:

8.1 La reconstitution du couvert végétal:

L'état alarmant du couvert végétal nécessite un programme de réhabilitation axé sur des opérations de protection et des opérations de réhabilitation.

Le reboisement basé sur: les plantations pastorales, les fixations des dunes en amont et les bosquets d'ombrage doit contribuer d'une manière considérable à la réhabilitation des parcours. Seulement, il faut préciser que l'opération de mise en défens constitue l'une des mesures les moins coûteuses et les plus efficaces dans ce cadre.

8.2 La lutte contre l'ensablement:

compte tenu de son évolution, ce phénomène risque de mettre en danger plusieurs wilayas. Il risque de causer l'échec pour certains périmètres de mise en valeur qui sont devenus de véritables pièges pour la formation de nouvelles accumulations sableuses (périmètres de Brizina et el Bayadh). Il tend également à mettre en péril certaines plantations forestières telles que les bandes vertes, ainsi de compromettre les efforts déployés en matière d'infrastructures de base.

L'ensablement est devenu donc un véritable fléau qui doit être pris au sérieux. L'organisation spatiale de la dynamique de l'ensablement, ainsi que l'ampleur et les dégâts causés par ce phénomène appellent à raisonner efficacement et imposent une stratégie de lutte basée sur un choix judicieux des opérations à engager dont le reboisement avec toutes ses formes constitue l'une des principales actions.

8.3 La lutte contre l'érosion hydrique:

L'opération de lutte contre l'érosion hydrique confiée au secteur des forêts se fait exclusivement avec le procédé mécanique. L'opération de correction torrentielle en gabionnage et en pierres sèches comme seul moyen de lutte cumule un volume de 80.000 m. Dans le but d'atténuer les risques de ce type d'érosion, il s'avère nécessaire de favoriser la reconstitution de la couverture végétale au niveau des piedmonts, bas-versants et mi-versant. Cela peut se faire, selon les zones, par des opérations de mise en défens stricte et des actions de repeuplements.

CONCLUSION

Le processus de désertification s'explique encore une fois, à travers ce travail de recherche reposant sur la télédétection et la géomatique, par une diminution de la couverture végétale induisant une augmentation de l'albédo, une plus faible quantité d'énergie disponible au sol et une réduction de la température de surface. Il s'ensuit donc une réduction des mouvements convectifs verticaux de l'atmosphère et, par suite, une réduction des précipitations d'origines convectives, s'ajoutant encore au stress hydrique de la végétation et amplifiant le phénomène de désertification progressive.

Dans la zone Tellienne, la cause essentielle réside dans l'érosion hydrique ; ce phénomène est dû à la conjugaison des facteurs climatiques, édaphiques et également anthropiques.

Cependant dans la zone des hauts plateaux steppiques, à vocation agro-pastorale, les deux principales causes de dégradation des sols, donc d'accélération du processus de désertification sont l'érosion éolienne induite par une pression humaine alarmante (défrichement, labours) et un parcours excessif et permanent (éradication des espèces pérennes palatables et piétinement du sol avec destruction de la structure du sol et son émiettement).

Cette zone fragilisée par les facteurs naturels (sécheresse, diminution de la matière organique des sols, faiblesse de pluviométrie, grande amplitude thermique, vents chauds etc.) connaît ces dernières décennies des programmes de mise en valeur se traduisant par une sédentarisation des nomades avec toutes les conséquences néfastes qui en découlent comme: le surpâturage, tarissement des points d'eau, le défrichement, l'introduction d'espèces exotiques, l'agriculture de subsistance). Il s'en suit une totale désorganisation des parcours qui disparaissent avec le temps sous la pression d'un cheptel de plus en plus important.

Chapitre V

Présentation de la zone d'étude

Elle s'étend sur une superficie de 71 697 km², soit 3 % du territoire national. Elle s'étend du Chott Echergui à l'Erg Occidental est dominée par les trois monts du djebel Amour de la chaîne Atlas Saharien, le Boudergua 1873 mètres, majestueux par sa masse avec ses vestiges du poste optique, El Ouastani 1878 mètres et le grand Ksel avec 2008 mètres.

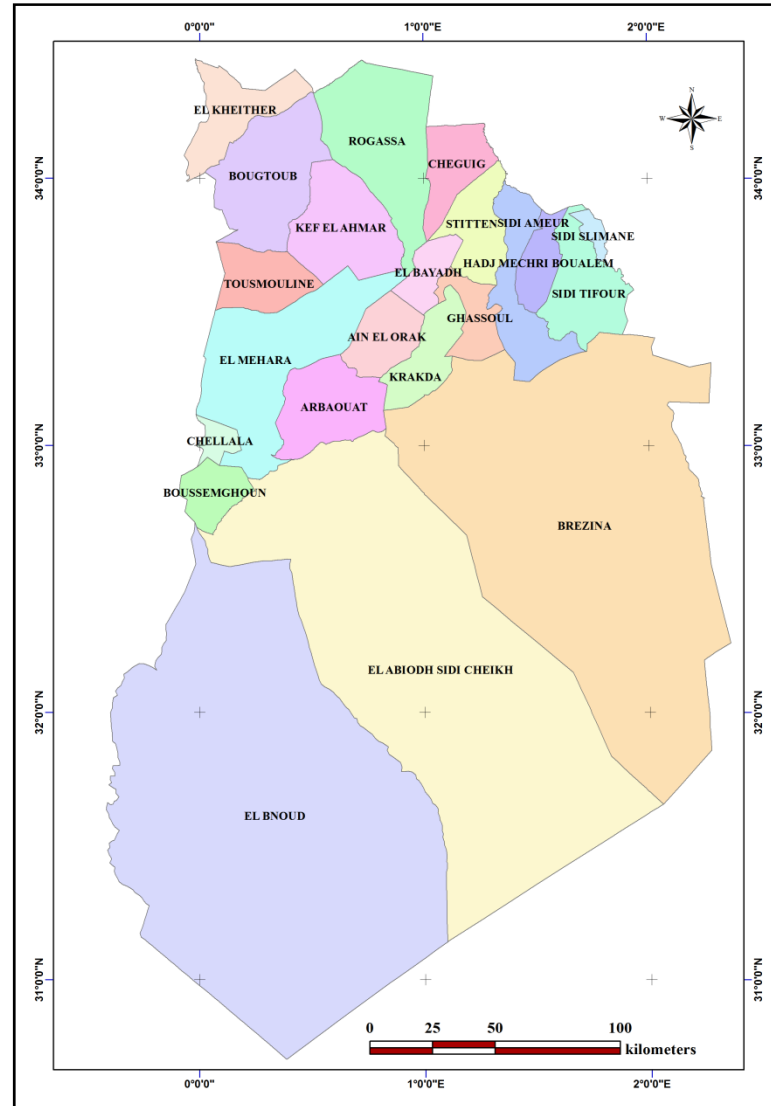


Figure 20: Carte administrative de la wilaya d'El Bayadh.

2. Présentation général sur la commune de Brézina

2.1. Aperçu historique

En 1962, la commune de Brézina faisait partie de la wilaya de la Saoura, en 1975 elle devient une entité géographique et administrative de la wilaya de Saida. C'est en 1985 et suite à un nouveau découpage administratif, Brézina est rattachée à la wilaya d'El Bayadh et promue au rang de Daïra. Elle se situe à 85 Km au Sud-Est de son chef-lieu de wilaya auquel elle est reliée par la route nationale numéro 107 (RN107).

Il semblerait que Brezina tient son nom d'après une légende, de celui d'une femme qui habitait cette région et réputée pour sa bonté et sa beauté.

Comme elle régnait sur un territoire, les gens parlaient de « Berr Ezzina » c'est-à-dire « le territoire de la belle » ou en faisant aussi référence à ses qualités humaines « Berr » ou grandeur d'âme .

2.2-Situation géographique et Présentation de la commune Brézina

La commune de Brezina fait partie sur le plan administratif à la wilaya d'EL Bayadh Elle se trouve au Sud de son territoire, constituant l'espace de transition entre l'atlas tellien et le présahara, ses limites administratives constituées de:

- Les communes Sidi Amar, Sidi Taifour, Ghassoul Et Krakda au Nord ;
- La commune d'EL Abiodh Sidi Cheikh et Arbaouet à l'Ouest ;
- La wilaya de Ghardaïa au Sud ;
- La wilaya de Laghouat à l'Est.

Le territoire de la commune de Brezina s'étale sur une superficie de 16773,60 km² n'abritant que 12 468 habitants (RGPH 2008), la densité générale est de 0.74 habitants en km².

La population est mal répartie dans l'espace communal, la partie Nord englobe près de 90% de la population totale de la commune, la partie Sud est presque inhabitée.

En 1959, Brezina était l'une des deux espaces qui composaient le cercle d'Ouled El Biodh Sidi Cheikh. En 1975, elle faisait partie de la wilaya de la Saida. Et en 1985, et suite à la nouvelle réorganisation Brézina dépend de la wilaya d'EL Bayadh.

Mis à part l'agglomération de Brezina chef-lieu de commune et Sid El Hadj Eddine comme centre secondaire, la commune est constituée de zone éparses Ain Lamara, Guirt Lahbar, El Faraa, Khacheme etc.....

3. Situation et description du site d'étude

3.1. Localisation du site d'étude

Le site retenu pour cette étude est localisé dans l'espace steppique s'étendant du synclinal d'El Bayadh formant le flanc au nord, à Khang Larouia au flanc Sud, formant une véritable barrière physique à la limite du Sahara (Fig n°21). Il représente une unité hydrologique en amont du barrage de Brézina, situé à une dizaine de km au Nord de "l'oasis de Brézina". Il se distingue par une vulnérabilité du bassin versant, marquée par un sol à forte dégradation naturelle et anthropique, un relief accidenté, une mosaïque lithologique variée.

A l'amont du barrage une activité agropastorale intense, offre au site une occupation du sol très maigre, souvent le prélude d'une désertification annoncée.

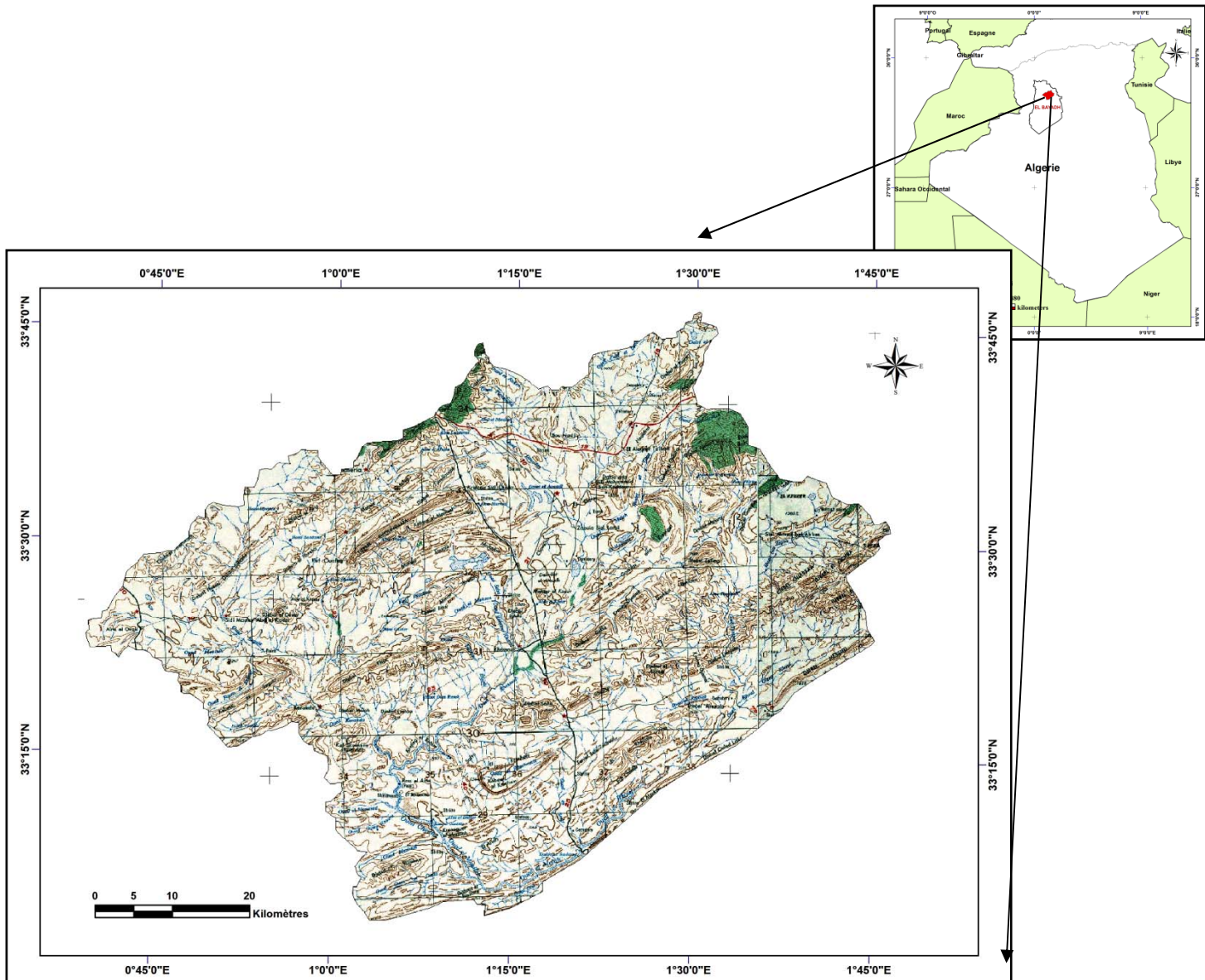


Figure 21: Situation géographique et délimitation de la zone d'étude.
(Source: carte topo 1/200000)

4 .Les caractéristiques physiques

4.1. Aperçu géographique et lithologique

Brezina est située au piémonts (nord) de l'Atlas Saharien puisqu'elle est localisée dans les hautes plaines steppiques. Sur le territoire de la commune, on trouve des « Gours » (qui se caractérisent par la puissance du terrain et l'uniformité de composition de leurs assises) dont une à proximité de l'agglomération chef-lieu (ACL) qui avoisine les 150 m.

- a- **Gours:** Pluriel de Gara qui est une butte-témoin rocheuse, avec corniche, en avant d'une Hamada.
- b- **Daya:** Dépression circulaire (01 à 10 Km de diamètre) à fond argileux ou argileux – sableux, dans les régions semi-aride. Ayant un aspect de doline ou de cuvette de déflation, parfois d'origine mixte, elle contient quelquefois une mare d'eau.
- c- **Hamada:** Plateau rocheux peu incliné, dans les régions désertiques, dont la surface correspond à l'affleurement d'un matériau résistant sans couverture de sol ou de débris.

La Hamada qui a une morphologie spéciale occupe une grande superficie dans la commune de Brezina offrant des horizons tabulaires au Sud de la ligne El Abiodh Sidi cheikh- Brezina.

La commune de Brezina présente une structure géologique avec plusieurs couches allant du bas vers le haut, il y a le miocène, le jurassique et le crétacé.

4.2. Caractéristiques morphologiques

L'espace communal est composé des unités morphologiques suivantes:

- Plateaux et hautes plaines: 2175 Km² soit 13 %.
- Collines et piémonts: 1673 Km² soit 10 %.
- Montages: 3346,4 Km², soit 20 %.
- Etendue désertique: 9578,4 Km², soit 57 % autrement dit, c'est plus de la moitié du territoire communal.

4.3 .Topographie

4.3.1. Altitude

C'est une donnée intéressante pour caractériser une station car elle fait la synthèse de plusieurs phénomènes tels que la température, la pluviométrie ou l'ensoleillement.

Quand nous parlons des effets de l'altitude, il faut prendre aussi en considération les effets du versant et certaines situations de confinement qui ont un effet vis-à-vis du vent, du brouillard, mais peuvent aussi se comporter comme des « trous à gelées ».

Quand l'altitude augmente, les précipitations deviennent plus importantes mais les températures diminuent (d'environ 0,6°C/100 m) .C'est pourquoi elle constitue un facteur limitant pour le développement de la végétation.

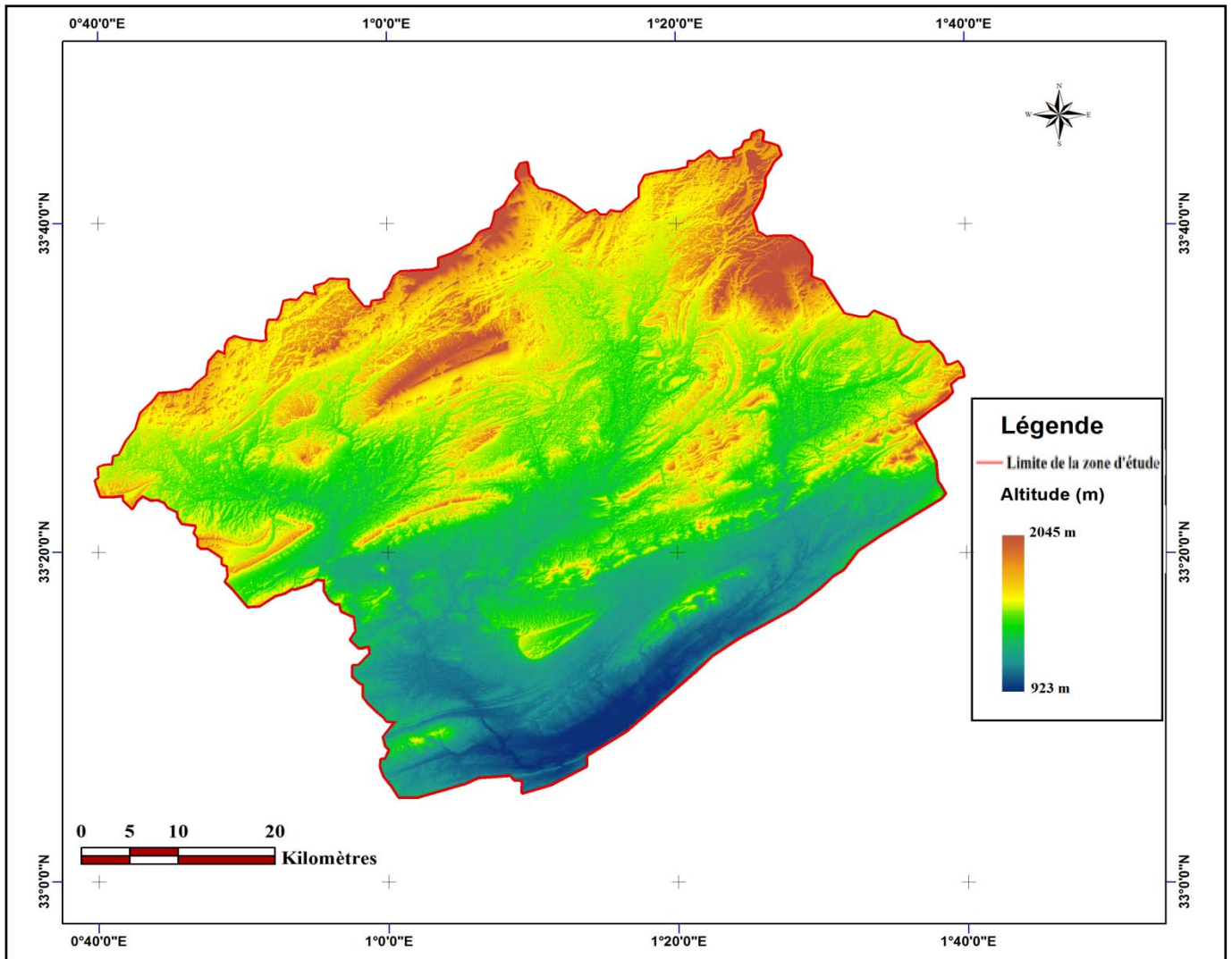


Figure 22 Carte d'altitude du bassin versant de Brézina. (Source: MNT 12m)

Nous remarquons que les altitudes de la zone d'étude sont comprises entre 923 m et 2045m, avec une prédominance des deux classes qui viraient entre 1500m-1750 et entre 1750m-1964m.

4.3.2. Exposition

L'exposition d'un sol en pente modifie fortement le microclimat, et par suite l'humidité et le risque de gel, ainsi que l'ensoleillement, ainsi secondairement que la flore et les rendements agricoles ou sylvicoles. C'est un facteur qui intéresse également à l'écologie du paysage.

Dans le cas du bassin versant de Brezina les quatre expositions (Nord, Sud, Est, Ouest) sont réparties sur tout le territoire, avec une petite dominance concernant les expositions Sud et Ouest.

Un versant exposé au Nord bénéficie de conditions climatiques et édaphiques plus agréables en raison des masses d'air venant de la mer accompagnée d'humidité qui servent à favoriser la faible évaporation, en revanche le versant exposé au Sud ou au Sud-est peut favoriser

une productivité accrue, mais peut aussi être plus vulnérable aux sécheresses grâce à la quantité importante d'ensoleillement avec un sol relativement dégradé ou dominant les dolomies des calcaires.

Les facteurs (ensoleillement, humidité) sont des paramètres responsables et déterminants concernant le type de végétation de la zone d'étude.

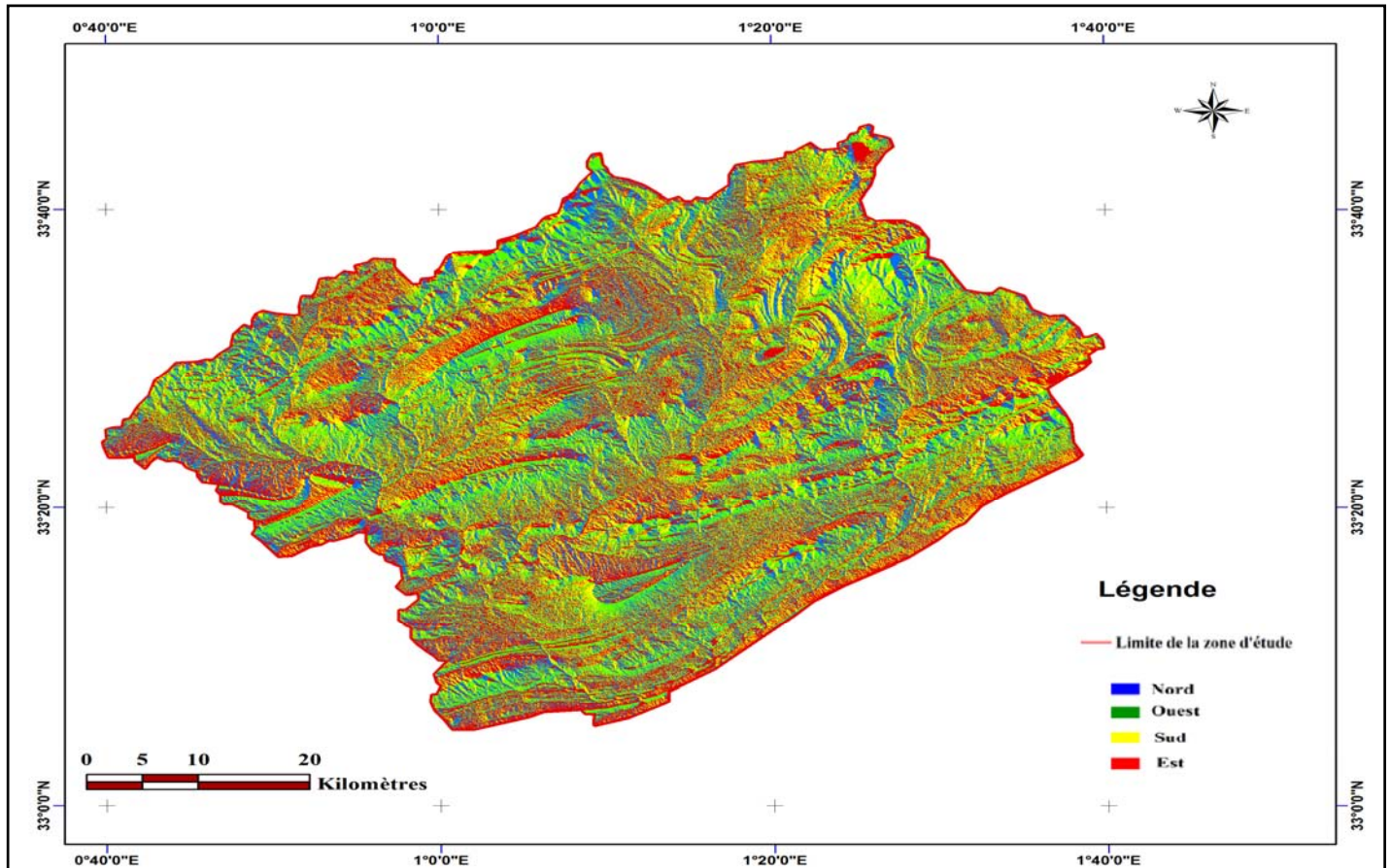


Figure 23: Carte d'exposition du bassin versant de Brézina. . (Source: MNT 12m)

4.3.3. Les pentes

La carte des pentes du bassin versant de Brézina, montre un relief accidenté dans sa majorité. Il est fortement raviné, ce qui favorise un écoulement sporadique et un charriage des matières solides conséquent (entre 18-35%). Nous avons classé les pentes du bassin versant en quatre classes. La forte pente est remarquable au Nord du bassin où les altitudes peuvent aller à 1200 m présenter les montagnes (sup 35%). Cette pente devient faible à la limite Sud du bassin versant (entre 0-6%). Une moyenne pente caractérise le reste du bassin versant (entre 6-18%) et (entre 6-18%).

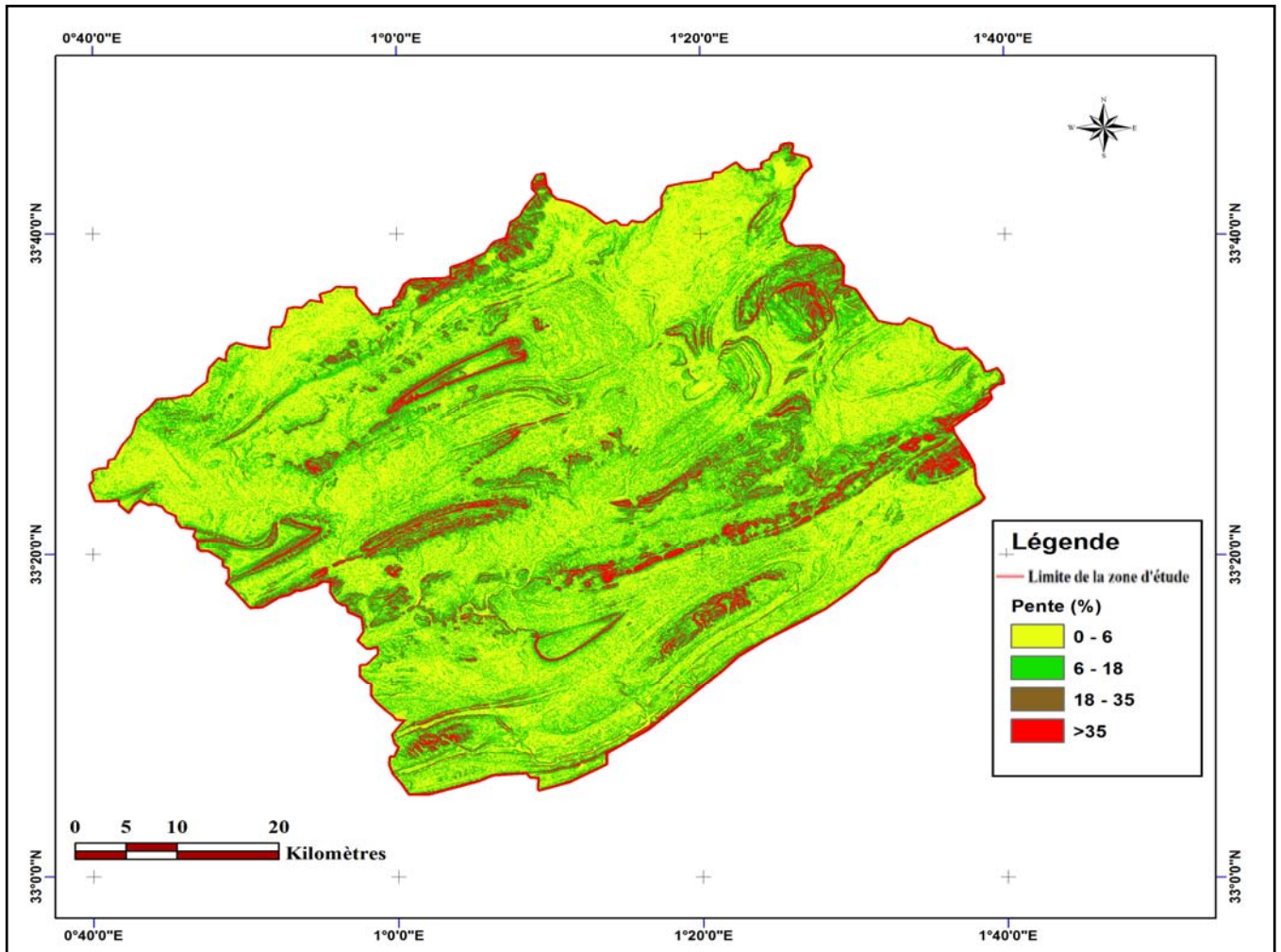


Figure 24: Carte de pente du bassin versant de Brézina. (Source: MNT 12m)

4.4. Analyse des types de sol

D'après la carte de type de sol (Fig N°25.), on distingue cinq classes:

Les calcaires durs qui affleurent en forme de sillons orientés d'Ouest en Est (au Sud du barrage), les formations marneuses gypseuses noyées dans le massif calcaire, le remplissage sédimentaire couvrant les autres formations superficielles de nature argilo-gypseuse (au centre du bassin) et les sols marno-calcaires aux environs de la région d'El Ghassoul. Il s'agit d'un sol à dominance calcaire, avec des intercalations de marne, d'argile et de gypse. Sur le reste de la superficie du terrain de parcours, les sables couvrent les autres formations où elles possèdent un coefficient de ruissellement plus ou moins faible.

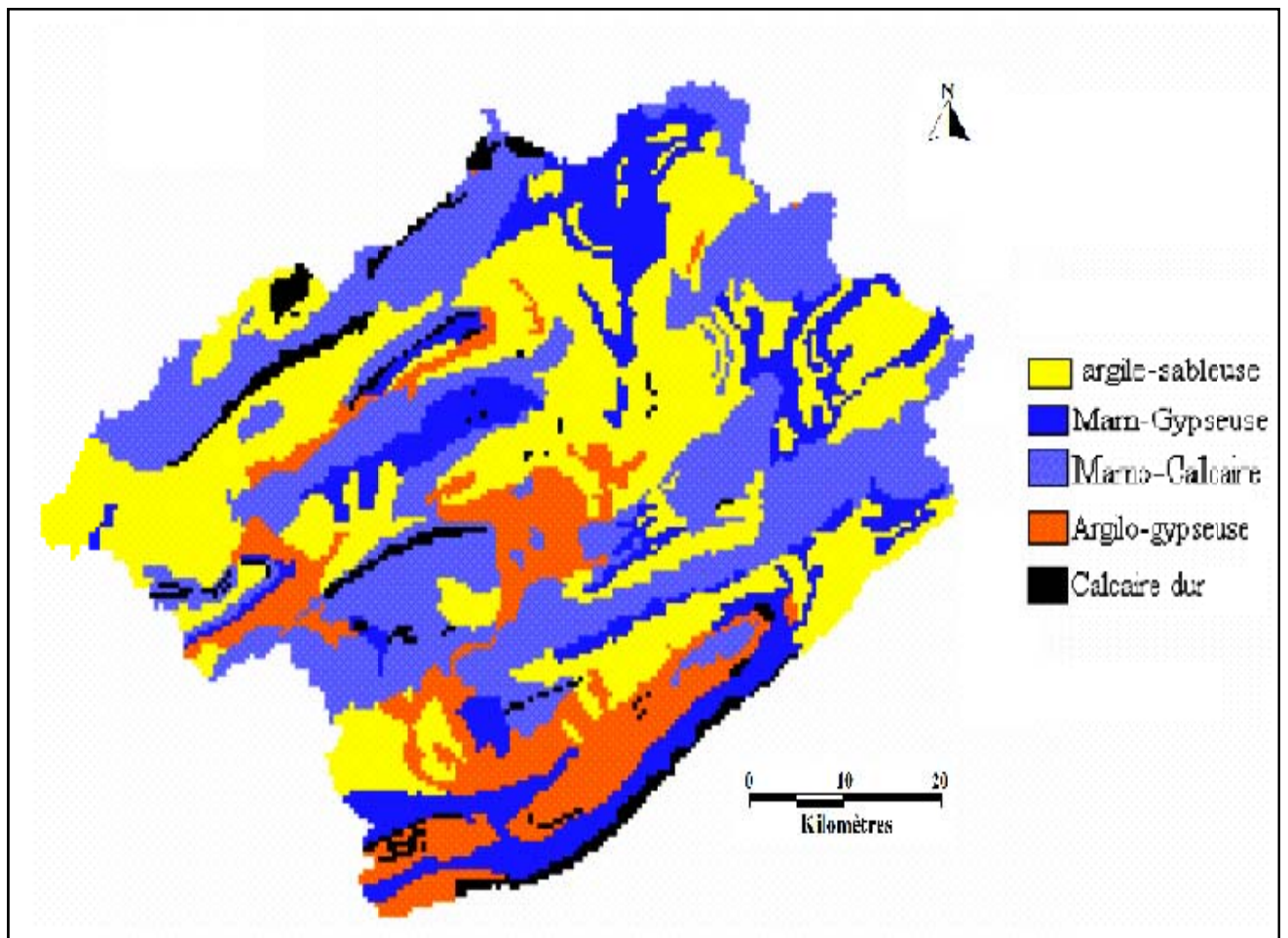


Figure 25: Les différentes classes du sol du bassin versant de Brezina.
(Source: Benslimane M et al. 2014)

4.5. Géologie

Le substratum de la majeure partie du site est constitué de couches clastiques sénoniennes et du Mésozoïque inférieur. Ces couches sont composées de grès et de siltstones. Le long du secteur aval du fond du barrage Brézina, une couche de gypse y est intercalée. Au sud de ces couches clastiques sénoniennes, suit de manière concordante une bande de couches calcaires du cinomanien et du Turonien. Ces couches, très abruptes, constituent la barre de Djebel Diss, où est encaissé le barrage. Sur le côté aval du barrage se sont déposées les couches clastiques discordantes de l'Eocène.

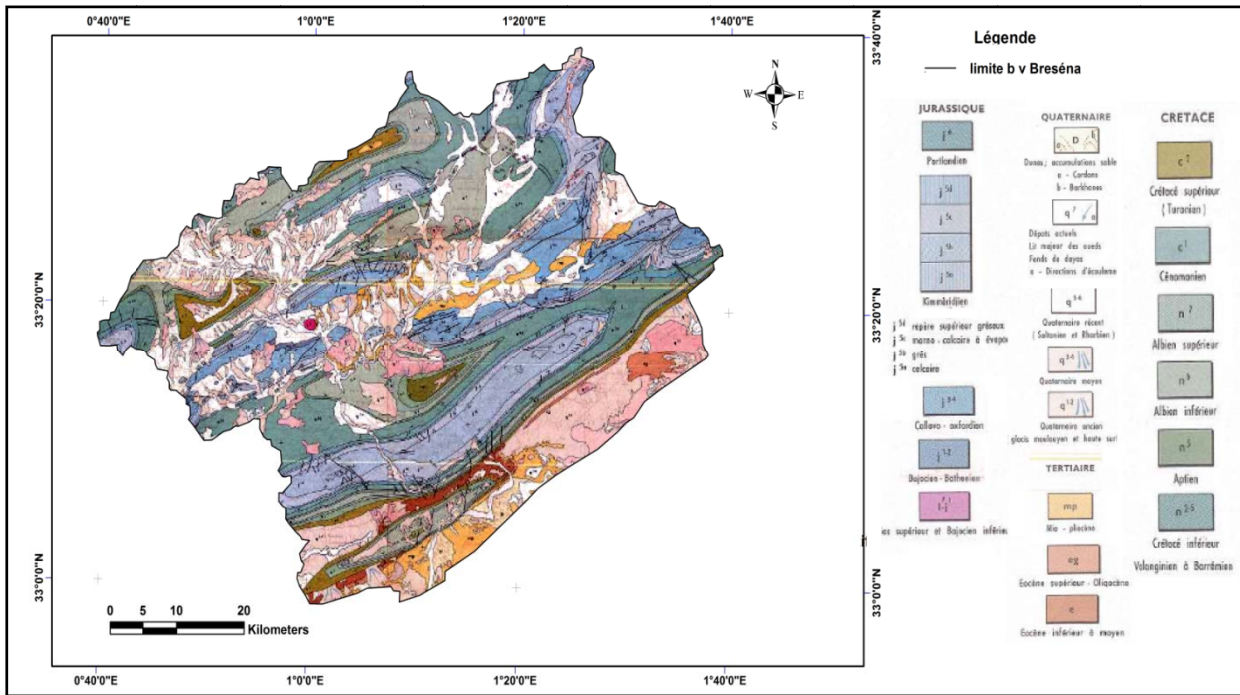


Figure 26: Carte géologique du bassin versant de Brezina.
(Source: carte géologique 1/200000).

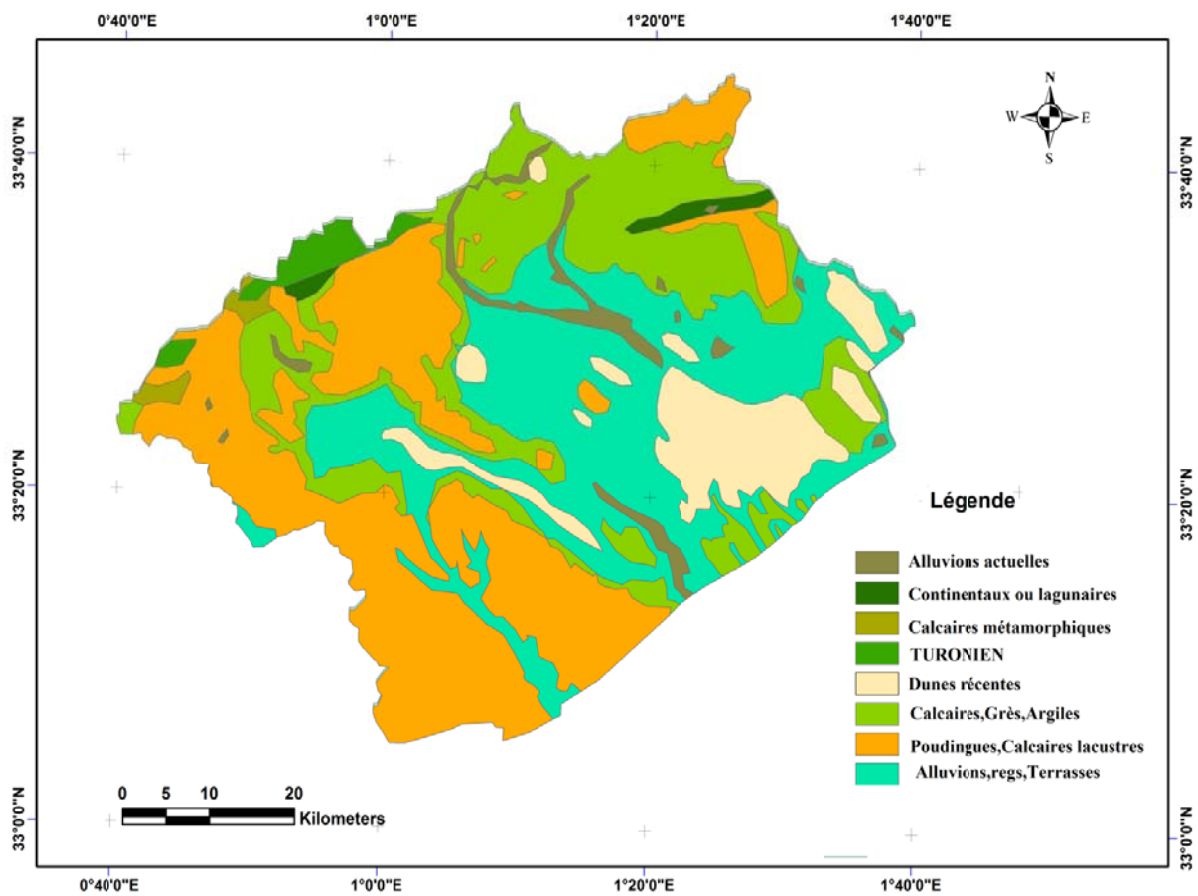


Figure 27: Carte lithologique du bassin versant de Brezina.
(Source: carte géologique 1/500000)

5. Hydrologie et hydrographie

5.1. Oued Sgueur

Le bassin versant réellement récepteur des eaux pluviales s'étend sur 3680 Km² alors que la superficie totale du bassin versant de l'Oued Segueur est de 8900 Km². L'oued Segueur prend sa source plus au Nord, au niveau d'El Bayadh, pour le nom d'Oued Ghassoul puis sous le nom de Mouillah en recevant des affluents variables comme Oued Rhoul avant d'atteindre la région de Brézina où il est appelé Oued Segueur. Son parcours est de 160 Km.

5.2. Puits et sources

Les Puits: sont localisés au niveau de Hassi Ben Della, Sid El Hadj Dine, Aïn El Ma, Saadana, Laaziage, Mechahed.

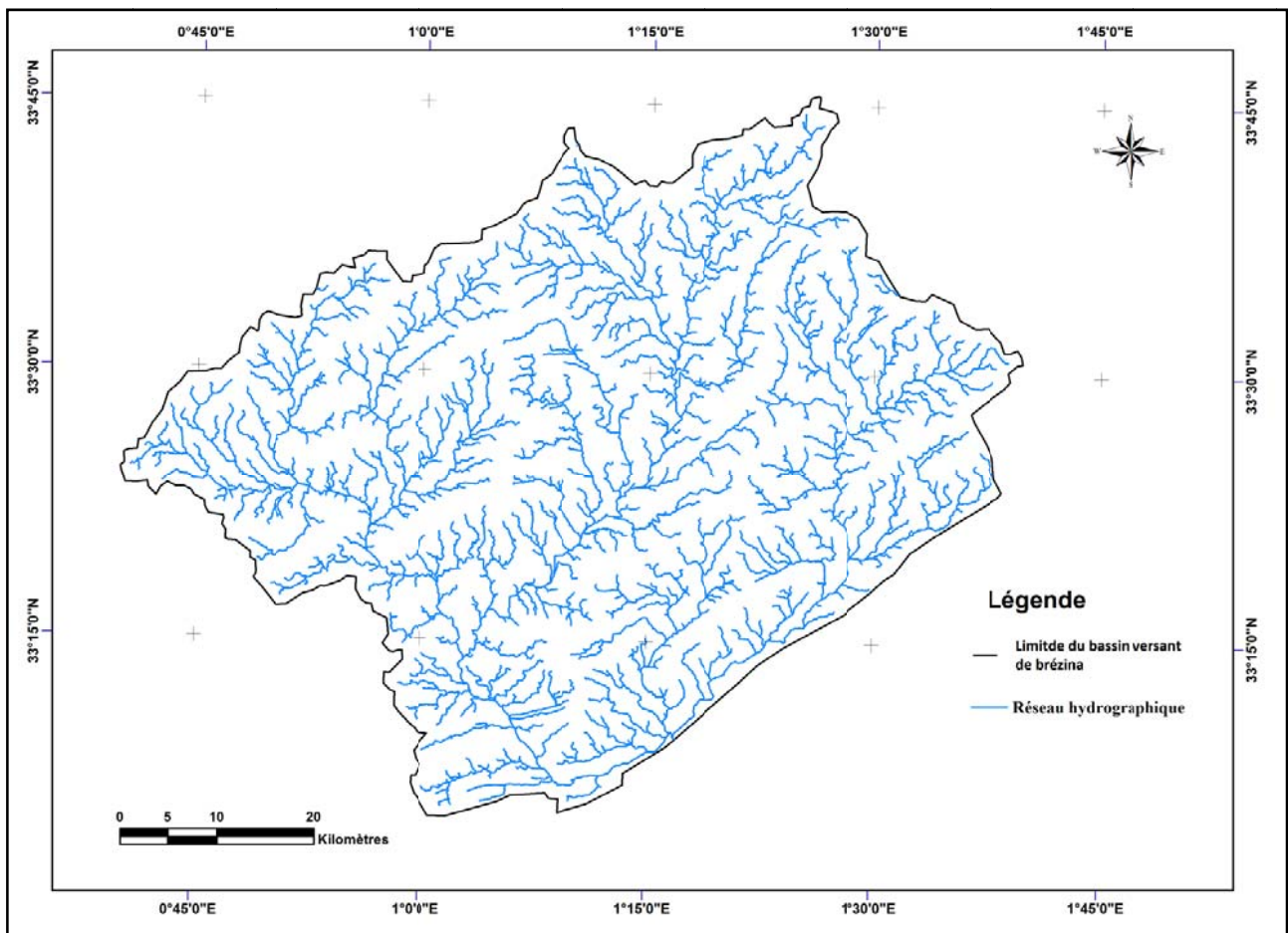


Figure 28: Réseau hydrographique du bassin versant de Brézina.

La zone d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique très dense.

6. Occupation du sol

D'après une source cadastrale reprise par le PDAU de 1993 un ensablement progressif sur les 2/10 de la superficie communale constitue une menace permanente puisque la sécheresse (longue période) peut aboutir à la disparition de la végétation saharienne (bords d'oueds bas –fonds parcours à sol léger). De fait l'on assiste à des morcellements sableux et dunaires progressifs dans la plaine centrale des garâtes (à l'exemple des sites de l'ACL et de Sid El Hadj Eddine avec leurs palmeraies ainsi que les grandes dayates d'El Ain Bessam et El Begra.). Le Mechraf (parcours Saharien sableux) représente 50% de la superficie communale.

A Brezina nous distinguons la présence de trois zones:

6.1. Zone Agricole

Représente moins de 0.08 % de la superficie et constituée essentiellement par les palmeraies de Brezina et Daïet El Anz ainsi que des petites parcelles autour des points d'eau (cultures irriguées).

6.2. Zone de parcours présaharien

C'est le tertiaire continental (Hamada et Gours + argiles sableuses), ce qui explique l'aridité du climat.

6.3. Zone saharienne

Située au Sud, se distingue par la rareté du couvert végétal et la prédominance des formations dunaires et inter-dunaires (erg, dunes)

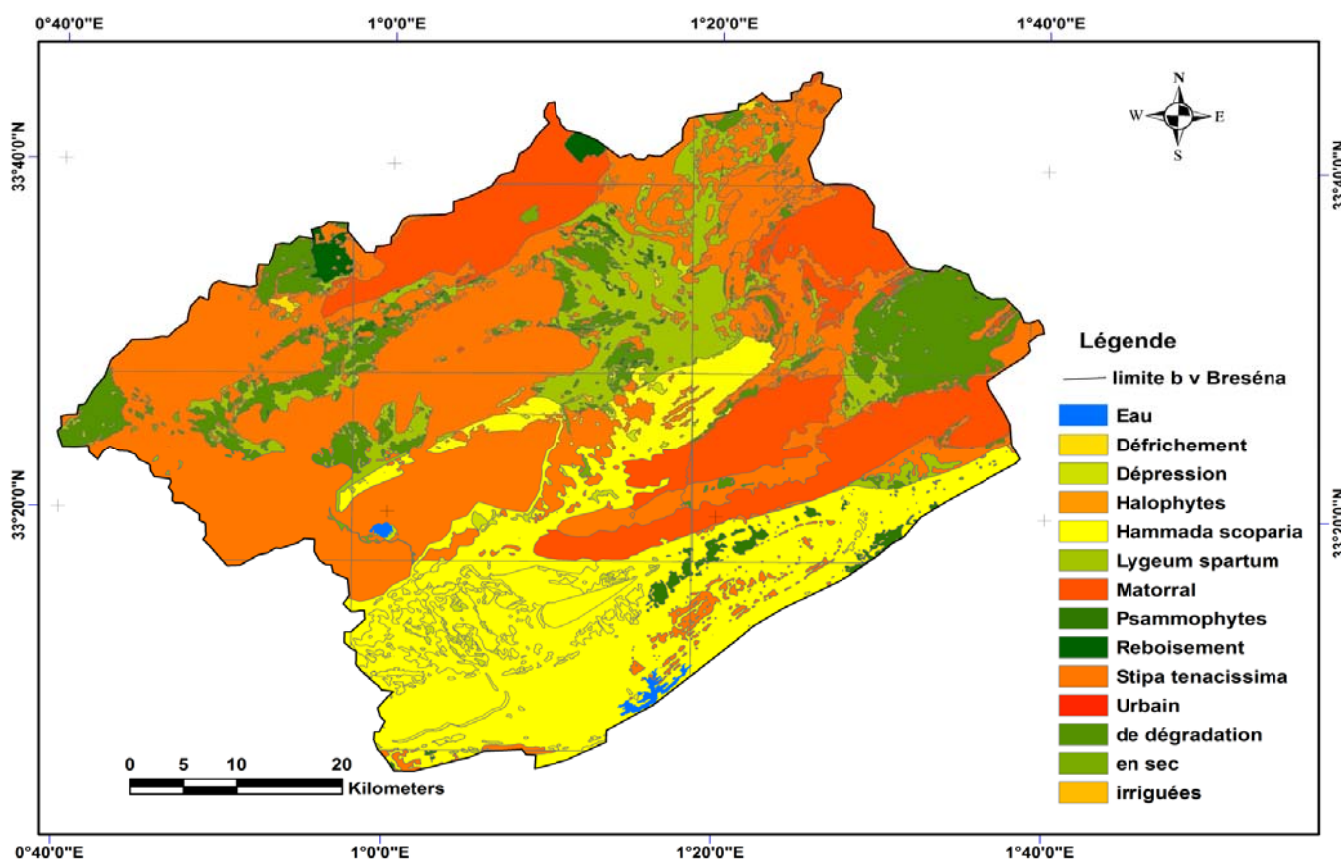


Figure 29: Carte d'occupation du sol du bassin versant de Breséna.
(Source: HCDS 2001)

7. Cadre climatique

La connaissance du climat est l'élément fondamental de l'approche du milieu. Le climat est l'ensemble des actions de l'atmosphère, l'humidité, les précipitations, la température, les vents, etc. C'est l'élément naturel sur lequel l'homme n'a aucune influence directe dans l'exception des cas particuliers tels que les irrigations par exemple.

Selon Trabaud (1998), le climat est la synthèse des conditions atmosphériques à long terme d'un lieu. Ce concept intègre les moyennes des différents paramètres du temps (les normales de température, de pression, de pluviométrie). Le climat peut se définir comme étant l'ensemble des états habituels et fluctuants de l'atmosphère qui, dans leur succession saisonnière, caractérisent une région ou un site. L'identification des climats fait intervenir les données atmosphériques, traitées isolément ou combinées entre elles (De Parcevaux et Huber, 2007).

1. Présentation de la station météorologique de référence

Sur le plan biogéographique, la région d'étude appartient à la zone méditerranéenne, au secteur des hauts plateaux et au secteur de l'atlas saharien selon les subdivisions du Quézel et Santa (1962).

La présence et la répartition des peuplements végétaux sur les zones localisées à proximité de Brezina et d'El-Bayadh nous ont amené à considérer les postes d'observation météorologiques d'**El-Bayadh et Brezina**, durant la période (1990-2014).

Concernant les séries des données (précipitations et températures), certaines parmi elles ont été complétées à partir des méthodes statistiques.

Les stations météorologiques réparties géographiquement de manière à balayer et cerner le climat général de toute la région d'étude, sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 10: Principales stations météorologiques de référence de la région d'étude.

Stations	Latitude	Longitude	Altitude
El Bayadh	33° 40' N	01° 00' E	1341 m
El Kheither	34° 09' N	00° 04 E	1000 m
El Abiodh Sidi Cheikh	32° 53' N	00° 32' E	903 m

De nombreuses données ayant été consultées sur la base de séries relatives aux stations énumérées dans les tab **50 et 51**, cette étude du climat et du bioclimat est basée sur le traitement automatisé des données météorologiques récentes pour la période (1990-2014) recueillies de l'Office National de Météorologie (**ONM, 2015**).

7.1. Présentation des données climatiques

Les valeurs des températures et des précipitations sont synthétisées pour déterminer les paramètres climatiques pour l'ensemble de la région d'étude par extrapolation.

7.1.1. Pluviométrie

Les précipitations caractérisent la balance climatique d'une région, par leurs intensités, leurs fréquences et leurs irrégularités, les pluies ont une influence énorme sur le model climatique de la région (**Mohammed Keriati. N et Rehif. A, 2017**).

Les deux stations d'El-Bayadh et d'El Kheither connaissent les précipitations les plus élevées (plus de 240 mm) dans la région.

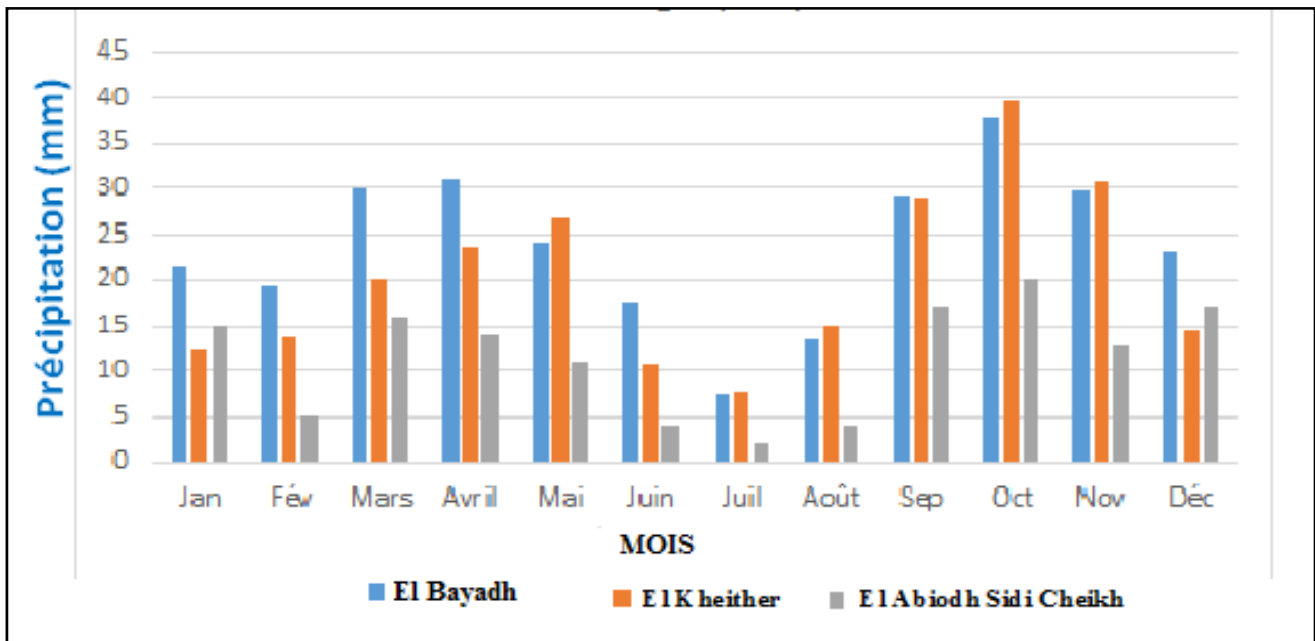


Figure 30: Répartition des précipitations moyenne mensuelles en mm (1990-2014)

7.2. Température

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour la végétation. Elle représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espaces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

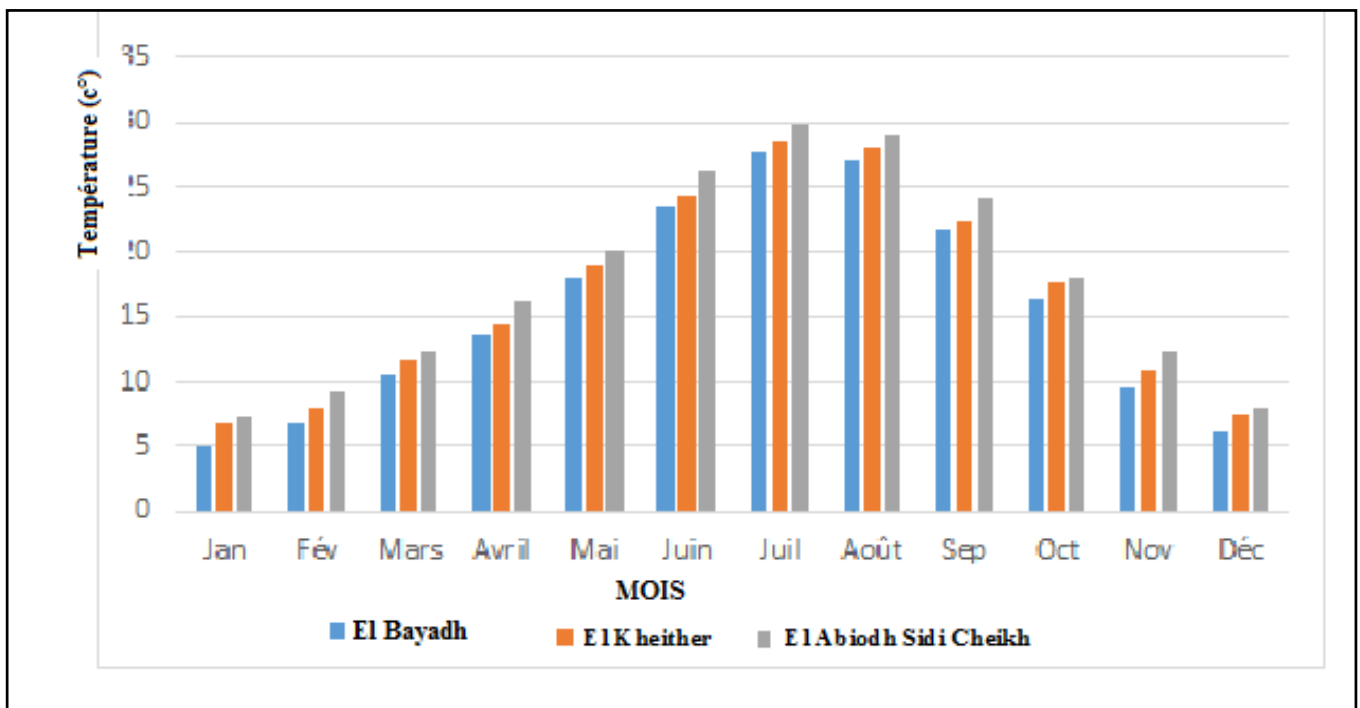


Figure 31: Températures moyennes mensuelles (°C) durant la période (1990-2014)

La température moyenne annuelle est relativement peu élevée. Les températures estivales sont assez fortes et les températures hivernales très basses induisent une amplitude thermique importante: 35°C. Pour la station d'El Abiodh Sid Cheikh, la température annuelle maximale est de 36,6°C et minimale 2,1°C

3. Calcul des différents paramètres climatiques

Plusieurs méthodes ont été établies dans le but de déterminer le climat d'une région, parmi ces méthodes celle de DE MARTONNE et d'EMBERGER (Q₂) qui repose sur l'utilisation des données de la température et celles de la pluviométrie.

3.1. Indice d'aridité de DE-Martonne:

L'indice de l'aridité est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau présente à un endroit donné (Oliver, 2006). Nous allons calculer cet indice (A) par la formule de De Martonne (Tab.11)

Noté I, cet indice permet de déterminer le degré d'aridité d'une région.

Pour le calculer, on utilise la formule suivante:

$$I = P/T + 10.$$

Où P: Pluviosité moyenne annuelle, T= Température moyenne annuelle (°C).

Cette méthode faite appelle à un indice qui définit généralement le degré de sécheresse du climat de la région, donné par la relation

Le tableau ci-après montre la température moyenne annuelle, les précipitations moyennes annuelles et l'indice d'aridité calculé pour les stations.

Tableau 11. L'indice d'aridité de De Martonne

Stations	P (mm)	T° moyenne	Indice de De Martone	Type de climat
El Bayadh	283,86	15,48	11,1	Semi-aride
El Kheither	243,68	16,56	9,17	Steppique
El Abiodh Sidi Cheikh	138	17,74	4,97	Hyper-aride

Plus l'indice est faible plus le climat est aride, et plus grand plus le climat est humide.

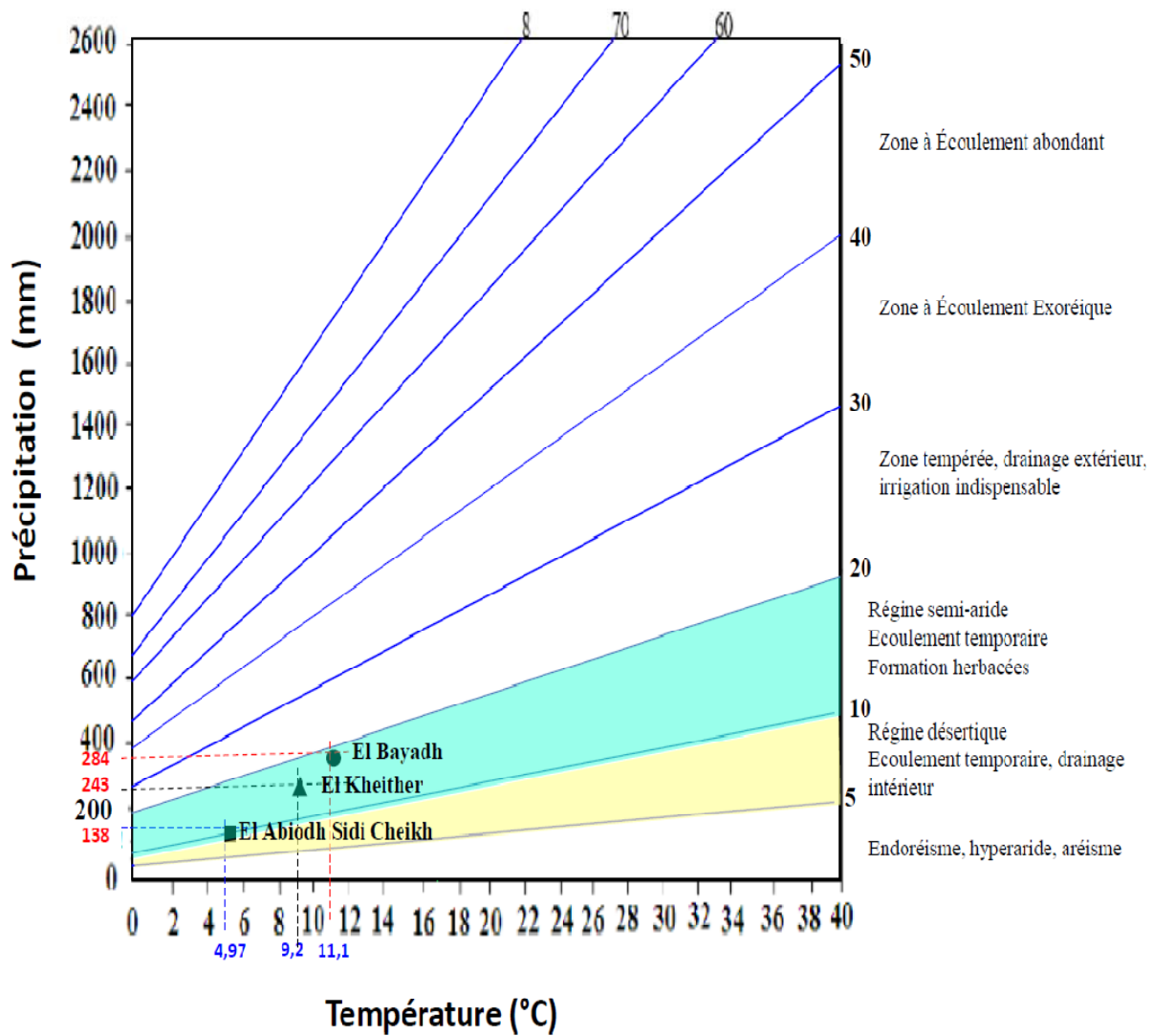


Figure 32: Abaque de l'indice d'aridité annuel de DE MARTONNE.

En se référant à l'abaque établi suivant la méthode DE MARTONNE et en projetant les valeurs, on peut déduire que le climat de la région est de type désertique – hyperaride -. (Fig. 32).

3.2. Amplitude thermique moyenne ou la continentalité thermique

Le calcul de la continentalité thermique selon la méthode de Debrach (1953). La classification thermique des climats proposée par Debrach est fondée sur l'amplitude M-m. on distingue quatre types des climats:

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

Tableau 12. La Continentalité Thermique des stations des stations d'étude durant la période (1990-2014)

Stations	M (°C)	m (°C)	M – m (°C)	Continentalité Thermique
El Bayadh	34,88	-0,35	35,23	Climat continental
El Kheither	37,08	0,39	36,69	Climat continental
El Abiodh Sidi Cheikh	37,4	2,3	35,1	Climat continental

La région connaît un régime thermique contrasté, de type continental. En effet, l'amplitude thermique annuelle des températures moyennes est supérieure à 35°C. Elle se caractérise, dans ce contexte, par une amplitude thermique diurne importante du fait du régime continental que subit l'ensemble du territoire.

3.3. Régime saisonnier:

Le régime saisonnier présente la variation saisonnière: la somme de la pluviométrie saisonnière d'Hiver, printemps, Eté & Automne.

Le tableau ci-dessous présent le régime saison calculé des stations de la région d'étude

Tableau 13. Régimes pluviométriques saisonniers

Stations	Printemps (P)	Eté (E)	Automne (A)	Hiver (H)	Régime
El Bayadh	85,20	38	96,73	63,92	APHE
El Kheither	70,23	33,37	99,44	40,64	AHPE
El Abiodh Sidi Cheikh	41	10	50	37	APHE

D'après le tableau, l'analyse de la variabilité climatique sur les régimes saisonniers à partir de totaux pluviométriques est due à la variabilité spatio-temporelle saisonnière et annuelle de la pluviométrie, ceci indique une évolution du climat de la région d'étude. Ainsi, le régime saisonnier variable d'une station à l'autre selon gradient pluviométrique et l'orographie.

3.4.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен:

Les diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен permettent de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations. À ce sujet, Emberger précise: «un climat peut être météorologiquement méditerranéen, posséder la courbe pluviométrique méditerranéenne caractéristique, sans l'être écologiquement ni biologiquement, si la sécheresse estivale n'est pas accentuée ».

Les courbes des diagrammes ombrothermiques précisent que la longueur de l'été sec est chaude et ses variations varient selon les stations. Un mois est considéré comme sec lorsque la courbe des températures (T) est supérieure à celles des précipitations (P).

L'analyse des différents courbes ombrothermiques (fig.33;34;35) des stations, nous permet de constater que la période de sécheresse varie de 5 à 7 mois ou plus (du mois de Juin jusqu'à Septembre) dans les stations de la partie nord de la région (El-Kheither, El Bayadh).

En revanche, dans la partie centrale de la région (Atlas saharien: El Abiodh Sidi Cheikh), elle présente une période de sécheresse assez prolongée qui varie de 10 à 11 mois (du mois de Mars jusqu'à la fin du mois de Novembre). Ainsi, la période humide est assez courte ; elle varie de 4 à

6 mois pour les stations de l'espace steppique d'El-Kheither, El Bayadh, de 1 mois pour les stations de l'espace montagneux atlasique (cas d'El Abiodh Sidi Cheikh).

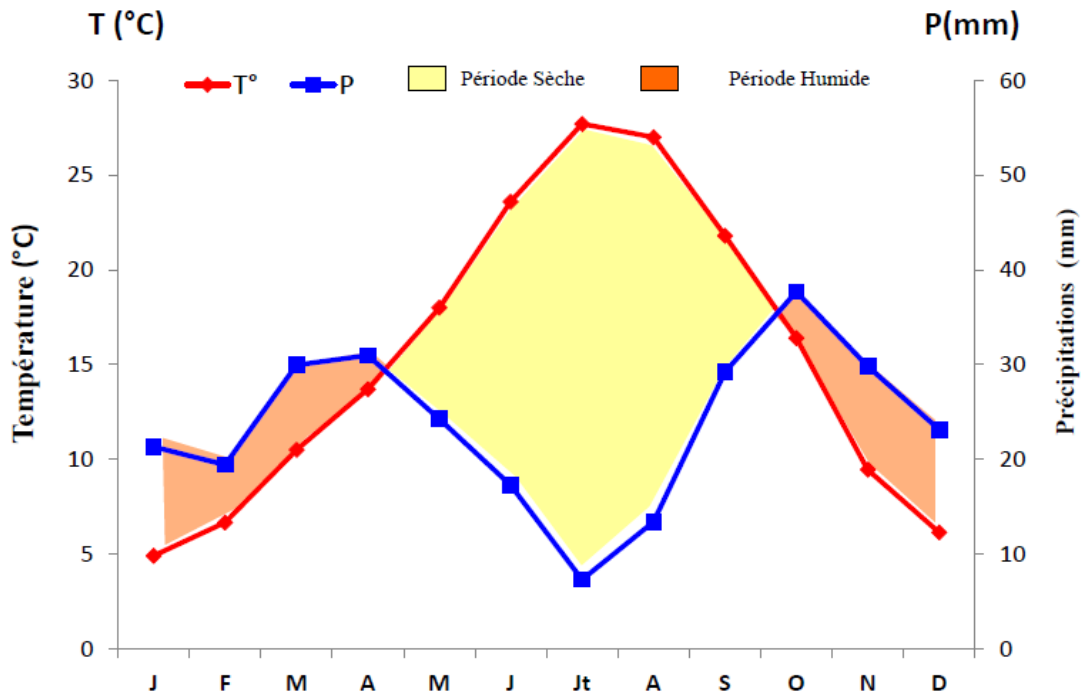


Figure 33: Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson station d'El Bayadh

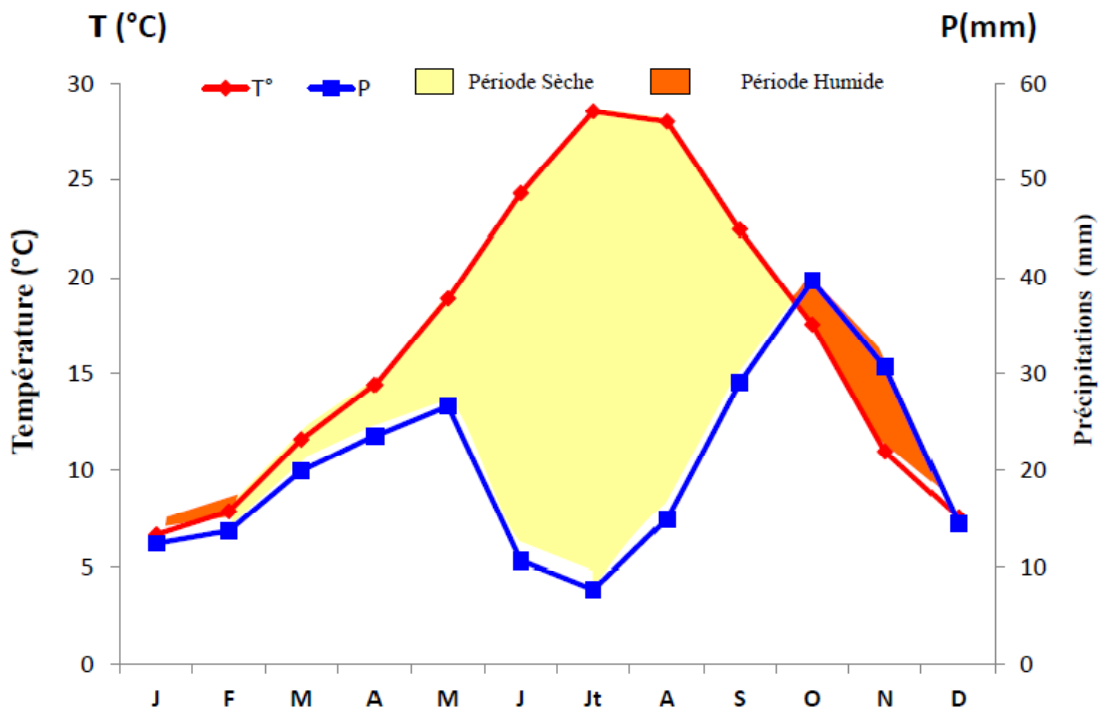


Figure 34: Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson station d'El-Kheither

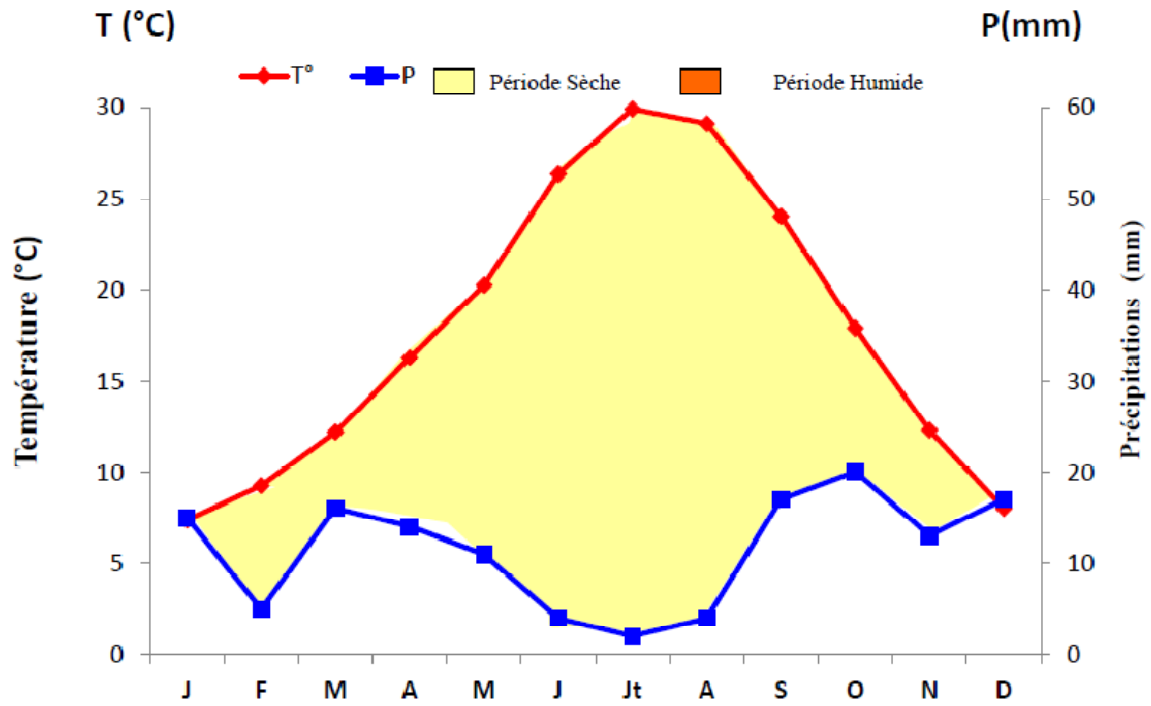


Figure 35: Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson station d'El Abiodh Sidi Cheikh

7.3. Les vents

Le vent est un facteur qui augmente le pouvoir évaporant de l'air par l'importance de sa vitesse.

D'une manière générale dans la région d'El-Bayadh, le régime des vents est très irrégulier. Les vents du Nord sont généralement secs alors que les vents du Sud amènent les pluies orageuses et le sirocco.

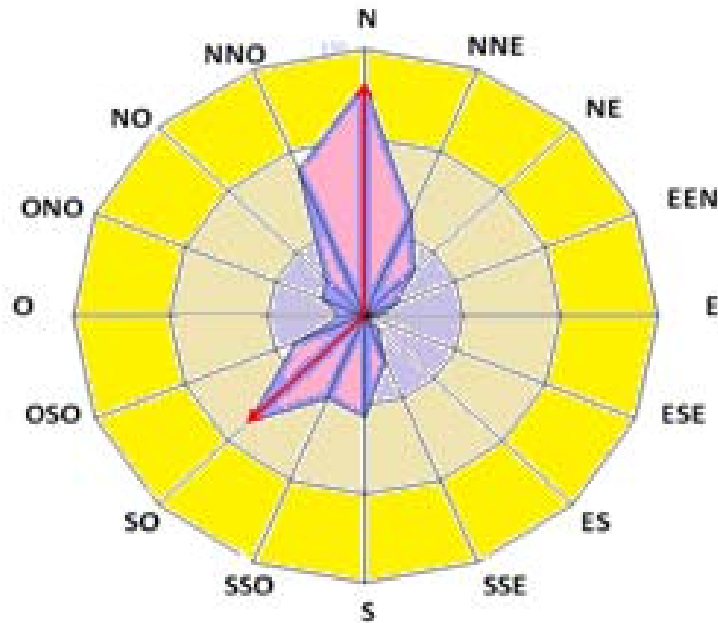


Figure 36: Direction des vents de la région d'El-Bayadh selon leurs fréquences en %

Les vents de direction Ouest et Sud-Ouest sont prédominants, en termes d'intensité si les vitesses moyennes ne sont pas excessives, il y a lieu de tenir compte des vitesses maximales qui peuvent constituer un handicap, notamment en janvier, mars, avril et septembre ou les vitesses peuvent atteindre des pointes de 115 km/h. Cette vitesse moyenne mensuelle varie entre 2,90 (mois de février) et 3,99 mètre par seconde (mois d'avril). Des vents de sable et des siroccos sont aussi fréquents dans la région. L'orientation de la formation des dunes de sable nous renseigne sur la direction dominante de ces vents qui est le NNO-SSE

Donc le climat de la zone d'étude est un climat aride à tendance saharienne avec des amplitudes thermiques moins marquées. L'irrigation est donc une opération indispensable pendant toute l'année et pour toutes les cultures à cause des faibles précipitations et une évapotranspiration très sévère

3.4. Synthèse climatique:

Plusieurs méthodes et indices ont été utilisés dans la classification climatique de la région méditerranéenne parmi lesquelles la méthode de Bagnouls et Gaussen (1953-1957) et celle d'Emberger (1955).

3.4.1- Le quotient pluviothermique:

Le quotient d'Emberger est spécifique du climat méditerranéen. Le quotient Q_2 a été formulé de la façon suivante:

$$Q_2 = [2000P / M^2 - m^2]$$

Où: Q_2 : le quotient pluviothermique,

P: Pluviosité moyenne annuelle en (mm),

M: la moyenne des maxima thermiques du mois le plus chaud en en Kelvin,

m: la moyenne des maxima thermiques du mois le plus froid en en Kelvin,

$M + m / 2$: température moyenne mensuelle,

$M - m$: l'amplitude thermique,

La valeur $(M + m)/2$ du fait de son expression en degrés Kelvin

Tableau 14. Valeurs du quotient pluviométrique

Stations	P(mm)	M (°C)	m (°C)	Q_2	Q_3	Étage bioclimatique
El Bayadh	283,86	34,88	-0,35	27,8	27,6	Aride Supérieur à hiver froid
El Kheither	243,68	37,08	0,39	22,8	22,8	Aride inférieur à hiver frais
El Abiodh Sidi Cheikh	138	37,4	2,3	13,4	13,5	Saharien Supérieur à hiver frais

En reportant sur le climagramme d'Emberger (Fig n° 37), la valeur de Q_R en ordonnée et la température moyenne des minimas du mois le plus froid (°c) en abscisse. Le point représentatif correspondant à un climat saharien.

Les quotients sont inversement proportionnels à l'aridité, ce climagramme nous permet de déterminer les étages bioclimatiques et les variantes thermiques (**Fig.37**).

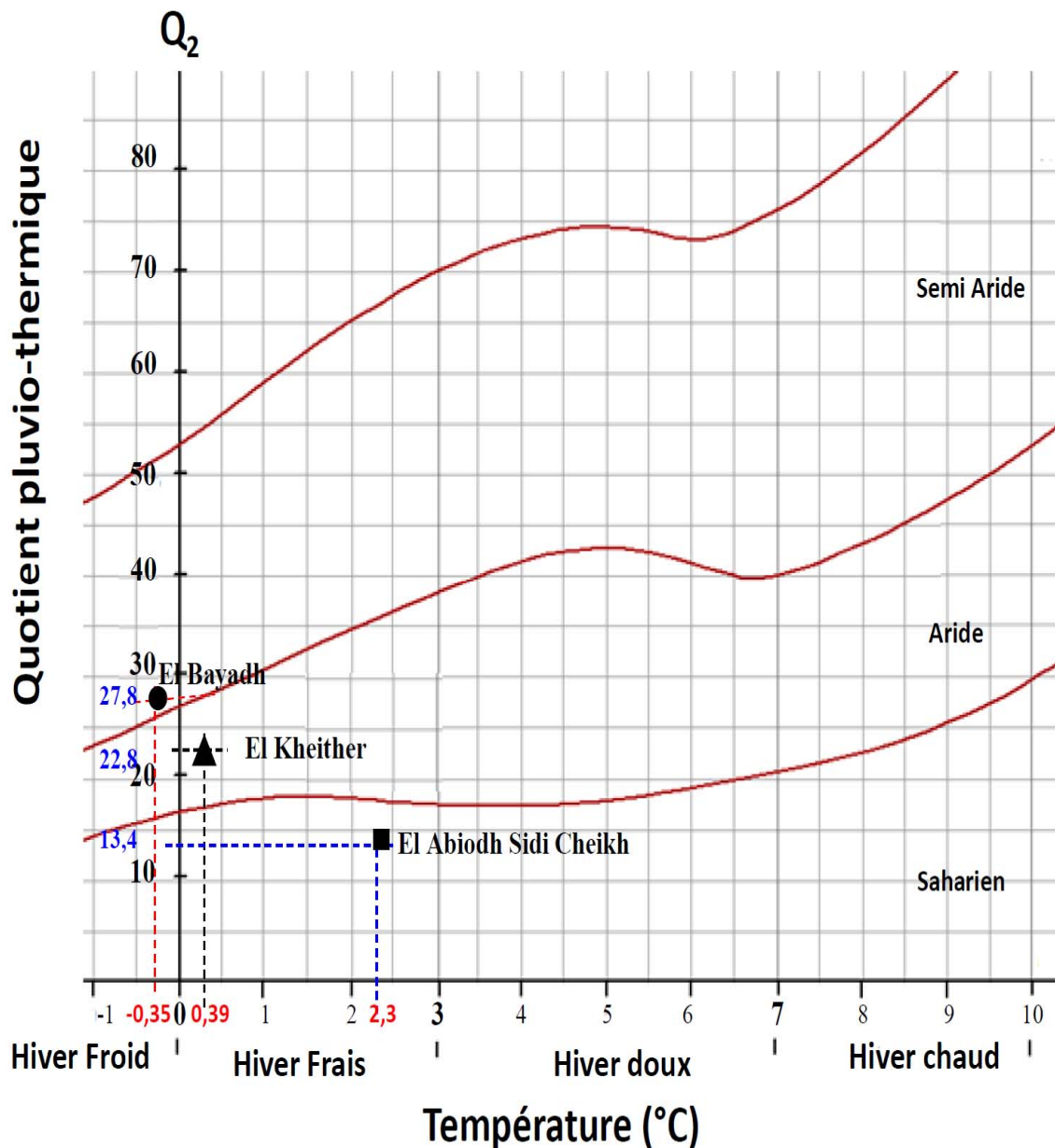


Figure 37: Climagramme d'Emberger.

D'après la lecture de la figure (37) et le tableau On remarque que:

- la station d'El Bayadh est caractérisée par étage aride supérieur à hiver froid,
- pour la station d'El Kheither est caractérisée Aride inférieur à hiver frais
- et enfin la station d'El Abiodh Sidi Cheikh a un étage Saharien Supérieur à hiver frais

L'analyse bioclimatique de la région d'étude nous a permis d'observer l'évolution spatiotemporelle qui dépend des phénomènes parfois irréversibles comme la sécheresse, l'aridité et la désertification. Le Climat de la région d'étude est typiquement méditerranéen pour l'ensemble des stations météorologiques; pluvieuse en hiver et sec en été (**Le-Houérou 1979, 1984 ; Mederbal, 1992 ; Quézel, 2000**).

9. Aspect socio démographique

9.1. Evolution de la population communale entre les deux recensements RGPH 1998 et RGPH 2008)

Selon les données officielles de l'office National des statistiques (ONS), la population de la commune selon le **RGPH 1998** était de 8534 personnes puis en 2008, elle fût de 12468 habitants (pop. Nomade non inclus) enregistrant ainsi un taux d'accroissement annuel de 3,9% avec un croît démographique de 3934 habitants. Ce taux reflète la réalité de la commune de Brezina depuis une vingtaine d'années.

Ce taux d'accroissement de 20% entre les deux derniers recensements montre que la commune est particulièrement très attractive. Les personnes de sexe masculin selon le RGPH de 2008, étaient de l'ordre de 6318 avec une part de 50.67 % de la population totale tandis que celles de sexe féminin étaient au nombre de 6150 avec un pourcentage égal à 49.33% .

Tableau 15: Répartition de la population totale par dispersion RGPH 2008 (nomade non inclus):

Dispersion	Population	%
Total commune	12 468	100
Agglomération chef lieu (ACL)	11324	90 ,8
Agglomérations secondaires (AS)	453	3,63
Zone épars	673	5,57

Tableau 16: Evolution de la population totale entre 1998 et 2008.

Dispersion	POP en1998	POP en2008	T A G
ACL	7657	11774	4.4
AS	618	429	-3.58
Epars Et Nomade	259	5010	34.48
Total Commune	8534	17213	7.27

9.2. Pyramide des âges

La structure de la pyramide des âges présente une allure régulière avec une base large et le rétrécissement du sommet ce qui est la preuve d'un fort taux de natalité, d'où la jeunesse de la population de Brezina.

Tableau 17: Structure par âge et par sexe de la Population de la commune RGPH 2008.

Groupes d'âges	M	%	F	%	Total	% /PT
00-04 ans	985	5.72	955	5.55	1940	11.27
05-09 ans	957	5.56	929	5.40	1885	10.95
10-14 ans	944	5.48	901	5.24	1845	10.72
15-19 ans	941	5.47	898	5.22	1839	10.69
20-24 ans	912	5.30	881	5.12	1793	10.42
25-29 ans	817	4.75	807	4.69	1623	9.43
30-34 ans	698	4.05	721	4.19	1419	8.24
35-39 ans	590	3.42	609	3.54	1198	6.96
40-44ans	456	2.65	453	2.63	908	5.28
45-49 ans	337	1.96	330	1.92	667	3.87
50-54 ans	289	1.68	276	1.60	565	3.28
55-59 ans	199	1.16	193	1.12	392	2.28
60-64 ans	149	0.86	149	0.86	297	1.73
65-69 ans	143	0.83	141	0.82	284	1.65
70-74 ans	110	0.64	112	0.65	222	1.29
75-79ans	80	0.46	80	0.46	160	0.93
80ans et plus	90	0.52	86	0.50	175	1.02
Total Général	8693	50.50	8520	49.50	17213	100

D'après le tableau précédent nous constatons que près de 44% de la population totale de la commune à moins de 20 ans, soit un total de 7510 habitants, donc une population relativement jeune.

9.3. Accroissement démographique et exode rural

La tendance à la sédentarisation massive s'est particulièrement accentuée durant les années de sécheresse. Elle semble irréversible, dans la mesure où cette population a perdu tôt ce qui semble la relier aux grands espaces, notamment l'activité liée à l'élevage extensif.

Durant le recensement de 2008, les tendances constatées précédemment ont été observées.

Toutefois, nous soulignons que le taux d'urbanisation et la tendance unipolaire concentrée essentiellement sur le chef-lieu de commune connaît une baisse relativement importante passant de 89.72% à 68.40%.

Le tableau suivant nous confirme le maintien de la tendance à la sédentarisation massive de la population nomade comme cela a été prévu par le PDAU.

Tableau 18: Poids démographique selon dispersion (1998-2008).

Dispersion	POP en1998	%	POP en2008	%
A.C.L	7657	89.72	11342	68.40
A.S	618	7.24	453	2.49
Epars Et Nomade	259	3.03	5418	29.10
Total commune	8534	100	17213	100

9.4. Emploi

En2008, il a été enregistré 4686 emplois, soit 54.90% de population totale (8534) d'où une augmentation de 6.60% par rapport à 1998 avec un ajout de 1362 personnes.

La part des hommes était au nombre de 2363 représentant 50.42% de la population d'âge actif et 27.68 de la population totale .Quant aux femmes , avec un effectif de 2323 et 27.22% de population d' âge actif ,elles représentaient 49.52%de la population totale .

9 .4.1.Population active en 2008

Selon les données recueillies auprès de la DPSB, la population active de la commune de Brezina a été estimée à 5542 personnes. Par contre la population occupée est de l'ordre de 4459 personnes, soit 3292 emplois nouveaux ont été recensés depuis le recensement de 1998.Le taux d'activité est de 80% alors que celui –ci n'était que de 26% en 1998, le taux de chômage est de 19%, Considéré relativement très haut en comparaison au taux national qui avoisine les 15%.

La répartition de la population occupée selon les secteurs d'activité économique en 2008, se présente comme suite:

Tableau 19: Les secteurs d'activités Agriculture et industrie.

Agriculture et élevage	BTPH	Industrie	Autres secteurs	Total Occupés
1727	672	78	2203	4680
36.90%	14.36%	1.67%	47.07%	100%

Source: DPSB

a. Agriculture

Selon des informations recueillies auprès de la direction de l'agriculture d'El Bayadh relativement aux superficies, rendements et élevage, nous avons les données suivantes:

Les superficies agricoles:

Tableau 20: les surfaces agricoles utilisées.

Surface Agricole Utilisé	Cultures herbacées	Terres au repos (jachère)	Cultures pérennes (arboriculture)	Total SAU
Superficiel	250 ha	599 ha	400 ha	1249 ha

Source: la direction de l'agriculture d'El Bayadh

Tableau 21: les surfaces agricoles non utilisées.

Total S. A.N. U	Terres alfatières	Parcours et pacages	Terres improductives
1318029 ha	2000 ha	1314780 ha	72506 ha

Source: la direction de l'agriculture d'El Bayadh

Tableau 22: les rendements moyens d'agriculture par hectare

RENDEMENTS MOYENS (Qx / ha)	Arboriculture	Viticulture	Phoeniculture	Maraichage	Fourrage
	16Q / ha	18Q / ha	20Q / ha	68Q / ha	55Q / ha

Source: la direction de l'agriculture d'El Bayadh

b .Elevage

Le cheptel compte: 249728 têtes qui se répartissent entre les bovins les ovins les caprins, les équins et les camelins.

Tableau 23: La répartition des cheptels par nombre de têtes.

Cheptel	Bovins	Ovins	Equins	Camelins	Caprins
Nombre de têtes	688	238115	30	2050	8845

Source: la direction de l'agriculture d'El Bayadh

La S.A.U est réduite en raison du climat (aride) et de la nature du sol (dégradation du tapis végétale due au surpâturage. Aussi, des actions de protection, de valorisation et de préservation des ressources doivent elles être entreprises: Mise en défens, brise vent, amélioration des rendements...)

Le secteur étatique est inexistant puisque les parcelles sont la propriété de particuliers (privé familial) qui exploitent des jardins éparpillés le long de l'Oued lesquels sont irrigués par des petites nappes ou quelque puits, le plus souvent dans les dayates (El Bagra , El Bessam, El Anz , ...)

D'après le PDAU de Brézina établi en 1993 les rendements en céréaliculture étaient évalués à 35000 quintaux.

Partie II

**Outils, méthodologie, résultats et
discussion**

Chapitre I

Diagnostic phytoécologique du milieu

Introduction

Dans le but de connaître les espèces végétales présentes au niveau de la zone d'étude de Brezina, cerner les problèmes qu'existent dans cette région steppique et subsaharienne, l'approche d'un aménagement intégré basé principalement sur les connaissances des potentialités du milieu physique d'une part, la prise en charge de l'environnement, sans perdre de vue l'importance de l'élément humain clef de la réussite de tout projet d'aménagement ; nous avons adopté la démarche qui prend en considération tous ces éléments (figure N°38).

1. Choix du site d'étude

Le site retenu pour cette application (bassin versant de Brézina) se distingue de par, sa position géographique (steppe), abritant un barrage soumis à un régime hydrologique fluctuant, un milieu physique fragile et un mode de vie socio-économique de type agropastorale.

De plus de l'existence d'un bassin versant qui se distingue par une vulnérabilité, marquée par un sol à forte dégradation naturelle et anthropique, un relief accidenté, une mosaïque lithologique variée. A l'amont du barrage une activité agropastorale intense, offre au site une occupation du sol très maigre, souvent le prélude d'une désertification annoncée qui fait partie de cet espace, caractérisée par une faible pluviométrie, généralement inférieure à 200 mm/an, mais avec des événements pluvieux à durée limitée et à forte intensité, tel que le confirme l'état du couvert végétal et du niveau d'abrasion du sol à travers le bassin versant de Brézina.

A partir de ces données et dans le but d'identifier les espèces présentes au niveau de cette zone, l'objectif repose sur l'utilisation d'un support géomatique pour une meilleure reconnaissance de la répartition du tapis végétal, qui ce dernier sera représenté sur une carte de végétation conçue à partir de relevés effectués sur le terrain.

I. Matériels et méthode

I.1. Matériels utilisés:

I.1.1. Les cartes:

- Une carte topographique numérique de la Daïra de Brezina (échelle 1/200000);
- Carte Lithologique (échelle 1/500000)

I.1.2. Les images satellitaires

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

avons travaillé avec des images satellitaires, Landsat 8 OLI/TIRS. (LC08_L1TP_196037_20160613, LC08_L1TP_197037_20160613).

I.1.3. Model Numérique de Terrain:

Le MNT permet une description de la topographie du terrain et constitue une base de donnée altimétrique à partir de laquelle on peut dériver une multitude de produits: les courbes de niveau, les cartes de pentes, d'exposition ou d'inter visibilité, les vues en perspective (3D)... etc.

Dans ce travail nous avons utilisé un MNT obtenu par stéréoscopie radar du satellite Terra Aster (Japon-Nasa) d'une résolution spatiale de 12 m, ce produit numérique a été téléchargé à partir du site: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>.

I.2. Matériel utilisé sur terrain:

- . Un carnet et un stylo ;
- Un GPS (Global Position System) ;
- . Des jalons pour voir les limites des placettes.
- Un appareil photo numérique ;
- . Un mètre ruban pour calculer la surface de la placette et pour mesurer le recouvrement.

I.2.1. Logiciels utilisée

ENVI version 5.3: ENVI (Environnement For Visualing Images) est un logiciel permettant la lecture et le traitement des images et données numériques et plus précisément les images satellitaires.

ARCGIS 10.3: ARCGIS reste incontestablement, le logiciel référence en matière de cartographie. En effet, celui-ci permet de travailler aisément, d'effectuer diverses opérations, l'accès à des données externes de divers formats. Il propose une large panoplie de fonctionnalités permettant à l'utilisateur de visualiser, d'éditer et même de comparer des données de cartographie.

I.3. Approches méthodologiques

Les différentes étapes de la méthodologie adoptée tout au long de ce travail sont représentées par l'organigramme synthétisé par la (fig 38).

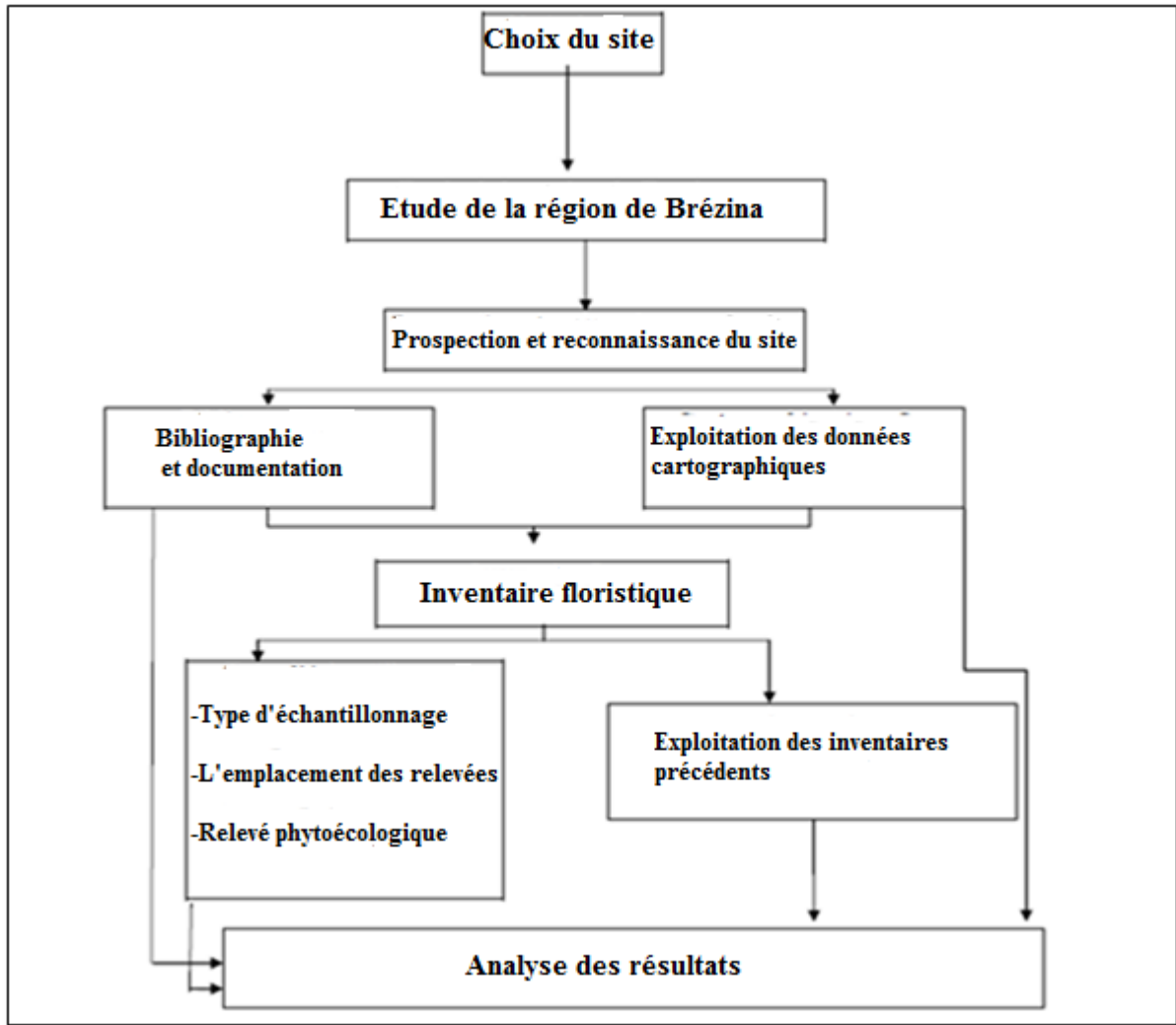


Figure 38: Démarche méthodologique.

I.4. Elaboration d'un plan d'échantillonnage

Après la réalisation de la carte de végétation et le découpage de la zone d'étude en zone floristiquement homogène nous avons réalisé un certain nombre de relevés floristique (la méthode Braun Blanquet), donc le type d'échantillonnage choisi est l'échantillonnage subjectif.

I.5. Réalisation des relevés floristiques

D'après **Chaabane (1993)** la surface du relevé doit être au moins égale à l'aire minimale, contenant la quasi-totalité des espèces présentes.

L'aire minimale joue un rôle de premier ordre dans la comparaison floristique des relevées. Il est connu que cette aire minimale varie en fonction de chaque groupement végétal.

Ozenda (1982) signale que la valeur de l'aire minimale s'apprécie assez facilement ; elle est sensiblement constante pour les divers relevés d'un groupement déterminé, mais varie beaucoup d'un groupement à l'autre.

Or en zone aride la richesse floristique dépend essentiellement du nombre d'espèces annuelles présentes au moment de l'exécution du relevé .Celles-ci et, par voie de conséquences, l'aire minimale va dépendre également des aléas des précipitations et des conditions d'exploitation selon **Djebaili (1984)**.

Le choix de l'emplacement de nos relevés s'est fait d'une manière subjective en veillant au respect du critère d'homogénéité structurale floristique et écologique. Donc nous avons réalisé 16 relevés afin de se permettre d'identifier les espèces et la végétation présente sur le terrain.

I.5.1. Présentation des relevés floristiques

Après avoir défini la méthode d'échantillonnage nous sommes passés à l'étape suivante qui est la localisation des relevés sur la carte ; en suivant la méthode de Braun Blanquet. Au total nous avons réalisé 16 relevés, et les coordonnées géographiques de ces derniers sont représentées dans le tableau et la carte ci-dessous.

Tableau 24: Présentation des coordonnées géographiques des relevés effectués sur terrain

Numéro des relevés	Longitude (en degré décimaux)	Longitude (en degré décimaux)	Altitude (mètre)
R1	E1,15809	N33,6893	1504
R2	E1,13725	N33,6409	1501
R3	E1,17240	N33,5937	1329
R4	E1,22026	N33,5866	1294
R5	E1,20372	N33,5613	1296
R6	E1,24436	N33,5461	1283
R7	E1,20728	N33,5016	1284
R8	E1,23636	N33,5008	1306
R9	E1,22855	N33,4276	1241
R10	E1,24592	N33,4110	1173
R11	E1,21011	N33,4017	1167
R12	E1,20042	N33,3649	1120
R13	E1,23036	N33,3380	1214
R14	E1,25158	N33,3214	1195
R15	E1,24804	N33,3051	1120
R16	E1,24729	N33,2457	1065
R17	E1,26566	N33,2155	1024
R18	E1,22378	N33,1665	965
R19	E1,25365	N33,1591	996

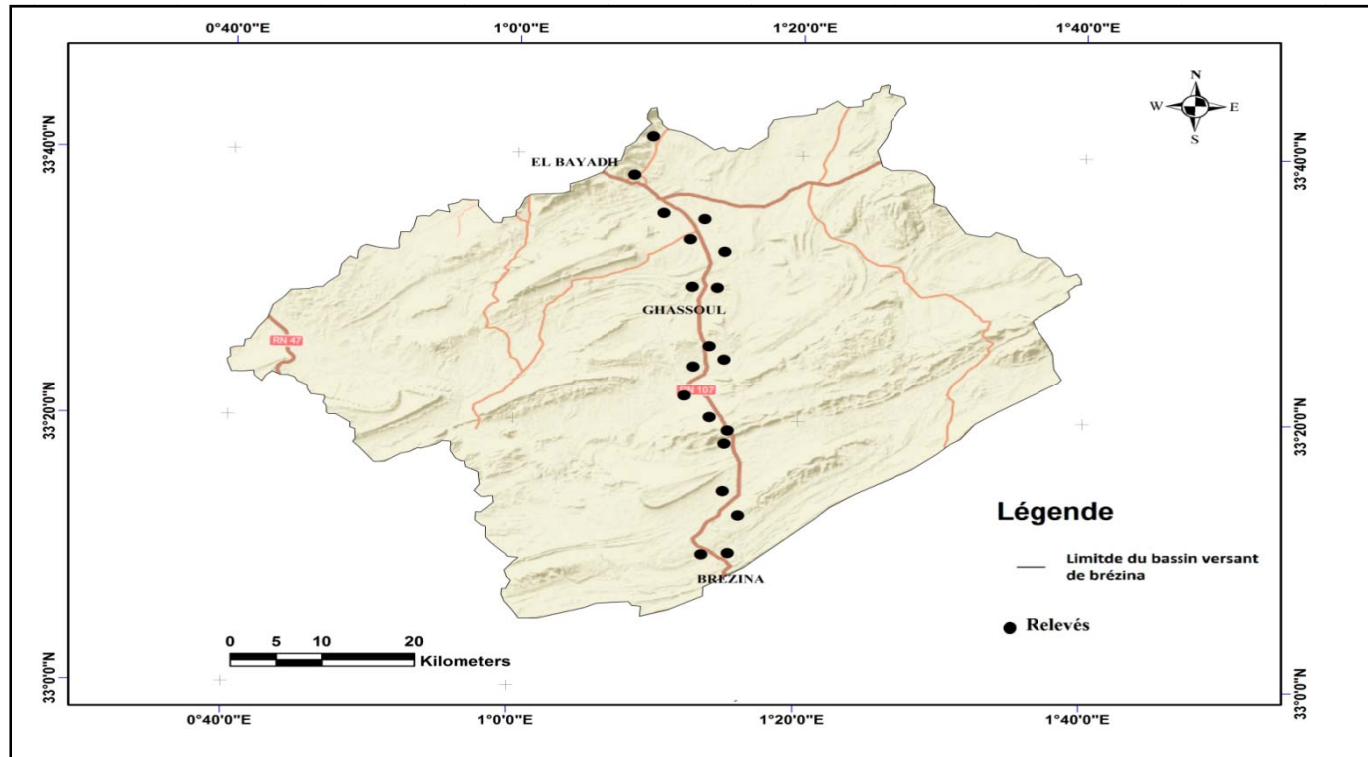


Figure 39: Carte de localisation des relevés floristiques au niveau du bassin versant de Brezina.

II. Résultats et discussions

II.1. Résultats cartographique:

II.1.1. Mosaïquage des images:

Le mosaïquage est le procédé qui permet de joindre plusieurs images géoréférencées afin de former une image couvrant une zone plus grande.

Notre zone d'étude est couverte par deux images satellite à l'aide du logiciel ENVI en fait le mosaïque puis l'extraction d'image qui couvre la zone d'étude.

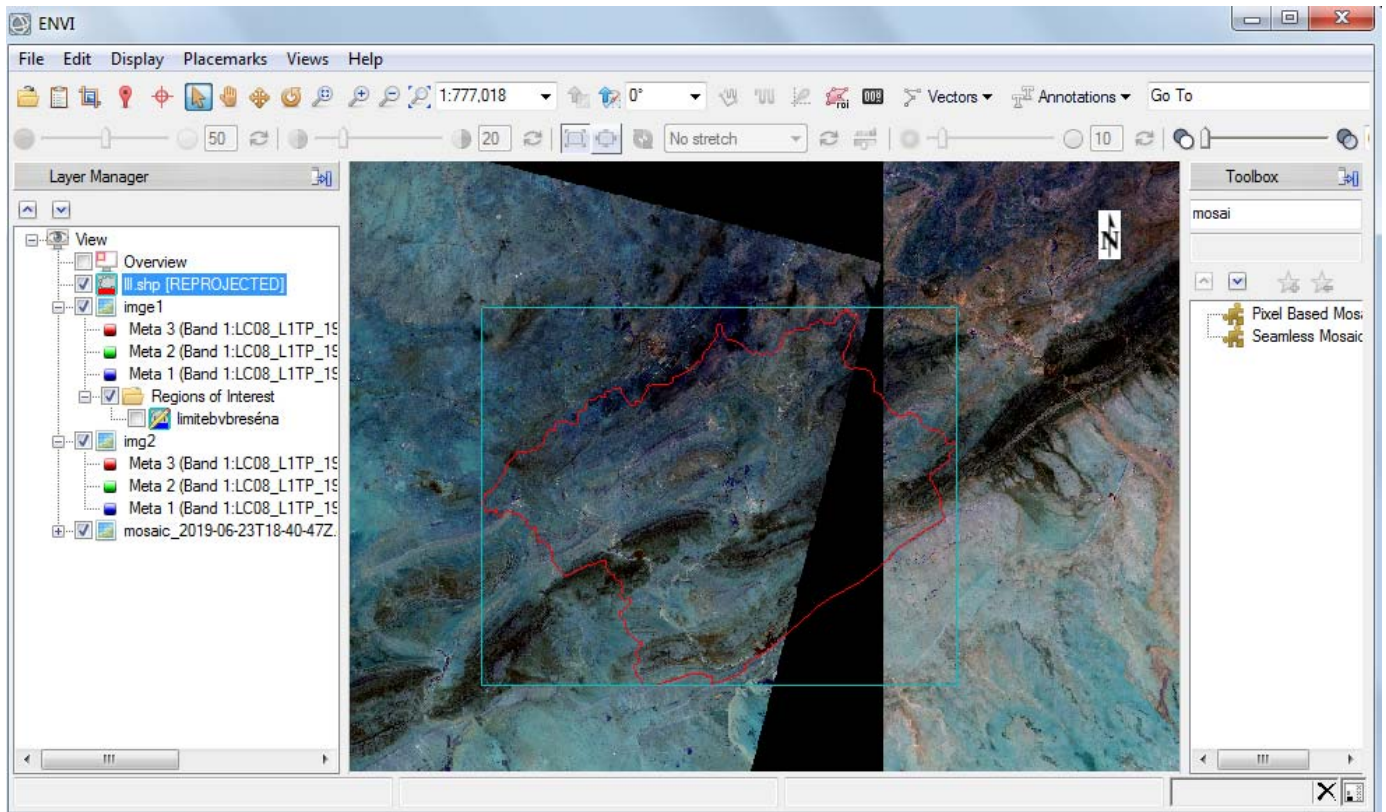


Figure 40: Mosaïquage des deux images Landsat 8 OLI/TIRS. (LC08_L1TP_196037_20160613, LC08_L1TP_197037_20160613).

II.1.2. Composition colorée

Une composition colorée dans laquelle les thèmes recherchés sont les plus apparents a été élaborée lors du traitement de l'image qui a permis de visualiser les canaux en vert, rouge et proche infrarouge en leur affectant respectivement les couleurs bleu, vert et rouge

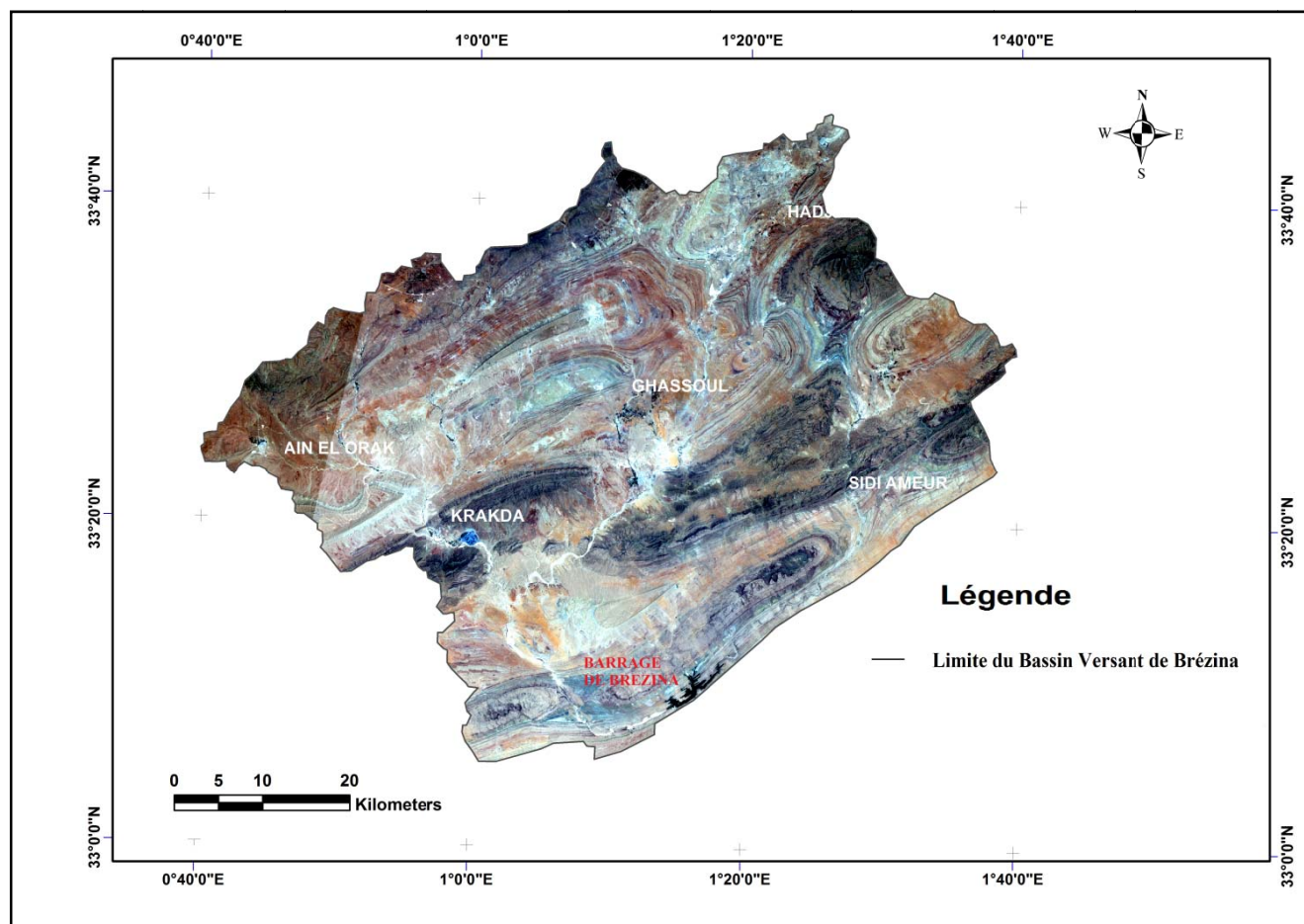
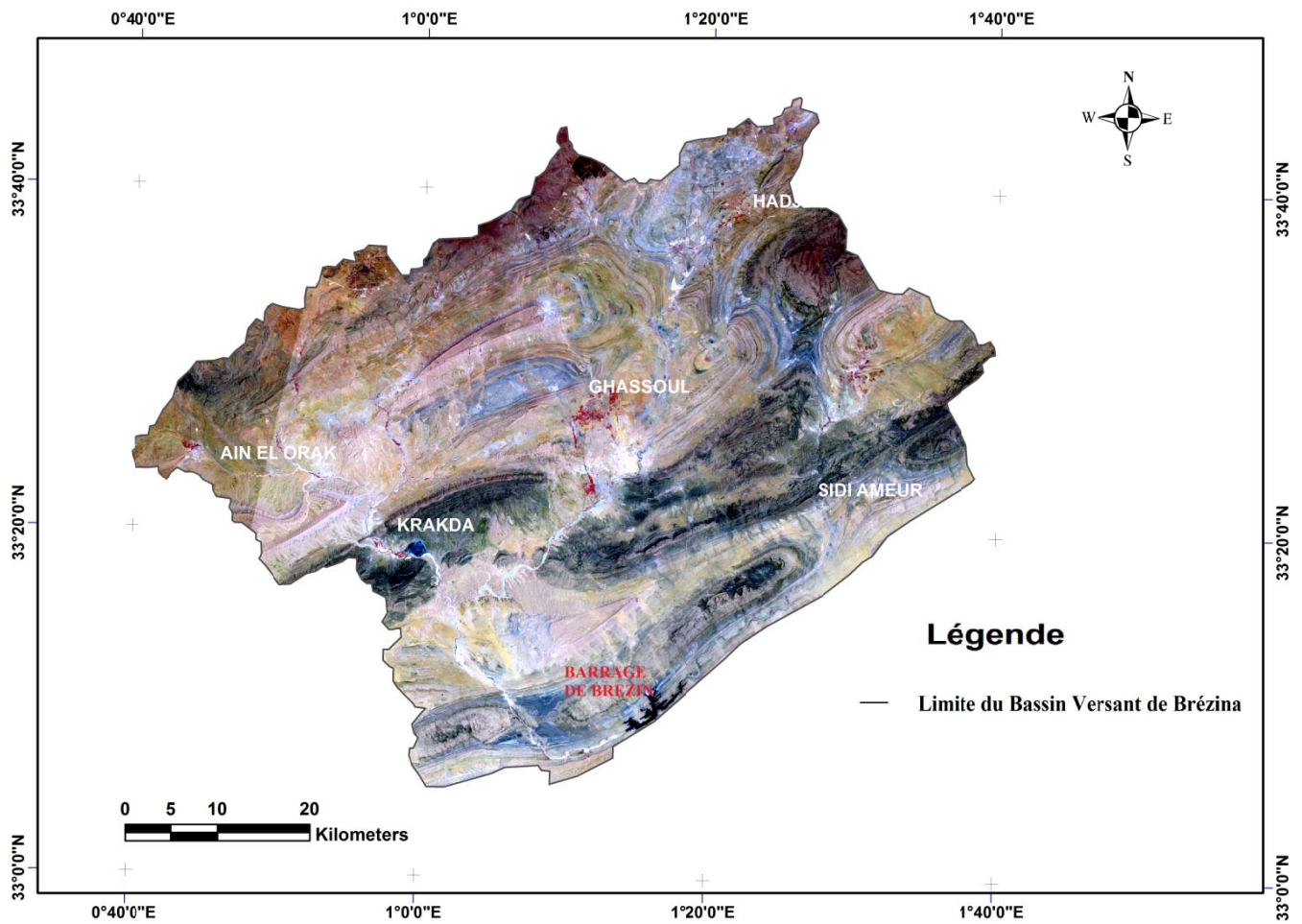


Figure 41: Composition vraie couleur R V B du bassin versant de Brezina. (Source: image satellitaire Landsat 8 Oli , Mai 2016)

II.1.3. Composition colorée fausse couleur

Il existe plusieurs façons de produire des images en 'fausses couleurs' chacune étant plus adaptée à une application particulière. L'image de droite ci-dessous présente la même image que précédemment, mais avec une composition colorée cette fois-ci en fausses couleurs. Ici la couleur rouge est associée à la bande proche IR, la couleur verte à la bande rouge et la couleur bleue à la bande verte.



II.1.4. L'indice de végétation (NDVI)

L'indice de végétation « Normalized Difference Vegetation Index » (NDVI), est déterminé à partir des réflectances planétaires dans les canaux rouges (autour de 0,45 μm) et proche infrarouge (autour de 0,65 μm) (Rouse et al, 1974 Tucker, 1986 in Reghig, 2010):

$$\text{NDVI} = \frac{(p \text{ IR} - R)}{(p \text{ IR} + R)}$$

Le NDVI présente la particularité d'augmenter en présence de végétation. Cette particularité trouve son origine dans la forme des spectres de réflectance du sol et de la végétation (Jacob, 1999 in Reghig, 2010). Ce paramètre permet, d'une part, de mieux différencier les types de végétation et apporter, d'autre part, une information supplémentaire sur l'état du couvert (Achard et Blasco, 1990 in Reghig, 2010).

Cet indice n'a pas de sens physique (il ne s'agit pas d'une grandeur mesurée) mais il constitue un indicateur relativement fiable de l'activité chlorophyllienne de la végétation. (**Polidiri, 2000 in Reghig, 2010**).

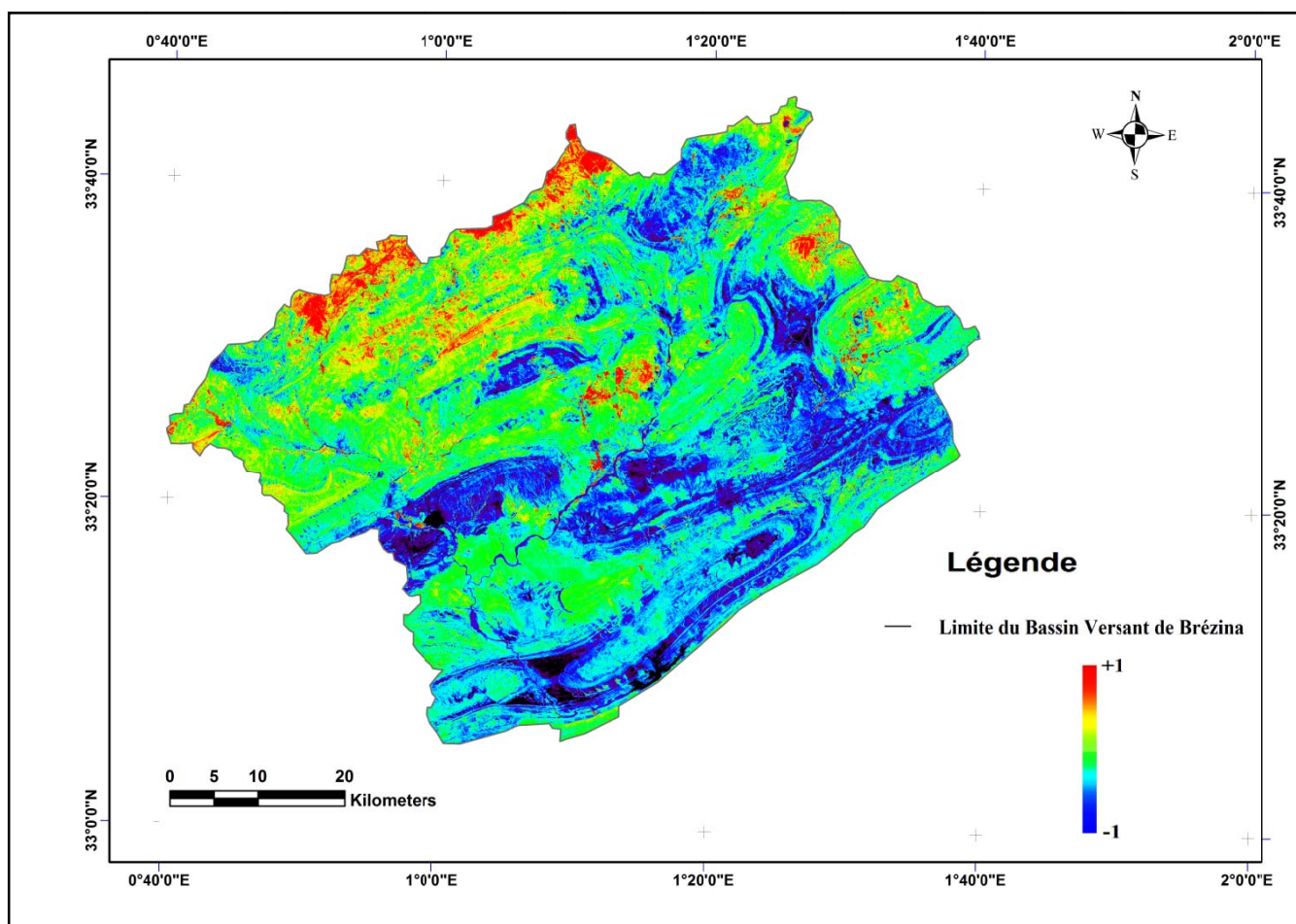


Figure 43: L'indice de végétation du bassin versant de Brezina.
(Source: image satellitaire Landsat 8 Oli, Mai 2016)

Nous constatons que la couleur rouge indique une assimilation ou activité chlorophyllienne plus élevée (nord et le nord-ouest du bassin versant de Brezina) ; alors que la couleur bleue indique une assimilation chlorophyllienne très faible. Cette dernière est généralement bien répartie au Sud et à l'est. Donc nous distinguons une forte absence du couvert végétal dans une grande majorité de cette zone.

II.1.5. Classification non supervisé

Après le traitement des images, nous avons procédé à la classification dite non supervisée sans l'intervention de la réalité de terrain. Elle se base sur l'arrangement des pixels selon des valeurs radiométrique homogènes. La (fig. 44) représente les résultats de cette classification regroupant 08 classes ayant des caractéristiques spectrales différentes.

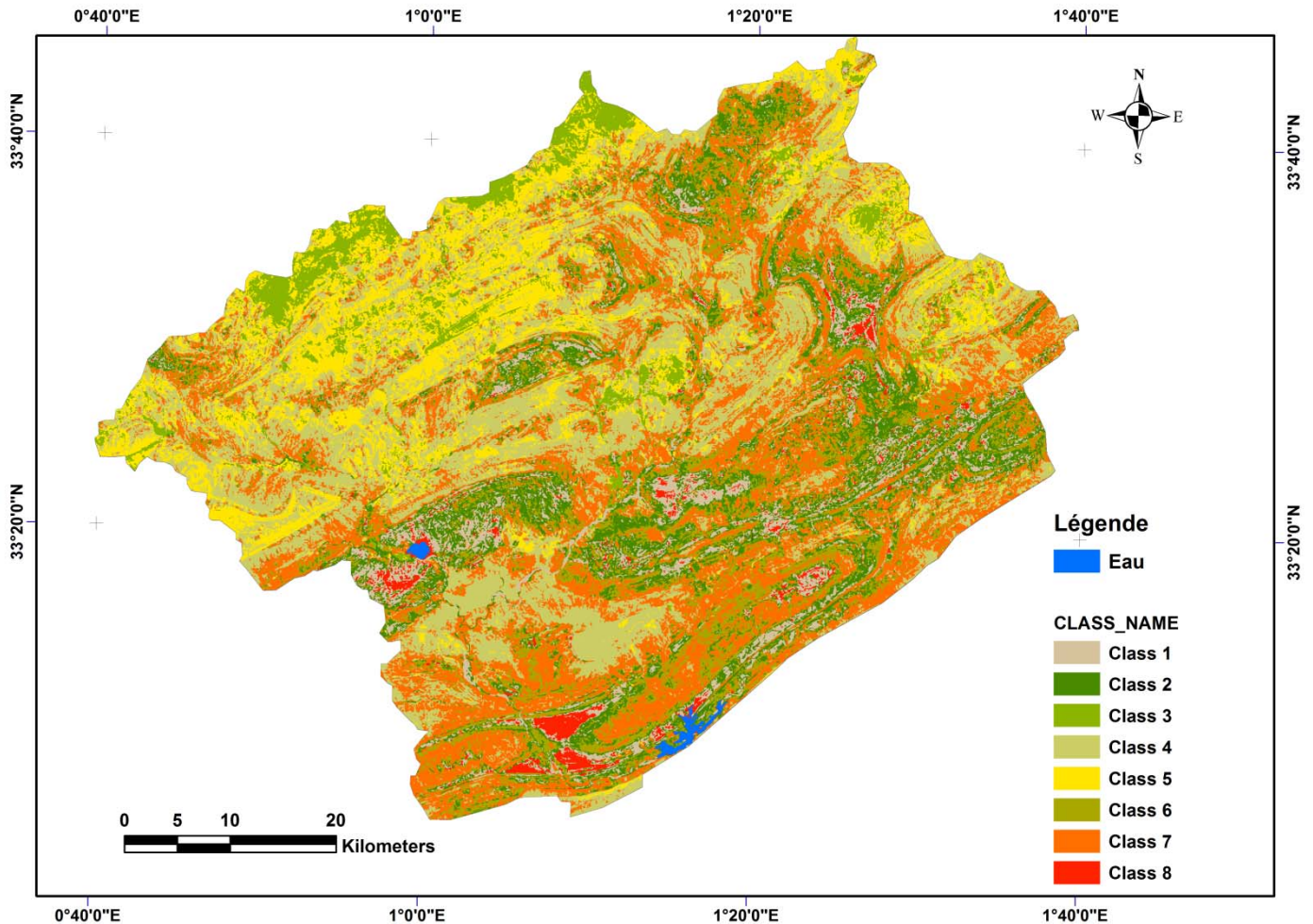


Figure 44: Carte classification non supervisée du bassin versant de Brezina (Source: image satellitaire LandsAT8 Oli, Mai 2016)

II.2. Analyse des relevés floristiques

Le nombre total des relevés réalisés dans le bassin versant de Brezina est de 19 relevés présentés dans le tableau ci-dessous:

A partir de ce tableau brut réalisé par le biais de 16 relevés effectués sur le terrain, nous avons pu recenser 62 espèces végétales. Que ces dernières sont dans l'ensemble réparties en petit nombre et leur recouvrement est négligeable avec une présence d'individus isolés l'un à l'autre. En outre, le nombre d'espèces, nous montre qu'il y a une diversité très hétérogène, avec une présence dominante de l'espèce *Arthrophytum schmittianum*, par un nombre de 12 et de moins pour les espèces *Retama retam* qui est au second rang avec un nombre de 6 présences, et (*Atriplex canescens*, *Echium pycnanthum*, *Lygeum spartum*, *Medicago minima*, *Onopordon arenarium*, *Peganum harmala*, *Retamaretam*, *Schismus barbatus*, *Thapsia garganica*,

Thymelaea microphylla) partageant le nombre de 5 présences, le reste des espèces se montre avec une faible présence, allant d'un nombre de 4 à 1.

II.2.1. Richesse spécifique et générique

Nous avons recensé 62 espèces, appartenant à un nombre de 22 familles.

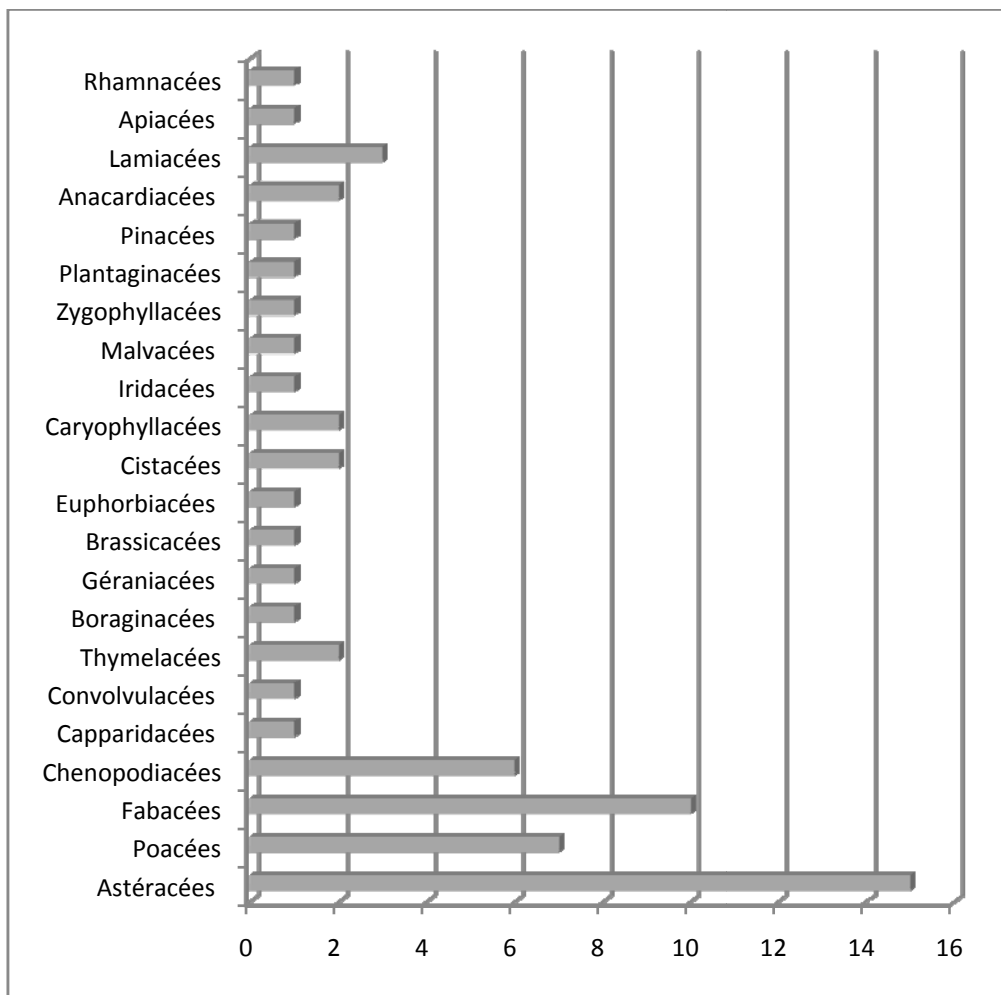


Figure 45: Répartition des familles selon le nombre d'espèces.

D'après les résultats présentés dans cet histogramme nous remarquons que la famille des *Astéracées* occupe le sommet des familles représentées par un nombre de 15 espèces, suivie des *Fabacées* par un nombre de 10 espèces. En suite et en second lieu vient la famille des *Poacées* avec une présence de 7 espèces. Les *Chénopodiacées* avec 6 espèces et les *Lamiacées* par un nombre de 3, suivie des *Thyméléacées*, des *Cistacées*, des *Caryophyllacées* et des *anacardiacées* par 2 espèces chacune.

Le reste des familles, qui sont: (*Capparidacées*, *Convolvulacées*, *Borraginacées*, *Géraniacées*, *brassicacées*, *Euphorbiacées*, *Iridacées*, *Malvacées*, *Zygophyllacées*, *Plantaginacées*, *Amarantacées*, *Apiacées*, *Rhamnacées* et *pinacées*), ne sont représentées que par une seule espèce chacune.

Tableau 25: Pourcentage des familles en fonction de leur présence dans la zone d'études.

Famille	Présence en %
<i>Astéracées</i>	24%
<i>Fabacées</i>	16%
<i>Poacées</i>	11%
<i>Chénopodiacées</i>	10%
<i>Lamiacées</i>	5%
<i>Thyméléacées</i>	3%
<i>Cistacées</i>	3%
<i>Caryophyllacées</i>	3%
<i>Capparidacées</i>	2%
<i>Convolvulacées</i>	2%
<i>Borraginacées</i>	2%
<i>Géraniacées</i>	2%
<i>Brassicacées</i>	2%
<i>Euphorbiacées</i>	2%
<i>Iridacées</i>	2%
<i>Malvacées</i>	2%
<i>Zygophyllacées</i>	2%
<i>Plantaginacées</i>	2%
<i>Amarantacées</i>	2%
<i>Apiacées</i>	2%
<i>Rhamnacées</i>	2%

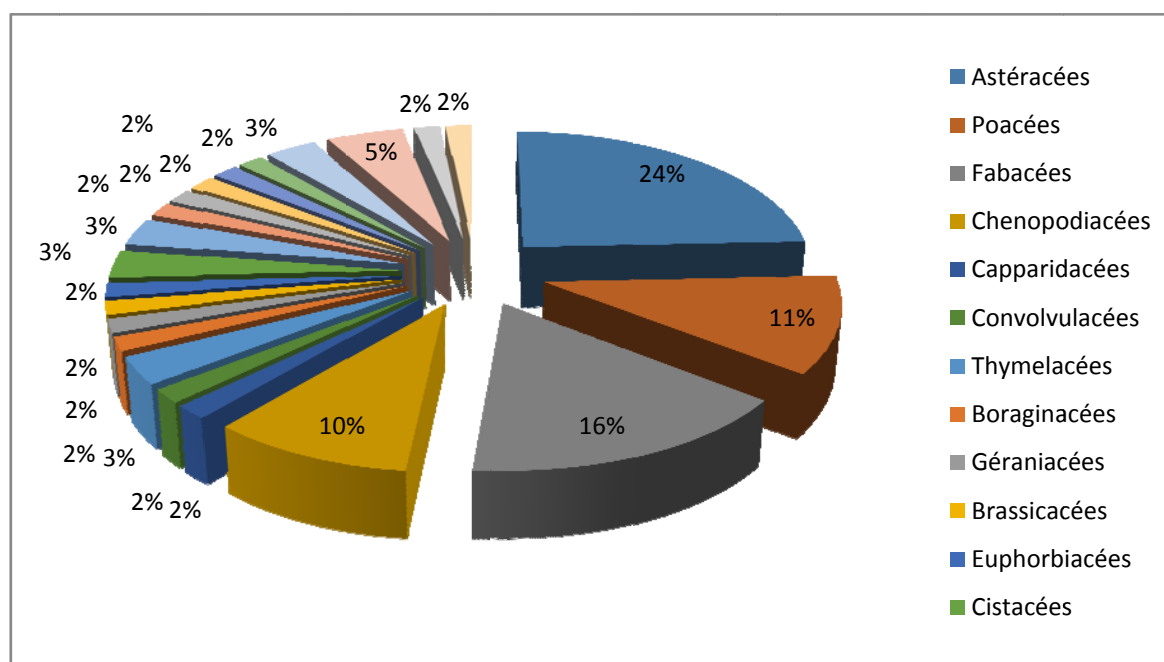


Figure 46: Présentation des familles en % en fonction de leur présence.

II.2.2. Type morphologique:

Gadrat (1999), Romane (1987), in Dahmani (1997), mettent en évidence l'existence d'une bonne corrélation entre les types biologiques et de nombreux caractères morphologiques.

La forme de la plante est l'un des critères de base de la classification des espèces en type biologique. La phytomasse est composée des espèces pérennes, ligneuses ; herbacées et annuelles.

Nos recherches ont révélé la dominance des espèces herbacées (76,66%) sur les espèces ligneuses. Ceci est justifié par le fait que cette végétation est très soumise à la pression humaine. D'autre part, on constate que les herbes annuelles (46,66%) dominent sur les herbes vivaces (30%).

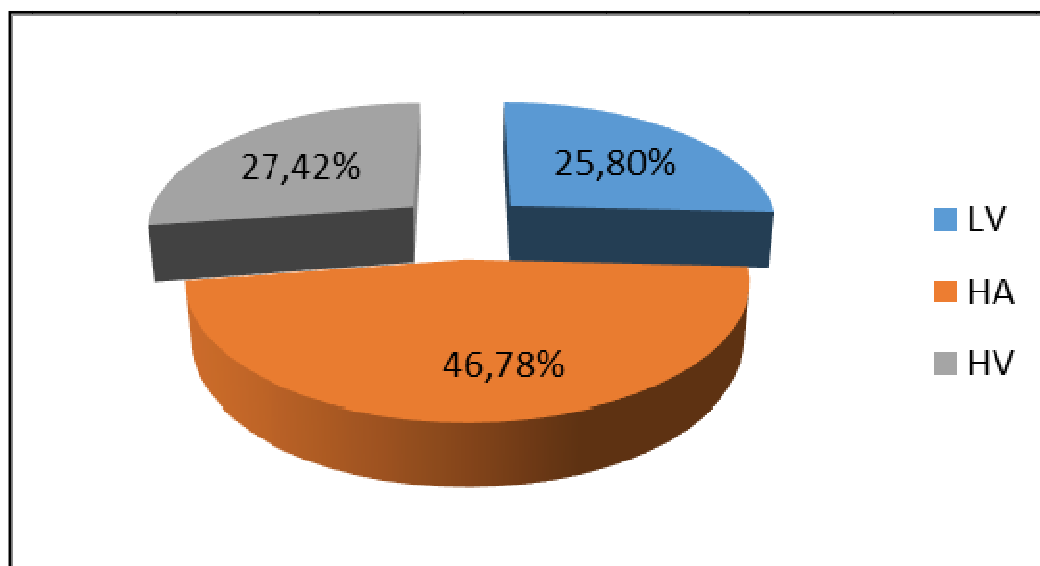


Figure 47: Présentation des types morphologiques de la zone d'étude

II.2.3. Type biologique:

L'appartenance des espèces recensées dans les différentes catégories de types biologiques est représentée dans la figure ci-dessous:

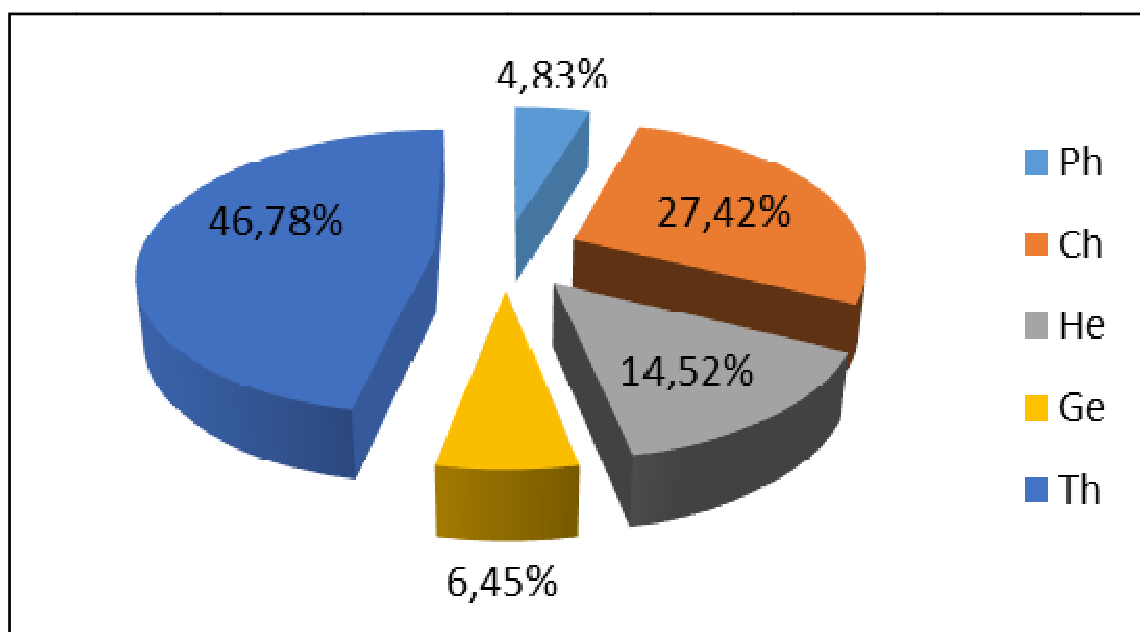


Figure 48: Répartition des espèces en fonction du type biologique.

D'après cette figure, nous remarquons que les *Thérophytes* sont les mieux représentées par 29 espèces, suivies des *Chamaephytes* avec un nombre de 17 espèces et des *Hémicryptophytes* avec 9 espèces. Ensuite nous retrouvons les *Géophytes* avec un nombre de 4 espèces et au dernier rang les *phanerophytes* par trois espèce.

Tableau 26: Représentation de la présence des types biologiques en %.

Types biologiques	Présence en %
Thérophytes	46,78%
Chamaephytes	27,42%
Hémicryptophytes	14,52%
Géophytes	6,45%
Phanerophyte	4,83%

A travers les résultats obtenus nous trouvons que la zone d'études se trouve marquée par la dominance des *Thérophytes* (46,78%). Cette prédominance des Thérophytes est strictement liée aux pluies saisonnières si ces précipitations tombent durant la saison chaude, les Thérophytes se développent difficilement. Ces éphémères semblent être influencés par l'exposition nord ou sud et par le pâturage plus intense dans la région.

Daget (1980) et Barbero et al (1990) s'accordent pour présenter les *Thérophytes* comme étant une forme de résistance à la sécheresse ainsi qu'aux fortes températures des milieux arides. La signification des *Thérophytes* a été abondamment débattue par ces auteurs qui l'attribuent:

- soit à l'adaptation à la contrainte du froid hivernal ou à la sécheresse estivale,
- soit aux perturbations du milieu par le pâturage, les cultures,etc.

D'un autre coté les *chamaephytes* (27,42%) viennent au deuxième lieu et qui semblent très liées à la dégradation d'origine anthropique. Cette répartition va dans le même sens que celle que FLORET et al (1978) ont décrit, en accord avec **Orshan et al (1985)** et qui considèrent les *Chamaephytes* comme étant mieux adaptées aux basses températures et à l'aridité. De plus le pâturage favorise aussi de manière globale les *Chamaephytes* faiblement appréciées ajoutent **Benabadi et al (2004)**.

Entre autres il existe 9 *Hémicryptophytes* soit 14,52% cela peut s'expliquer par la pauvreté du sol en matière organique. En suite nous retrouvons les *Géophytes* avec 6,45% et au dernier rang les *phanerophytes* par un pourcentage de 4,83%.

L'analyse des formes d'adaptation des plantes permet une meilleure appréciation des conditions écologiques dans lesquelles elles vivent. Les types biologiques, par leur répartition, traduisent fidèlement les conditions écologiques d'une région.

II.2.4. Type biogéographique:

II.2.4.1. Répartitions des types biogéographiques:

Le spectre biogéographique, établi selon la liste floristique globale du territoire, met en évidence les divers éléments (Tab. n°26 et Fig.n° 49).

Du point de vue chorologique, le pourcentage des taxons à répartition méditerranéenne est assez élevé, à savoir 24,6 % de l'effectif total. Ce résultat est en accord avec celui obtenu sur l'ensemble de la flore de la majorité des régions Algériennes.

Les taxons d'origine *Ibero-Mauritanien* ; endémique nord-africain et saharien, occupent une place appréciable dans la zone d'étude, constituent respectivement 8.2%, et 6,56% de l'effectif global (Tab. n°54). **Anteur et al 2017**.

Quezel (2000) explique l'importance de la diversité biogéographique de l'Afrique méditerranéenne par les modifications climatiques durement subies dans cette région depuis le Miocène entraînant des migrations d'une flore tropicale. Ce même auteur souligne qu'une étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité.

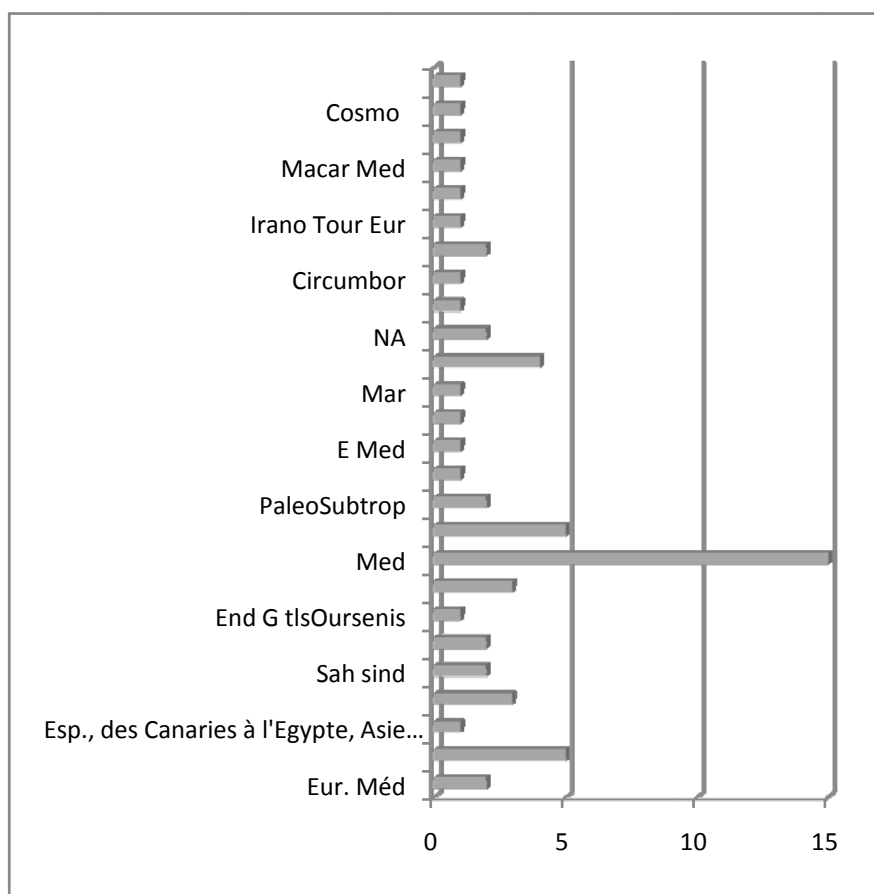


Figure 49: Répartition des types biogéographiques de la zone d'étude

II.2.4.2. Espèce et endémisme:

Les phytogéographes et les botanistes se sont toujours préoccupés des endémiques, soit pour leur rareté, soit pour l'intérêt qu'elles revêtent dans la végétation.

Nous avons pu identifier 13.55% d'espèces endémiques dans la région de Brezina.

Les résultats montrent que les espèces endémiques nord-africaines sont:

* *Thymelaea microphylla*

* *Thymus ciliatus*

* *Anacyclus cyrtolepidioides*

* *Helianthemum apertum*

Il s'y ajoute 4 endémiques dont 2 espèces endémiques nord saharien (*Astragalus gombo*, *Convolvulus supinus*) une espèce endémique G Atlantique (*Astragalus reinii*) et une espèce endémique saharienne (*Euphorbia calyptrata*)

II.2.4.3. Distribution biogéographique globale en fonction de la rareté des espèces:

Sur les 62 espèces recensées, 11 espèces soit 18,03% de la liste inventoriée ont tendance à se raréfier selon (Quezel et Santa 1962) même si certaines d'entre elles sont localement abondantes.

Le reste est constitué par les espèces dites communes. Ainsi, l'analyse de nos résultats montre qu'il existe des espèces rares dans 9 distributions biogéographique soit 34,61% de la distribution biogéographique de la région de Brezina.

Le cas particulier des espèces à origine endémique G Atlantique Ouarsenis, Agrairien marocaine, endémique saharienne, Marocaine et Circumboreal est de 100 %.

50% des espèces Paleo-Subtropicale, saharo sindiennes sont mentionnées comme rares à très rares par Quezel et Santa (1962).

La distribution biogéographique ibéro mauritanienne sahariennes, présente un degré de rareté faible à très faible avec 20%, Anteur et al 2017.

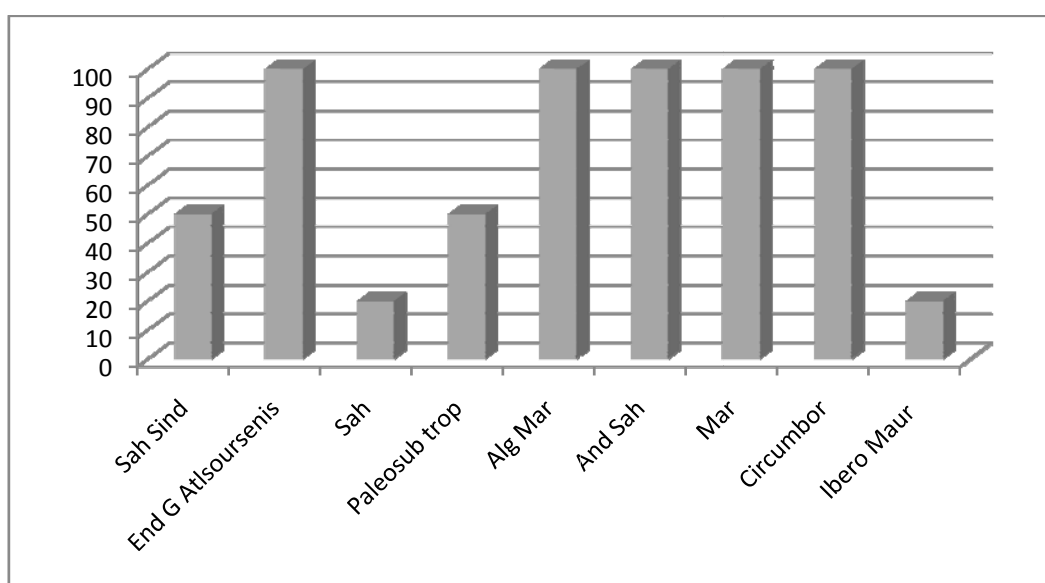


Figure 50: Degré de rareté dans les principales distributions biogéographiques.

Tableau 27: Inventaire exhaustive Selon Quezel et Santa (1962).

Especes	Familles	Type Biologique	Type Morphologique	Type Biogeographique
<i>Anacyclus clavatus</i>	Asteraceae	Th	HA	Eur. Méd
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	Asteraceae	Th	HA	Sah
<i>Artemisia herba-alba</i>	Asteraceae	Ch	HV	Esp., des Canaries à l'Egypte, Asie Occ
<i>Arthrophytum schmittianum</i>	Chenopodiaceae	Ch	LV	Sah
<i>Arthrophytum scoparium</i>	Chenopodiaceae	Ch	LV	Sah –Med
<i>Asteriscus pygmaeus</i>	Asteraceae	Th	HA	Sahsind
<i>Astragalus cruciatus</i>	Fabaceae	Th	HV	Med Sah
<i>Astragalus gombo</i>	Fabaceae	Th	HV	End N.sah
<i>Astragalus reinii</i>	Fabaceae	Th	HA	End G tIsOursenis
<i>Astragalus Incanus</i>	Fabaceae	He	HV	W.Med
<i>Atractylis gummifera</i>	Asteraceae	Ch	HV	Med
<i>Atractylis humilis</i>	Asteraceae	Ge	HV	Ibero.Maur
<i>Atractylis serratuloide</i>	Asteraceae	Ch	HV	Sah
<i>Atriplex canescens</i>	Chenopodiaceae	Ch	LV	/
<i>Atriplex glauca</i>	Chenopodiaceae	Ch	LV	Sah.Med
<i>Bassiamu ricata</i>	Chenopodiaceae	Ch	HA	Sah
<i>Bromus rubens</i>	Poaceae	Th	HA	PaleoSubtrop
<i>Calendula aegyptiaca</i>	Asteraceae	Th	HA	Med
<i>Carduncellus rhapsodicoides</i>	Asteraceae	Th	HA	Alg Mar
<i>Cleome arabica</i>	Capparidaceae	Th	HA	Sah.Sind
<i>Convolvulus supinus</i>	Convolvulaceae	He	HV	End N.Sah
<i>Cutandia dichotoma</i>	Poaceae	Th	HA	Med
<i>Daphnognidium</i>	Thymelaeaceae	Ch	LV	Med
<i>Echium pycnanthum</i>	Boraginaceae	Th	HA	Med
<i>Erodium glaucophyllum</i>	Geraniaceae	He	HV	E Med
<i>Eruca vesicaria</i>	Brassicaceae	Th	HA	Med
<i>Euphorbia calypttrata</i>	Euphorbiaceae	Th	HA	End Sah
<i>Filago duriaei</i>	Asteraceae	Th	HA	Mar
<i>Hedypnois rhagadioloides</i>	Asteraceae	Th	HA	Med
<i>Helianthemum apertum</i>	Cistaceae	Th	HA	End N.A
<i>Helianthemum hirtum</i>	Cistaceae	Ch	LV	NA
<i>Herniaria hirsuta</i>	Caryophyllaceae	Th	HA	PléoTemp
<i>Hordeum murinum</i>	Poaceae	Th	HA	Circumbor
<i>Iris sisyrynchium</i>	Iridaceae	Ge	HV	Paléo sub trop
<i>Launaea resedifolia</i>	Asteraceae	Th	HA	Med .Sah.Sind
<i>Lygeum spartum</i>	Poaceae	Ge	HV	W Med
<i>Malva egyptiaca</i>	Malvaceae	Th	HA	Sah.Sind.Med
<i>Medicago litoralis</i>	Fabaceae	Th	HA	Med
<i>Medicago minima</i>	Fabaceae	Th	HA	Eur Med
<i>Medicago truncatula</i>	Fabaceae	Th	HA	Med
<i>Melilotus sulcata</i>	Fabaceae	Th	HA	Med
<i>Noaeam ucronata</i>	Chenopodiaceae	Ch	LV	Sah
<i>Onopordon arenarium</i>	Asteraceae	Th	HA	NA
<i>Peganum harmala</i>	Zygophyllaceae	Ch	LV	Irano Tour Eur
<i>Plantago albicans</i>	Plantaginaceae	He	HV	Med
<i>Pinus halepensis</i>	Pinaceae	Ph	LV	Méd.
<i>Pistacia atlantica</i>	Anacardiaceae	Ph	LV	End. N.A.
<i>Psoralea bituminosa</i>	Fabaceae	He	HV	Med
<i>Retama retam</i>	Fabaceae	Ph	LV	Ibéro-Maur
<i>Salviaver benaca</i>	Lamiaceae	He	HV	MédAtl
<i>Schismus barbatus</i>	Poaceae	Th	HA	MacarMéd

<i>Scorzonera la ciniata</i>	<i>Asteraceae</i>	He	HV	Sub Med Sib
<i>Silenese cundiflora</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	Th	HA	Ibero Maur
<i>Stipa barbata</i>	<i>Poaceae</i>	He	HV	W.Med
<i>Stipa tenacissima</i>	<i>Poaceae</i>	Ge	HV	Ibéro Maur
<i>Suaeda fruticosa</i>	<i>Amaranthaceae</i>	Ch	LV	Cosmo
<i>Thapsia garganica</i>	<i>Apiaceae</i>	He	HV	Méd
<i>Thymelaea microphylla</i>	<i>Thymelaeaceae</i>	Ch	LV	End NA
<i>Thymus ciliatus</i>	<i>Lamiaceae</i>	Ch	LV	End NA
<i>Thymus hirtus</i>	<i>Lamiaceae</i>	Ch	LV	Ibéro Maur
<i>Xeranthemum inapertum</i>	<i>Asteraceae</i>	Th	HA	Euras NA
<i>Zizyphus lotus</i>	<i>Rhamnaceae</i>	Ch	LV	Méd

II.3. Traitement des données et analyse statistique multivariée:

En ce qui nous concerne et pour répondre aux objectifs de notre étude, notre choix a été porté sur la méthode du traitement numérique basée sur l'utilisation conjointe des deux techniques, d'une part l'AFC ou analyse factorielle des correspondances et la CHA ou classification hiérarchique ascendante.

Selon **Hill 1973**, l'AFC est une méthode standard pour analyser un jeu de données floristiques simple (relevés x espèces), est l'analyse multivariée la plus indiquée dans le cas d'un gradient floristique prédominant **Ter Braak et Prentice (1988)** traduisant une réponse uni modal de la végétation.

Comme le souligne **Lacoste, (1972)** l'un des intérêts fondamentaux de cette méthode est la représentation simultanée, dans un même espace et de manière symétrique, des relevés et des espèces, de telle sorte que chaque espèce se localise au sein du groupe de relevés auquel elle est la plus étroitement liée.

II.3.1. Technique d'analyse:

De nombreux travaux ont été ainsi réalisés dans l'optique de mettre en évidence les relations entre la distribution des types biologiques et les facteurs de l'environnement notamment le climat, les précipitations, la température **Bouxin G., 1987. Cibois P., 1987, Ward J -H., 1963** l'altitude, et la nature du substrat **Kaabeche 1990**.

L'ensemble des données floristiques a été traité par l'analyse factorielle des correspondances (AFC) combinée à la classification hiérarchique ascendante (CHA) qui est le complément de toute analyse factorielle des correspondances.

Le traitement a été réalisé selon plusieurs étapes:

- Une analyse globale des espèces pour la région de Brezina.
- Les données sont rassemblées dans un tableau à double entrée dont les colonnes correspondent aux relevés et les lignes représentent les espèces. Ce tableau est constitué par toutes les espèces recensées dans la zone d'étude. A l'intersection seul le caractère

«présence-absence » des espèces a été considéré, prend la valeur 1 en cas de présence et la valeur 0 en cas d'absence. Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Minitab16.

- En vue du traitement informatique des données, un numéro est attribué à chacun des relevés, dans l'ordre de leur exécution.
- De même, les taxons ont été codés selon un code à deux chiffres et la première lettre du genre dans l'ordre d'apparition successif et alphabétique.

Exemple:

Genres espèces	Code
<i>Anacyclus clavatus</i>	A01
<i>Peganum harmala</i>	P01

Gadrat B., 1999 indique que le gros avantage que nous voyons dans la méthode d'analyse factorielle (AFC) ; c'est qu'elle donne directement la figure représentative de l'ensemble à classer et ce avec une totale objectivité évidemment »

Cependant, l'AFC reste l'une des méthodes les plus utilisées pour l'étude de la végétation en Algérie, elle a été utilisée par plusieurs chercheurs et notamment **Dahmani (1971)**., **Medour (2010)** ,**Meziane (2010)** , **Babali (2014)** et **Belhacini (2015)** pour ne citer que ceux-là.

La proximité entre deux relevés signifier que leur composition floristique est voisine, alors que la proximité entre deux espèces signifie que leurs conditions stationnelles de leurs relevés sont voisines » précise **M'hirit (1982)** dans ces travaux.

II.3.2. Résultats de l'analyse factorielle des correspondances (AFC):

A partir des nuages de points obtenus relatifs aux espèces et des axes factoriels significatifs, on peut mettre en évidence des gradients écologiques qui agissent sur la distribution des végétaux et des groupements qui le constituent notamment dans la région de Brezina. Nous avons retenu les relevés et les espèces qui apportent le plus d'informations à l'axe considéré et à sa répartition d'une part du côté négatif et d'autre part du côté positif de chacun des axes.

Voici d'abord les valeurs propres et les pourcentages de la contribution absolue des 3 premiers axes:

Tableau 28: Valeurs propres et pourcentage d'inertie des 3 premiers axes d'AFC.

Axe	Axe1	Axe2	Axe3
Valeurs propres	3.3408	1.8666	1.6378
% taux d'inertie	0.209	0.117	0.102

II.3.2.1. Dendrogrammes:

Le résultat est exprimé sous forme d'un dendrogramme qui montre l'individualisation deux espèce isolés chacun dans un coté et 58 espèces pour le noyau A.

On peut lire un dendrogramme de haut en bas et terminer chaque branche dès qu'un nœud est atteint, qui est plus court qu'une longueur choisie. En effet, toute espèce de groupement associée au nœud appartient à l'un ou à l'autre des sous-groupements associés aux deux branches réunies.

Koechlin (1961), parle de groupements végétaux caractérisés par des groupes d'espèces précisant l'optimum écologique des stations.

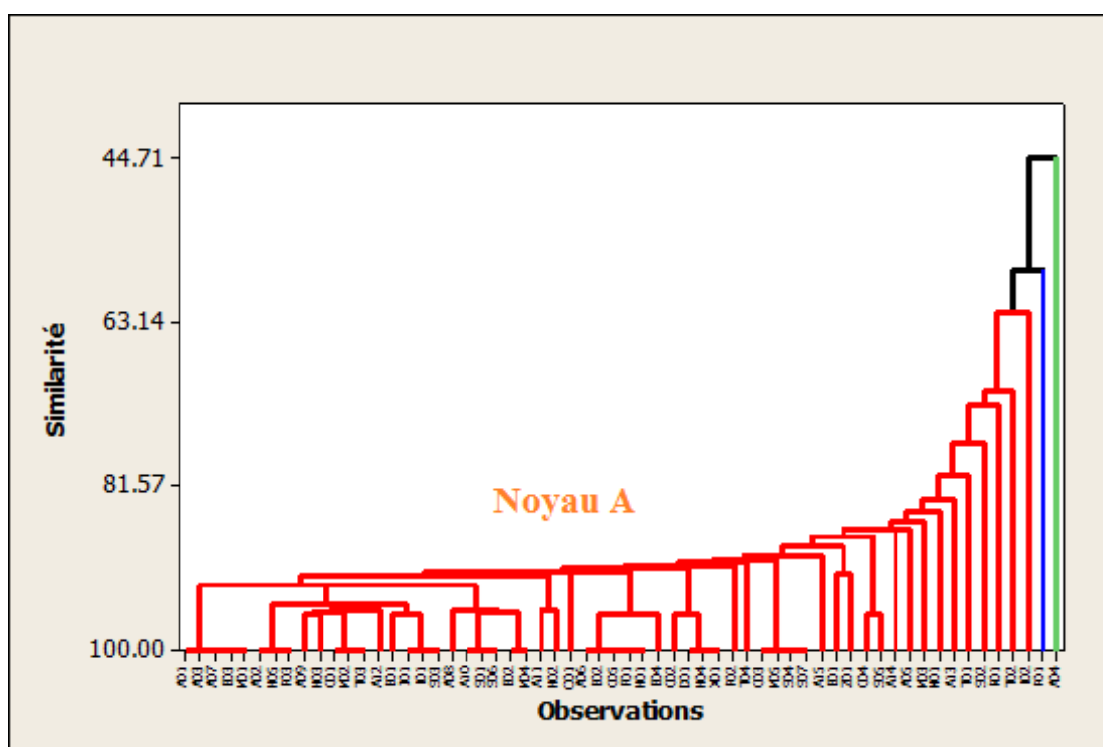


Figure 51: Dendrogramme des espèces (zone d'étude)

Nous avons deux noyaux qui s'individualisent et, isolé du noyau A, caractérisés par une espèce chacun et qui sont:

A- Peganum harmala

B-Arthrophytum schmittianum:

C-Noyau A: Constitué de 58 espèces:

Anacyclus clavatus, Anacyclus cyrtolepidioides, Artemisia herba-alba, Arthrophytum scoparium, Asteriscus pygmaeus, Astragalus cruciatus, Astragalus gombo, Astragalus reinii, Astragalus incanus, Atractylis gummifera, Atractylis humilis, Atractylis serratuloide, Atriplex canescens, Atriplex glauca, Bassia muricata, Bromus rubens, Calendula aegyptiaca, Carduncellus rhaponticoides, Cleome arabica, Convolvulus supinus, Cutandia dichotoma, Daphne gnidium, Echium pycnanthum, Erodium glaucophyllum, Eruca vesicaria, Euphorbia calyptrata, Filago duriaei, Hedypnois rhagadioloides, Helianthemum apertum, Helianthemum hirtum,

Herniaria hirsuta , *Hordeum murinum*, *Iris sisyrinchium*, *Launaea resedifolia*, *Lygeum spartum*, *Malva aegyptiaca*, *Medicago litoralis*, *Medicago minima*, *Medicago truncatula*, *Melilotus sulcata* , *Noaea mucronata*, *Onopordon arenarium*, *Plantago albicans*, *Psoralea bituminosa*, *Retama retam* , *Salvia verbenaca* , *Schismus barbatus* , *Scorzonera laciniata* , *Silene secundiflora* , *Stipa barbata*, *Stipa tenacissima*, *Suaeda fruticosa*, *Thapsia garganica*, *Thymelaea microphylla*, *Thymus ciliatus*, *Thymus hirtus*, *Xeranthemum inapertum*, *Zizyphus lotus*.

C'est une formation steppique riche, avec un cortège floristique varié, présents avec la plupart des espèces et constituent ainsi le fond floristique de tableau des paysages de la zone d'étude, occupé d'une végétation basse et clairsemée.

Du point de vue communautés végétales, les principales unités sont dominées par les parcours à *Stipa tenacissima* dégradé, les parcours à *Lygeum spartum*, les plantations à *Atriplex canescens* et les groupements à *Arthrophytum scoparium*. **Mederbal et al (2009)**

II.3.2.2. Interprétation des axes factoriels:

Nous tenterons de préciser quels sont les facteurs écologiques majeurs de la diversification du tapis végétal au niveau de la région d'étude. L'interprétation est facilitée par la signification écologique des espèces présentant sur les pôles positifs et négatifs des axes des contributions relatives importantes.

Il est cependant possible d'analyser, à la lumière de ces données et selon les espèces, les trois premiers axes factoriels.

➤ Plan 1/2

a-Axe 1: Parmi les espèces à forte contribution sur cet axe on peut noter:

Vers le pôle positif:

Arthrophytum schmittianum

Medicago minima

Atractylis serratuloide

Peganum harmala

Atriplex canescens

Retama retam

Echium pycnanthum

Thapsia garganica

Lygeum spartum

Thymelaea microphylla

Vers le pôle négatif:

Anacyclus clavatus

Artemisia herba-alba

Astragalus gombo

Astragalus incanus

Erodium glaucophyllum

Eruca vesicaria

Iris sisyrinchium

Malva aegyptiaca

Medicago truncatula

Salvia verbenaca

*Scorzonera laciniata**Stipa tenacissima*

Sur le plant bioclimatique les espèces du côté négatif sont relativement plus xérophiles et d'affinités steppiques. Ces dernières indiquent l'ambiance aride du milieu.

Cet axe montre une évolution progressive de l'aridité du côté positif vers le côté négatif.

b-Axe 2: Les espèces ayant une forte contribution relative aux valeurs propres de cet axe sont:

Vers le pôle positif:

*Arthrophytum schmittianum**Arthrophytum scoparium**Atriplex canescens**Cleome arabica**Carduncellus rhapsodicoides**Echium pycnanthum**Convolvulus supinus**Euphorbia calyptrata**Medicago minima**Stipa barbata**Suaeda fruticosa**Melilotus sulcata**Atriplex glauca**Silene secundiflora**Thapsia garganica**Zizyphus lotus*

Vers le pôle négatif:

*Anacyclus clavatus**Artemisia herba-alba**Astragalus cruciatus**Astragalus gombo**Atractylis gummifera**Atractylis serratuloide**Eruca vesicaria**Helianthemum apertum**Lygeum spartum**Noaea mucronata**Onopordon arenarium**Peganum harmala**Plantago albicans**Schismus barbatus**Thymelaea microphylla*

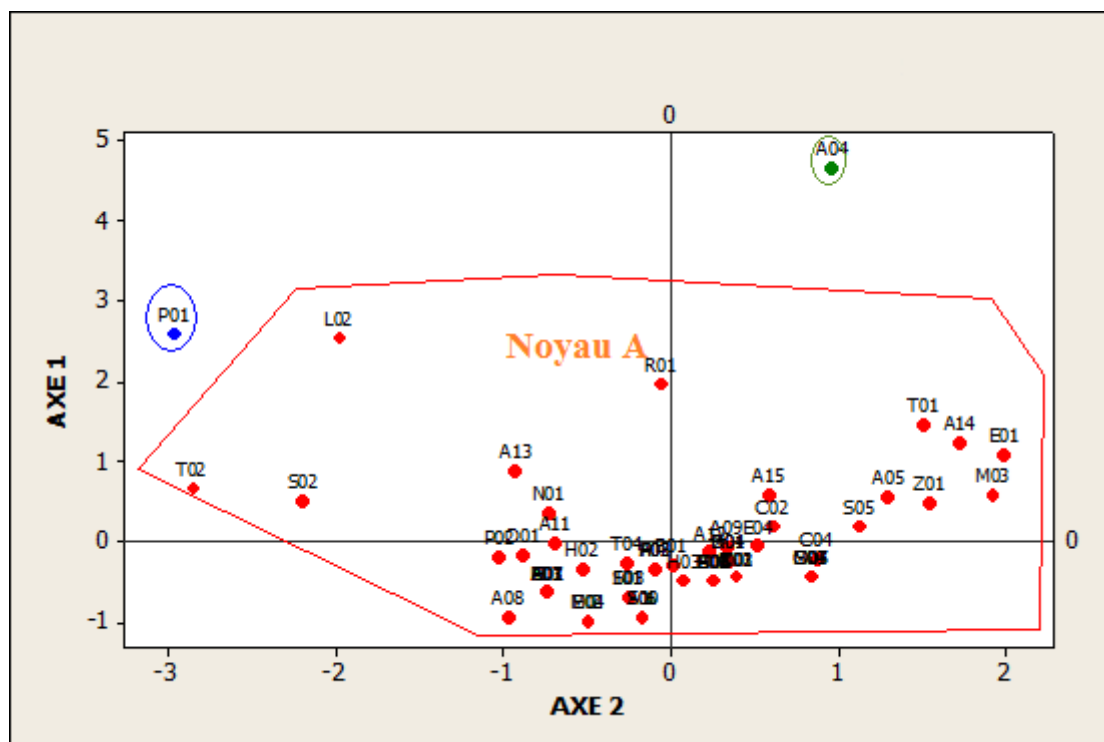


Figure 52: Plan Factoriel des espèces – Zone d'étude (axe1-axe2)

Sur le côté positive présente un groupe d'espèces (*Suaeda fruticosa*, *Atriplex canescens*, *Zizyphus lotus* ...) sur un sol de texture sablolimoneuse avec un niveau de salinisation modéré.

➤ **Plan 1/3**

C-Axe 3 Selon la même démarche, on peut retenir les espèces et les informations suivantes:

Vers le pôle positif:

Astragalus reinii

Atractylis humilis

Atriplex canescens

Bassia muricata

Calendula aegyptiaca

Erodium glaucophyllum

Helianthemum hirtum

Iris sisyrinchium

Launaea resedifolia

Medicago litoralis

Medicago minima

Medicago truncatula

Onopordon arenarium

Peganum harmala

Retama retam

Scorzonera laciniata

Stipa barbata

Thapsia garganica

Thymus ciliatus

Thymus hirtus

Vers le pôle négatif:

Arthrophytum scoparium

Asteriscus pygmaeus

Atractylis gummifera

Atriplex glauca

Bromus rubens

Cleome arabica

Cutandia dichotoma

Echium pycnanthum

Euphorbia calyptata

Filago duriaei

*Hedypnois rhagadioloides**Helianthemum apertum**Noaea mucronata**Plantago albicans**Schismus barbatus**Silene secundiflora**Suaeda fruticosa**Zizyphus lotus*

Les espèces du côté positif sont reconnues des milieux ouverts, héliophiles et annonçant un stade de dégradation avancé du couvert végétal.

Le *Thymus ciliatus*, exige du substrat relativement riche en matière organique selon **Benabadji (1991)**.

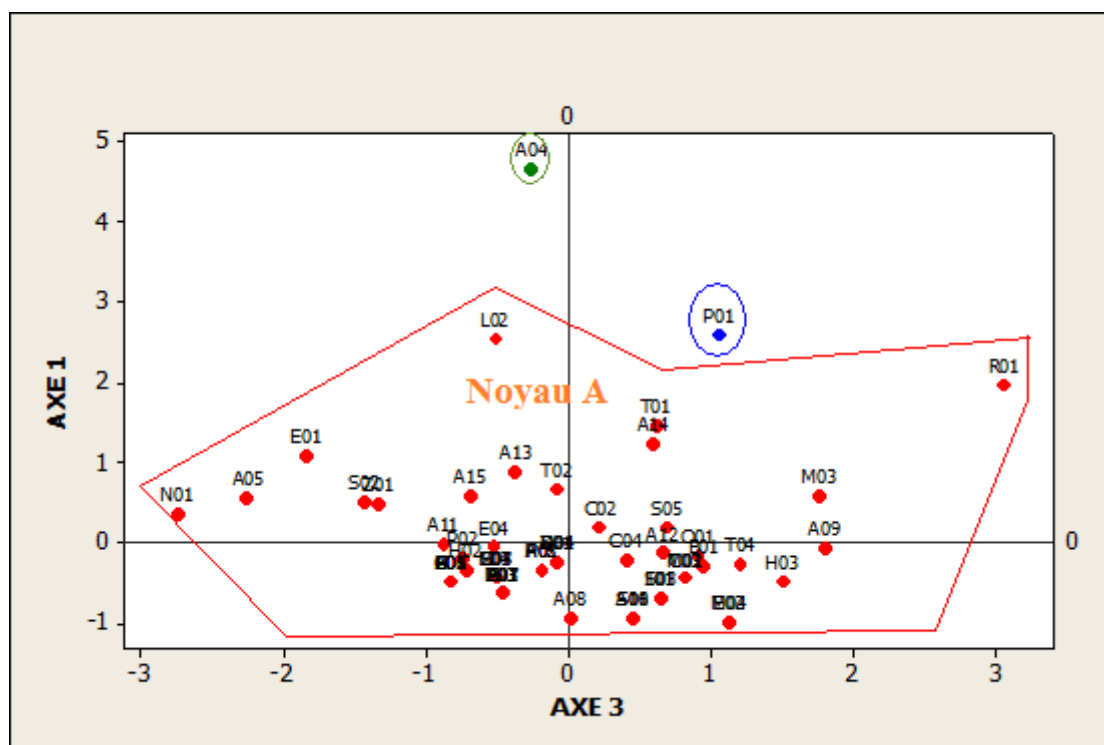


Figure 53: Plan Factoriel des espèces – Zone d'étude (axe1-axe3)

Le caractère particulier des paysages steppiques est en rapport d'une part avec leurs grandes hétérogénéités: biogéographique, historique, climatique et physiologique, et d'autre part avec leur instabilité et leur vulnérabilité liées à la fois à l'environnement méditerranéen et à l'activité humaine.

Conclusion

La richesse de la région de Brezina revient aux astéracées, aux poacées, aux chénopodiacées aux fabacées et aux lamiacées reconnues par leur résistance à la rigueur des conditions climatiques.

Le schéma général du type biologique, dans la région, est: Th > Ch > He > Ge>Ph,

Les phanérophytes occupent la dernière position, vu leur faible recouvrement.

Les chamaephytes sont fréquentes dans la région leur nombre reste toutefois moins important que celui des thérophytes. Cette thérophytisation marquée par une invasion générale d'espèces annuelles, est avantagée par un cycle biologique court favorable à une activité végétative intense (3 à 6 mois en général).

La répartition biogéographique montre la dominance de l'élément Méditerranéen (23.72%) ensuite ceux d'ibéro mauritanien avec 8.47%. Aussi, nos résultats montrent qu'il existe des espèces rares dans 05 distributions biogéographiques.

Parmi les 60 taxons inféodés à la zone d'étude 13,55% sont endémiques, 3 sont considérés comme endémiques nord africaines, deux endémiques nord saharien, alors que celles d'endémique atlantique et endémique saharienne présente seulement une seule espèce.

L'indice de perturbation reste élevé (76%), ceci montre nettement la souffrance de cette région et la forte pression anthropique exercée.

Par ailleurs, l'analyse des résultats obtenus par l'AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) a révélé que les groupements est définis en fonction de l'aridité et des activités humaines. Cette analyse moderne nous a permis de mieux appréhender certain facteurs écologiques.

Cette étude a montré que l'action synergique de l'aridité et de l'action anthropique engendrait des modifications importantes au niveau de la végétation.

Cette anthropisation est un accélérateur de l'érosion de la biodiversité où cette zone a longtemps souffert des activités humaines et ses troupeaux (pâturage et surpâturage, et défrichement ...).

Or, plus un système écologique est perturbé, plus il perd son élasticité et plus sa vitesse de cicatrisation (capacité de résilience) est lente souligne **Godron (1984)**

De point de vue écologique et d'après nos résultats, la région d'étude, même si elle est sérieusement exposée au phénomène de la désertisation, présente des potentialités pastorales à ne pas négliger.

Chapitre II

Modélisation de la Désertification par la Méthode MEDALUS

Introduction

Le phénomène de désertification qui touche les zones arides et semi arides (PNUE, 1991) et du (CNUED, 1992) résulte principalement de l'interaction des facteurs du milieu, de l'activité de l'homme et des variations climatiques. Ce phénomène se manifeste par des processus qui aboutissent aux changements du couvert végétal, des éléments de la surface du sol (litière, sol nu, pellicule de glaçage, salinisation), à l'appauvrissement du sol et à sa disparition. Le stade final de ce processus de dynamique rend la productivité biologique pratiquement nulle, par conséquent une rupture des équilibres écologiques et socio- économiques (Le Houérou, 1979, 1985), (Aidoud, 1996), (Bedrani, 1999). La zone steppique du Sud-Ouest algérien et plus particulièrement celle du Sud de la willaya d'El Bayadh est le meilleur exemple de cette dégradation où la désertification progresse surtout sous l'effet du pâturage et de la surexploitation des ressources naturelles.

1.Choix du site d'étude

Les conséquences sur la population locale sont bien souvent catastrophiques. L'objectif de ce travail est une évaluation quantitative numérique de l'état de vulnérabilité à la désertification de la région d'EL Bayadh. Dans ce travail, il ne s'agit pas d'évaluer la désertification en soit mais beaucoup plus pour définir le niveau de vulnérabilité et son articulation spatiale à l'échelle du bassin versant de Brezina. Ceci exige évidemment une approche systémique intégrant des paramètres objectifs pouvant influencer sur la vulnérabilité et appliqués dans un espace discrétisé dont les unités systématiques sont géo référencées. L'évaluation numérique des paramètres de vulnérabilité sous la forme indicielle a permis en fin de compte de modéliser le niveau de vulnérabilité sur un plan spatio-temporelle en utilisant pour cela le model MEDALUS auquel il était nécessaire d'apporter des adaptations objectives pour répondre à la réalité locale de notre région.

2. Approche méthodologique

La sensibilité de la zone d'étude à la désertification a été évaluée par l'approche MEDALUS. MEDALUS est le nom d'un projet soutenu par l'Europe pour évaluer, modéliser et comprendre les phénomènes de désertification qui affectent de manière croissante la zone méditerranéenne. D'après cette méthode la sensibilité à la désertification est déterminée par l'indice ISD ((Indice de Sensibilité à la Désertification) résultant de la combinaison de quatre sous-indices: l'indice de la qualité du climat (IQC), l'indice de la qualité de sol (IQS), l'indice de la qualité de la végétation (IQV) et l'indice de la qualité de système d'aménagement des terres (IQSA) selon l'équation suivante:

$$ISD = (IQC \cdot IQS \cdot IQV \cdot IQSA)^{1/4} \quad (1)$$

Plusieurs informations relatives aux paramètres intervenant dans le phénomène de désertification sont préparées à partir de données disponibles sur la région d'étude et intégrées dans un SIG. Ces paramètres sont utilisés pour calculer les indices IQC, IQS, IQV, IQSA et ISD (Fig 54). Parmi les données utilisées dans cette application on cite: les données spatiales sous format vecteur importées du projet « carte agricole », les cartes géologiques, deux images satellitaire Landsat 8, le modèle numérique de terrain SRTM12 et autres.

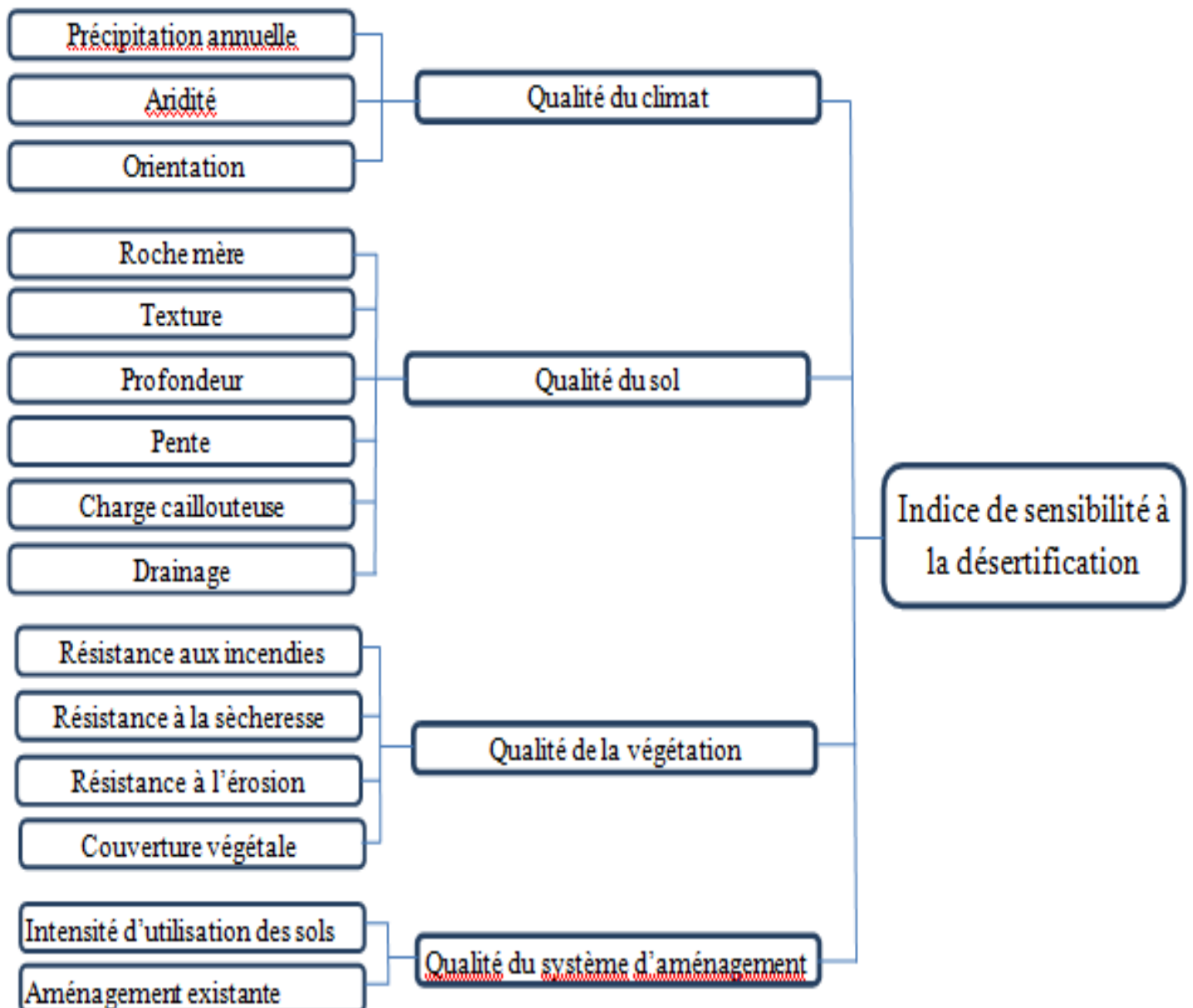


Figure 54: Les étapes suivies pour le calcul de l'indice ISD

2.1. Indice de qualité du climat IQC

Selon l'approche MEDALUS, la qualité du climat est évaluée à l'aide des paramètres qui influent sur la disponibilité de l'eau pour les plantes: la pluviométrie, la température et

l'aridité (C.Kosmas et al 1999). IQC est calculé en croisant les trois couches d'information repasant l'indice d'exposition (OR), les précipitations totales (PP) et l'indice d'aridité selon l'équation suivante:

$$IQC = (PP \cdot OR \cdot IA)^{1/3} \quad (2)$$

On note que la précipitation annuelle dans la région d'étude est inférieure à 280 mm, une valeur essentielle pour l'érosion du sol et la croissance des plantes (C.Kosmas et al, 1999). Faute des données précises, l'indice d'aridité est défini en se basant sur l'étage climatique dans la zone. Le raster orientation est calculé à partir du DEMSRTM 12 M.

2.2. Indice de qualité du sol (IQS)

Six paramètres sont utilisés pour évaluer l'impact de la qualité du sol dans le processus de désertification à l'aide de la formule:

$$IQS = (T \cdot RM \cdot FR \cdot P \cdot Pe \cdot D)^{1/6} \quad (3)$$

Ces paramètres concernent la texture du sol (T), la charge caillouteuse (FR), la nature de la roche mère (RM), la profondeur de la couverture pédologique (P), la pente (Pe) et le taux de drainage (D). Les indices attribués à ces paramètres sont illustrés dans le tableau. Les données relatives à ces paramètres sont importées à partir de la base de données de la carte agricole.

2.3. Indice de qualité de la végétation (IQV)

L'indice de qualité de la végétation est la moyenne géométrique des valeurs pondérées des différents paramètres relatifs au risque d'incendie (RI), à la résistance à la sécheresse (RS), à la protection contre l'érosion par la végétation (PE) et de la couverture végétale (CV) selon la formule suivante:

$$IQV = (RI \cdot PE \cdot RS \cdot CV)^{1/4} \quad (4)$$

La carte occupation du sol élaborée par classification supervisée de l'image satellitaire Landsat TM 8 est utilisée pour déterminer ces paramètres. Les indices attribués à ces derniers sont définis en se basant sur la nature et la densité de la couverture végétale dans la région.

2.4. Indice de qualité du système d'aménagement (IQSA)

Les paramètres utilisés pour définir la qualité du système d'aménagement des terres dans la zone d'étude concernent l'intensité d'utilisation des terres (IU) et les politiques d'aménagement

(PA) engagés pour lutter contre le phénomène de désertification. **IQSA** représente la moyenne géométrique des valeurs pondérées attribuées à ces paramètres selon la formule suivante:

$$\text{IQSA} = (\text{IU} \cdot \text{PA})^{1/2} \quad (5)$$

Le tableau illustre les indices attribués aux différentes classes définies à partir de la carte d'occupation du sol et de la carte présentant la localisation des projets CES dans la zone d'étude.

3. Résultats et discussions

3.1. La carte de qualité du sol:

Les sols de bonne qualité occupent une superficie de 393.883Km² soit un taux de 10.46% de la surface totale qui est de 3720 km² ; cette classe est occupée surtout par des reboisements de pin d'Alep et elle est moins soumise aux pressions entropiques que les autres classes ce qui explique la grande stabilité des sols.

La classe de qualité moyenne couvre une superficie de 1985.24 km² soit un taux de 52.76%.

La classe des sols à faible qualité s'étend sur une superficie de 1383.06 km² et un taux de 36.76% de la surface totale ; elle occupe pour sa majeure part le sud du bassin versant de Brezina

Tableau 29: Qualité du sol

Classe	Qualité	Indice	Superficie	Superficie(%)
1	Bonne	<1.15	393.883	10.46%
2	Moyenne	1.15 à 1.81	1985.24	52.76%
3	Faible	>1.81	1383.06	36.76%

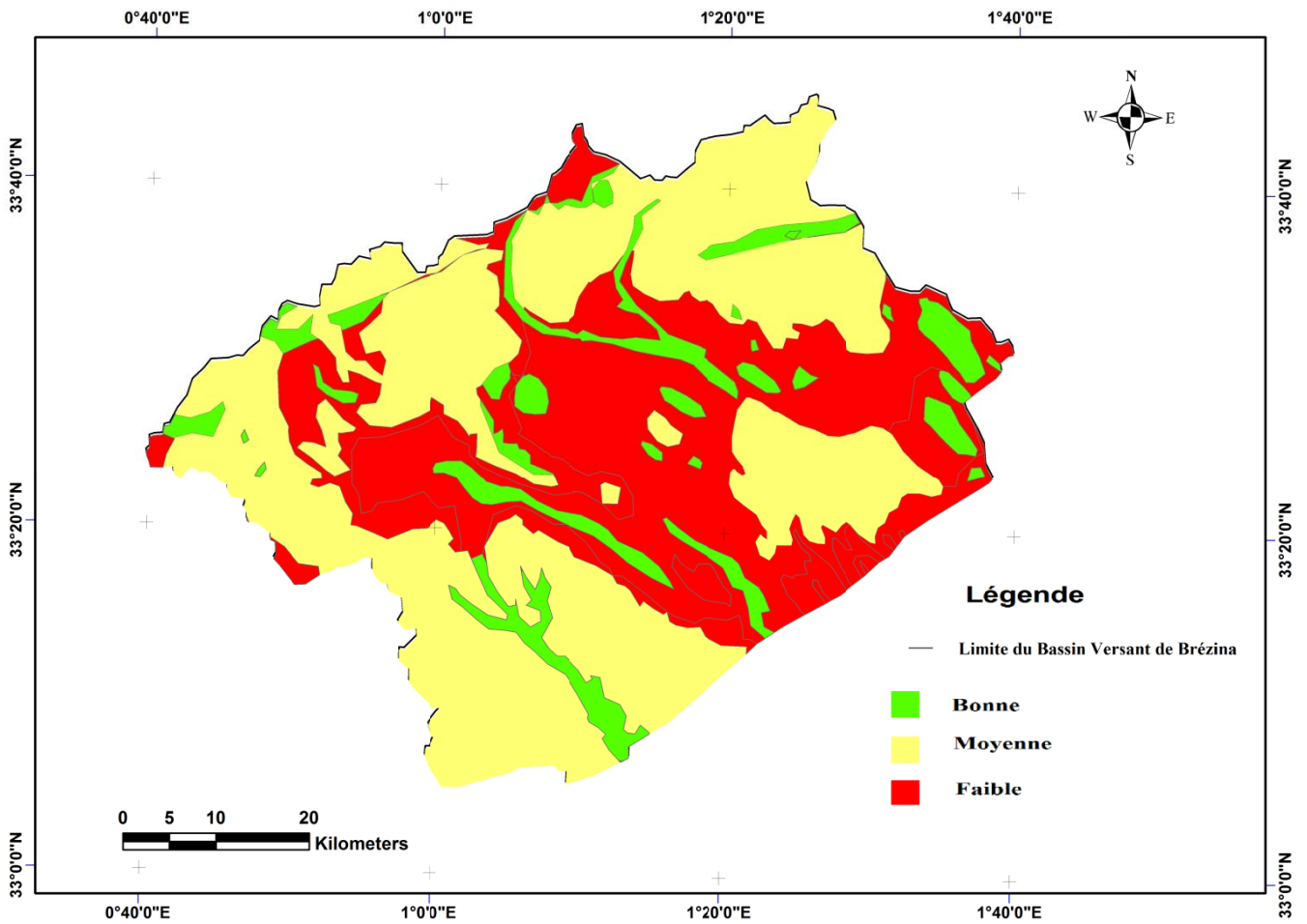


Figure 55: Carte Qualité du sol

3.2.La carte de qualité de la végétation

La végétation de bonne qualité occupe une superficie de 176,7402 km² soit un taux de 4.72% de la surface totale qui est de 3720 km² est majoritairement occupée par des reboisements de pin d'Alep.

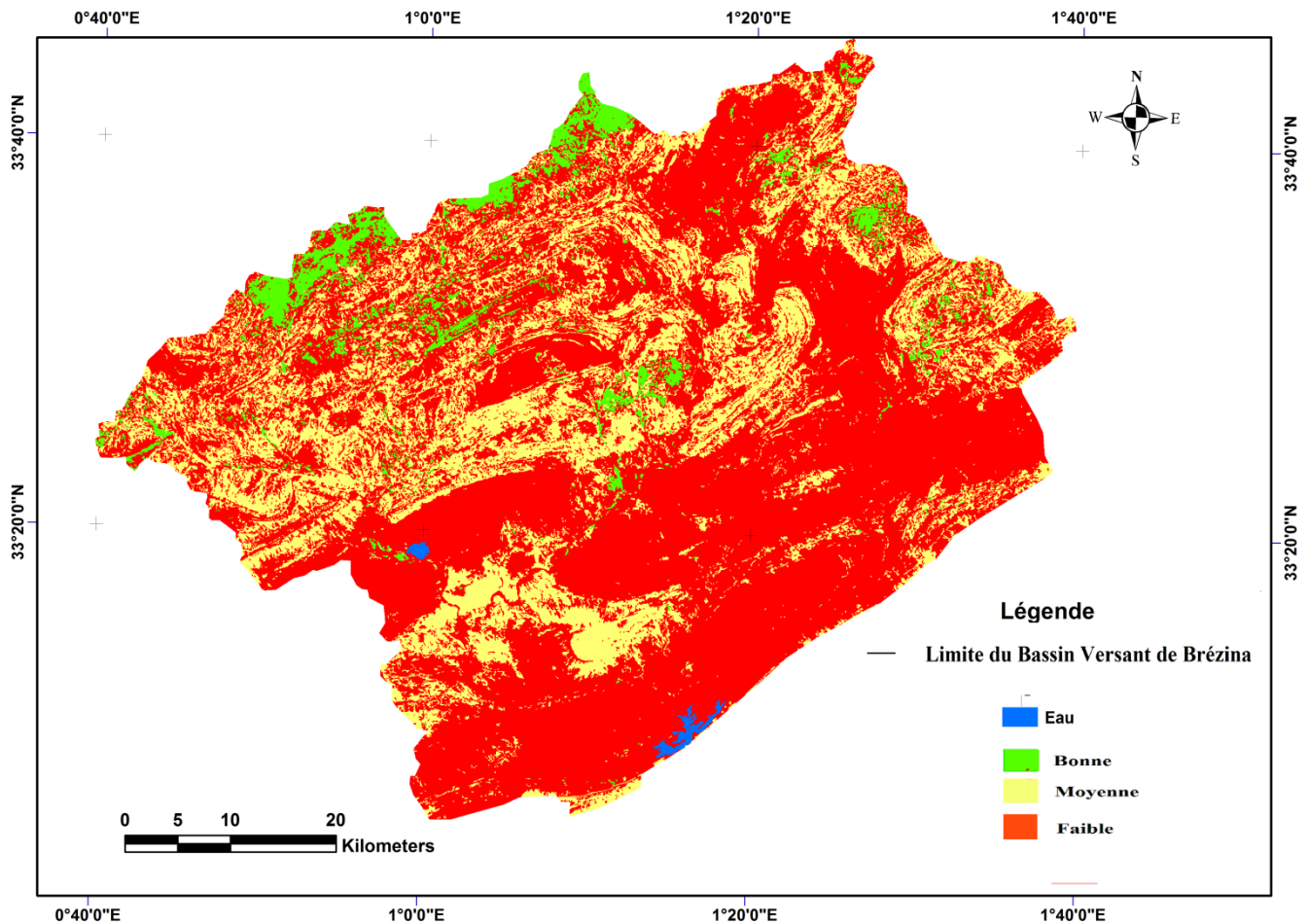
La classe à qualité moyenne couvre une superficie de 1009,774 km² soit 27.03% elle est soit la résultante de la dégradation des terrains où elle correspond à des différentes cultures.

Cependant, la classe de mauvaise qualité s'étend sur une superficie de 2552.45 km² soit un taux de 68.28% de la surface totale ; elle occupe pour sa majeure partie le sud de la région d'étude.

Cette étude montre que la nature de la végétation présente dans la zone d'étude ne permet pas de la protéger contre la désertification.

Tableau 30: Qualité de la végétation

Classe	Qualité	Indice	Superficie	Superficie
1	Bonne	<1.10	176,7402	4.72%
2	Moyenne	1.10 à 1.20	1009,774	27.03%
3	Faible	>1,20	2552.45	68.28%

**Figure 56: Carte Qualité de la végétation**

3.3. La carte de qualité du climat:

La classe du climat bonne et favorable occupe une superficie de 103.6 km² soit un taux de 2.78% de la surface totale qui est de 3720 km² cette classe est située en haute altitude où les précipitations sont abondantes.

La classe de qualité moyenne couvre une superficie de 1720 km² soit un taux de 46.23%. Elle occupe dans sa majeure partie le milieu du bassin versant. En général, la répartition des précipitations obéit en fait à un gradient altitudinal.

La classe de faible qualité s'étend sur une superficie de 1732 km² c.-à-d. un taux de 46.55% de la surface totale ; elle est la plus représentée des trois catégories du fait que la région de Brezina est située dans le aride au plan climatique.

Tableau 31: Qualité du climat

Classe	Qualité	Indice	Superficie	Superficie(%)
1	Bonne	<1.15	103.6	2.78%
2	Moyenne	1.15 à 1.81	1720	46.23%
3	Faible	>1.81	1732	46.55%

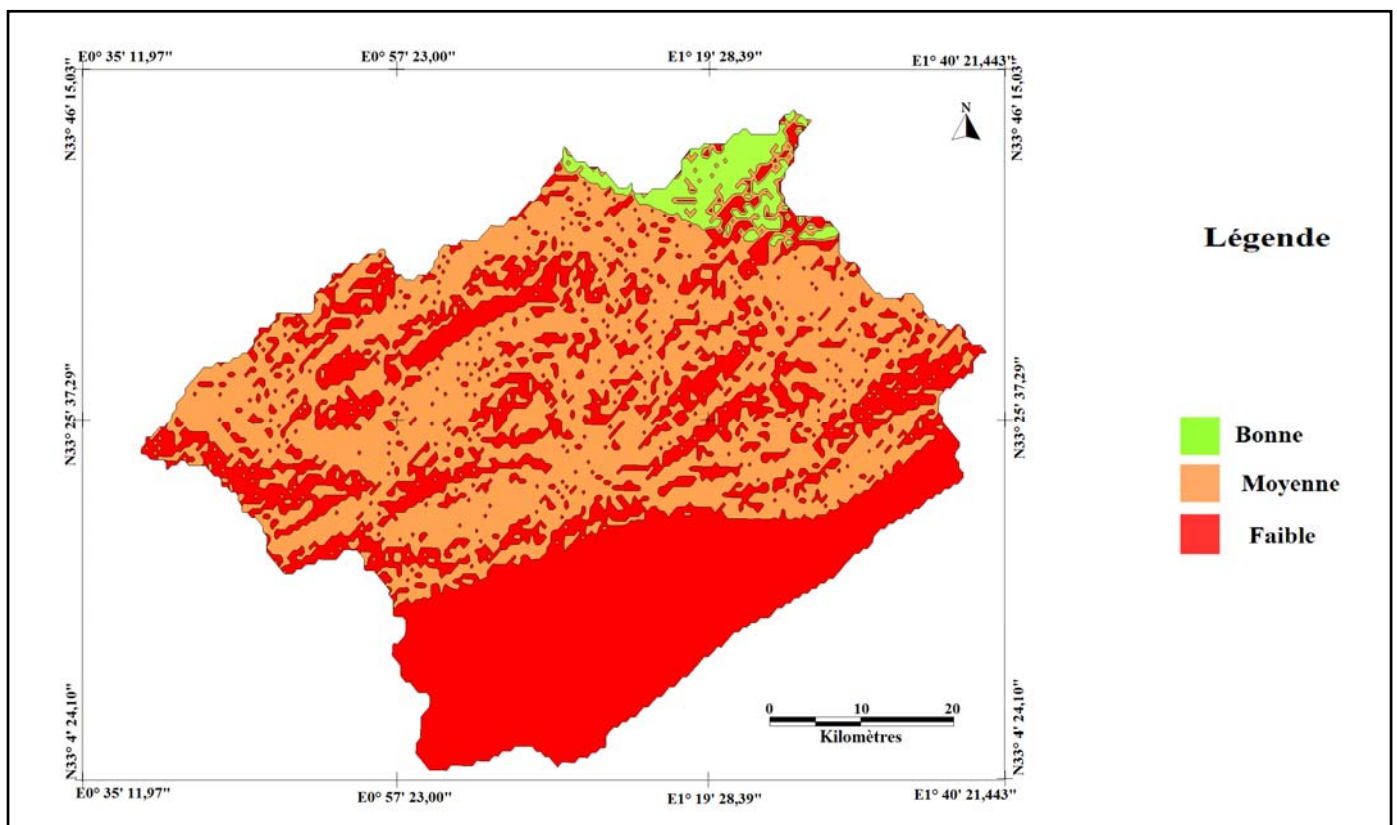


Figure 57: Carte qualité du Climat

3.4. La carte de système d'aménagement:

Sur la carte Qualité du système d'aménagement (Carte n°) on distingue trois classes bonne, moyenne et faible. Les zones dont la qualité est moyenne sont les plus dominantes avec une superficie de 2022.24 km² soit 54.07% de la surface totale. Les zones à bonne qualité du système d'aménagement présente 10.24% du territoire sur une superficie de 383.25 km². Cependant, la classe de faible qualité s'étend sur une superficie de 1335.80 km² soit un taux de 35.71% de la surface totale ;

Cette situation de système d'aménagement lié notamment à différents facteurs:

Des pâturages à différents états de dégradation et la pratique d'un élevage extensif dans toute la zone entraînant la dégradation du milieu.

- A l'absence de politiques de protection du milieu appréciable.

Tableau 32: Qualité du système d'aménagement

Classe	Qualité	Indice	Superficie	Superficie (%)
1	Bonne	<1.3	383.25	10.24%
2	Moyenne	1.3 à 1.60	2022.24	54.07%
3	Faible	>1.60	1335.80	35.71%

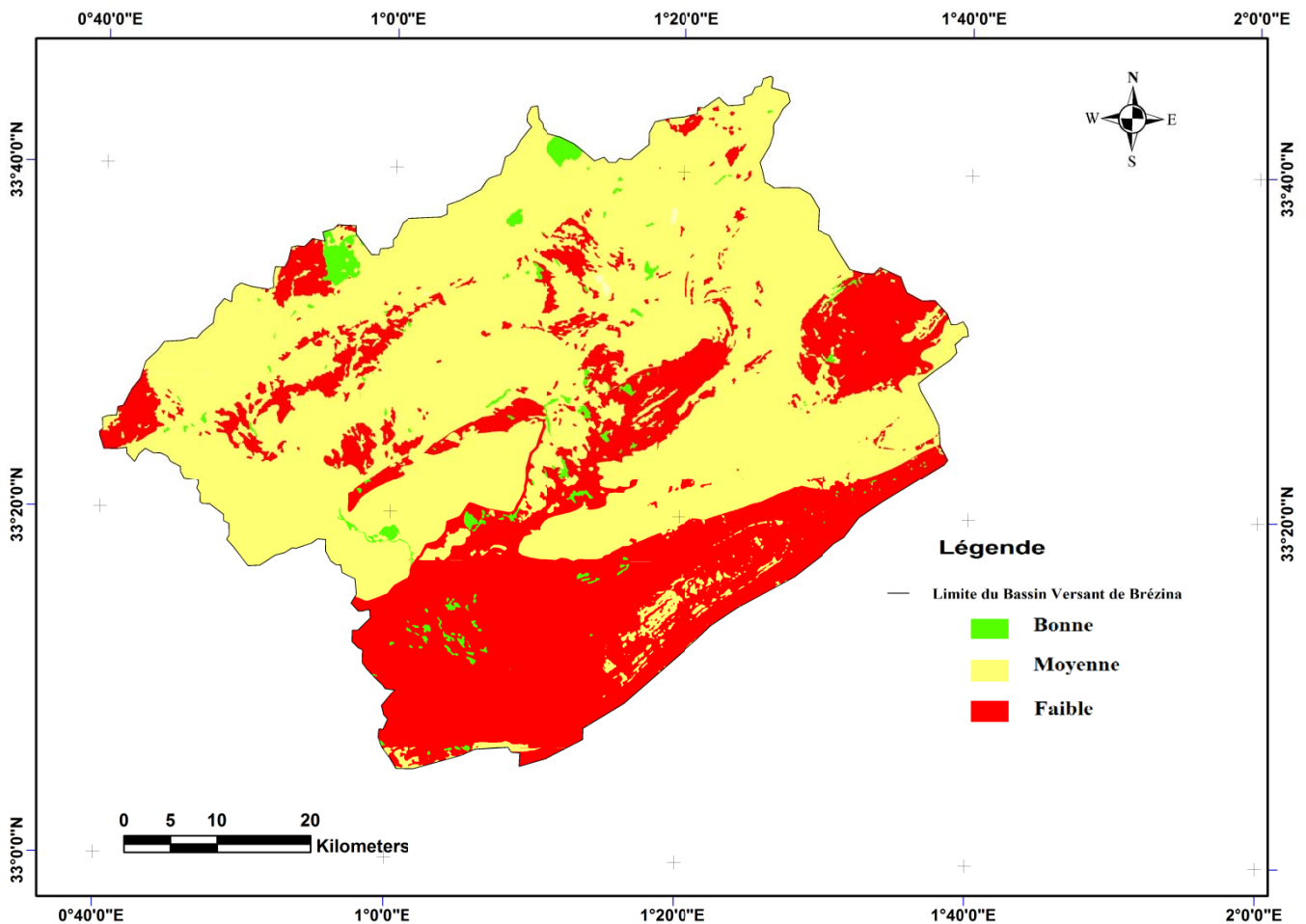


Figure 58: Carte qualité de système d'aménagement

3.5. La carte de sensibilité à la désertification

A partir de ce qui précède, il a été possible de dégager les principaux types qui caractérisent les zones de sensibilité à la désertification:

- Type peu sensible ;
- Type fragile ;
- Type critique ;

Les secteurs des terres peu sensibles à la désertification occupent une superficie de 412 km² soit 11.07 % de la surface totale qui est de 3720 Km² ces terres sont moins soumises à la désertification que le reste des classes mais ne sont pas à l'abri de la dégradation du fait qu'elles soient mal gérées, dans quelque années, elles subiront les conséquences et se transformeront en terres désertes.

La classe des terres fragile couvre une superficie de 1750 km² soit un taux de 47.04 % Cette sensibilité affecte surtout les zones de parcours et elle est due à la mauvaise qualité des sols, au climat défavorable et à l'extension des cultures et des pâturages.

Cependant, La classe critique est localisée dans le sud de bassin versant, Elle couvre une superficie de 1570 km², soit un taux de 42.20 % de la surface totale la majeure partie de ces terres est située dans la région sud du bassin versant et elles constituent une priorité pour toute action de lutte contre la désertification. Si le phénomène de dégradation est endigué à la source, le reste des terres sera naturellement protégé. Cette classe est considérée comme des terres car elle en globe toutes les mauvaises qualités des différents paramètres adaptés. Cette situation défavorable conduit ver une logique de désertification à caractère presque irréversible de cette région.

Tableau 33: Indice de sensibilité à la désertification

Classe	Type	Indices	Superficie	Superficie (%)
1	Critique	>1.38	1570	42.20%
2	Fragile	1.38 à 1.23	1750	47.04%
3	peu sensible	< 1.23	412	11.07%

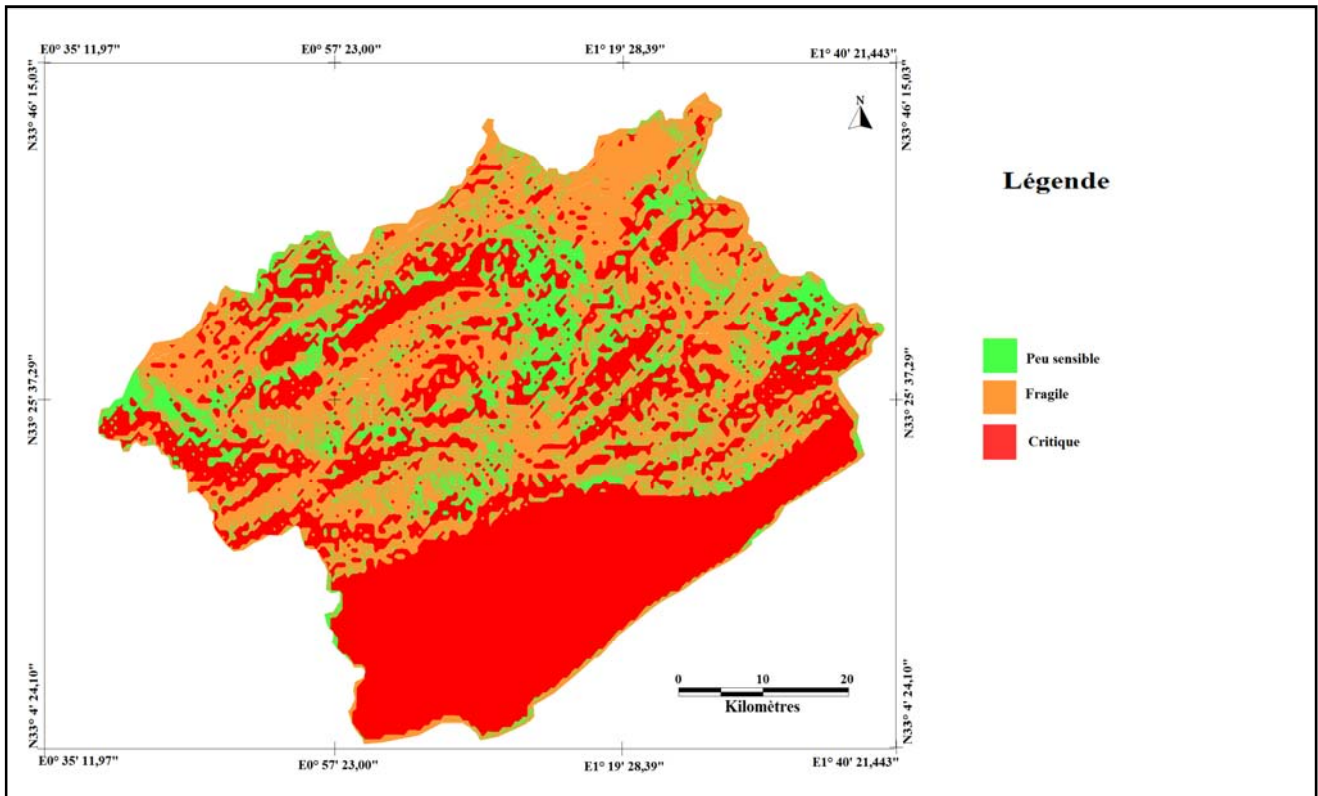


Figure 59: Répartition spatiale des classes de sensibilité à la désertification

Conclusion

Au terme de ce travail, on peut souligner que l'élaboration de la carte de vulnérabilité à la désertification de la région d'étude a permis de faire ressortir clairement les grands traits de la répartition des zones sensibles à ce phénomène de dégradation.

L'analyse des résultats obtenus montre l'importance du phénomène de désertification lequel menace pratiquement tout le bassin versant du Brezina, En effet plus de 89 % de la superficie de cette zone a été classé comme une zone fragile et critique, alors que moins de 11% seulement est classé à peu sensible à la désertification.

Au plan méthodologique, le concept MEDALUS constitue est une démarche scientifique cohérente qui répond à une approche objective des indicateurs régionaux de la désertification. La nature de ces éléments données essentiellement une vue globale de leur impact sur la sensibilité à la désertification. Certains agissent plus que d'autres mais tous ont un rôle dans ce processus.

Ainsi, l'intérêt du SIG est de collecter les données nécessaires sur une base harmonisée qui permet, d'évaluer le risque de ce processus ; il permet d'utiliser des indicateurs et d'élaborer des outils d'aide à la décision en intégrant ces paramètres.

Partie III

**Etude et Caractérisation Spatio
temporelle de la Salinité des Sols**

Chapitre I

La Salinité des Sols

Introduction

Le sol est un milieu vivant et aussi un réacteur biologique qui assure de nombreuses fonctions environnementales ainsi qu'il maintient le développement des êtres vivants (**Noomene, 2011**). Aujourd'hui, la pénurie d'eau et la concentration des sels dans les sols suite à l'irrigation par des eaux de qualité médiocre et où saumâtres sont actuellement considérées comme des menaces pour la vie humaine. Plus de 1/6 des terres dans le monde sont touchées par la dégradation dont presque 6.4% des terres, seraient touchées par des phénomènes de salinité. Selon **FAO (2002)** la superficie des terres cultivées ne représente que 10% des surfaces continentales.

Des méthodes des diagnostics fiables de l'évaluation du fonctionnement et des modifications de la qualité du sol. Cette dernière est un concept qui a été développé pour caractériser l'utilité et la santé des sols. Sa définition donne lieu à de nombreuses interprétations qui répondent toujours aux préoccupations sociales et scientifiques actuelles (**Doran et al. 1994**).

Les sols steppiques sont squelettiques, pauvres et fragiles à cause de la rareté de l'humus et de leur très faible profondeur, ils se présentent sous forme de mosaïque allant des sols anciens aux sols récents peu évolués. On distingue principalement:

- Les sols minéraux bruts (lithosols et régosols) localisés sur les sommets des djebels.
- Les sols peu évolués regroupant les sols d'origines colluviale des glacis, alluviale des lits d'oueds et des dayas et éolienne des formations sableuses fixées.
- Les sols calcimagnésiques caractérisés par des rendzines sur les versants des djebels, les sols bruns calcaires à accumulations calcaires, très répandus, et les sols à encroûtement gypseux, plus rares.
- Les sols isohumiques représentés par les glacis d'érosion et les sols halomorphes qui occupent les chotts et les sabkhas. (**Djebaili1984**).

La salinité des sols est présente dans la plupart des grands systèmes d'irrigation à travers le monde sous l'effet conjugué d'une mauvaise qualité des eaux d'irrigation, de l'aridité et d'un drainage insuffisant du sol et des aquifères. La salinisation apparaît comme la conséquence de divers processus complexes de redistribution des sels liés au fonctionnement hydrologique du milieu sous l'influence de l'irrigation et du drainage.

La superficie irriguée en Algérie est de l'ordre de 498 430 hectares dont 100.000 hectares dans les régions sahariennes et ce, pour une superficie agricole utile (SAU) d'environ 8.700.000 hectares. La superficie totale des sols cartographiés à différentes échelles est estimée à 7.864.032 ha. La superficie des sols considérée apte à l'irrigation est de 2 230 000 ha (**ANRH, 2003**).

Les techniques conventionnelles pour identifier et surveiller la salinité des terres agricoles sont basées sur la mesure des niveaux d'eau dans les forages, des mesures géophysiques, des mesures des propriétés électriques de sol et l'identification visuelle (**Van Der Lelij et Poolman, 1989**). La méthode basée sur les mesures de la conductivité électrique (CE) du sol est généralement acceptée comme la plus efficace pour la quantification de la salinité des sols (**Norman et al. 1989**). Selon **Richards (1954)**, les sols salins ont une CE de plus de 4 ds/m à 25°C et un pH de moins de 8,2. Toutefois, cette méthode est longue et coûteuse, et demande des efforts remarquables d'où la nécessité de développer des méthodes plus rentables pour une caractérisation spatiale efficace et rapide de la salinité.

Dans ce sens, de nombreux travaux de recherche antérieurs ont démontré l'intérêt grandissant pour l'utilisation des données de télédétection comme source d'information et des systèmes d'information géographique (SIG) comme outil de gestion et d'aide à la décision (**Zinck, 2000**). Le potentiel de la télédétection pour identifier la salinité du sol a été étudié en utilisant la télédétection multi spectrale. La large résolution spectrale des données de Landsat et l'utilisation des techniques traditionnelles de classification ont montré des sérieux limites pour la caractérisation de la salinité des sols (**Fraser et Joseph, 1998**).

La cartographie de cette salinité à l'échelle de toute la plaine est difficile à établir car il faut prélever et analyser un nombre important d'échantillons afin d'arriver à une bonne estimation spatiale. La télédétection satellitaire, avec la quantité d'informations qu'elle offre et son champ de vision important, semble finalement être l'outil le plus approprié pour cartographier la salinité avec un nombre d'échantillons réduit. Néanmoins, la condition préalablement requise à son utilisation opérationnelle est une corrélation forte entre les données mesurées directement sur le terrain et celles déterminées par télédétection (**Metternicht et Zink., 2003 ; Metternicht et Zink., 2008**).

Ce travail a été entrepris dans le but de suivre l'évolution spatio temporelle de la salinité des sols au niveau du périmètre irrigué par l'utilisation des données satellitaires Landsat Oli8 et ETM, estimation de la salinité à partir des mesures directes de la conductivité électrique d'un nombre de prélèvements du sol.

1 .Salinisation des sols:

1 .1. Définition:

La salinisation est l'accumulation de sels hydrosolubles dans le sol. Ces sels sont le potassium, le magnésium, le calcium, le chlorure, le sulfate, le carbonate, le bicarbonate et le sodium. L'accumulation du sodium est aussi appelée sodification. Les sels se dissolvent et se déplacent avec l'eau. Quand l'eau s'évapore, les sels restent (**S.O.C.O., 2009**).

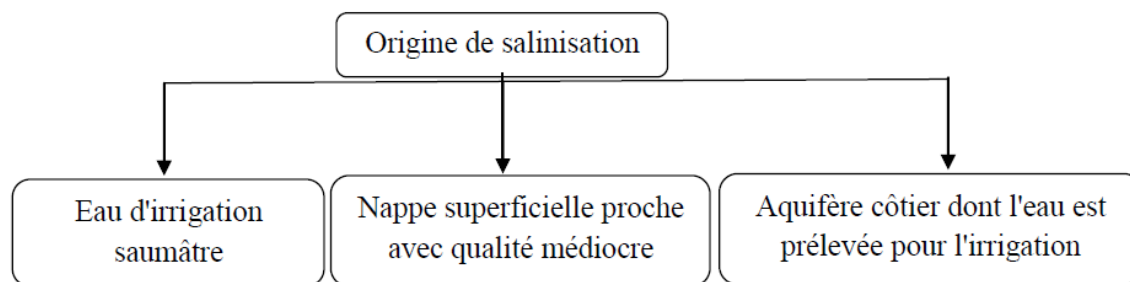
Tout d'abord, la salinisation implique une accumulation de sels par des processus naturels du fait d'une forte teneur en sels du matériau parent ou des nappes souterraines. En second lieu, la salinisation est provoquée par des interventions humaines, telles que des pratiques d'irrigation inappropriées, par exemple avec de l'eau d'irrigation riche en sels et/ou par un drainage insuffisant (S.O.C.O., 2009).

1 .2. Origine de la salinisation

Il est commode de distinguer trois hypothèses Dans un premier cas, les horizons supérieurs du sol sont salés avant toute intervention humaine. Il est hors de sujet de traiter ici la genèse de cette salinité qui peut avoir diverses causes, marines ou continentales. Un second cas provient de l'emploi de l'eau sur des sols initialement sains. Il est aisé de comprendre que si le sol reçoit, par irrigation et par pluie, la quantité d'eau correspondant exactement à la consommation des végétaux et à l'évaporation du sol, les sels que la végétation n'absorbent pas s'accumuleront, car l'eau d'irrigation, qu'elle soit de surface ou de profondeur, est toujours minéralisée, ne serait-ce que très faiblement. Il n'est besoin que d'observer ce qui se passe dans la plupart des cas avec une plante en pot, gardée en appartement: après un certain temps, des efflorescences blanchâtres qui se forment, mais elles disparaissent, si on apporte un excès d'eau et qu'on le laisse ensuite s'écouler librement.

La salinisation par irrigation n'apparaît pas en zone humide car les eaux déployées ne sont pas riches en sels, sauf cas exceptionnel et, qu'en outre, les pluies sont assez abondantes pour lessiver les sols. Il n'en est pas de même en zone aride ou semi-aride, car la concentration en sels des eaux utilisées est souvent non négligeable du fait d'une faible pluviométrie, conjuguée à une forte évaporation, et les pluies ne provoquent pas un lessivage suffisant (Forgas, 1972). Les sols salés sont naturellement présents sous tous les climats et sur les continents Szabolcs (in Mennasser As, 2009). Ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eau marine). Les processus de formation des sols salés sont associés à la redistribution des sels dans les pédopaysages par divers agents, l'eau mobilisant les sels à l'état dissous, le vent à l'état dissous ou cristallisé...etc.

L'accumulation des cristaux de sels est favorisée sous les climats où les processus évaporatoires dominants Bresler et al et Chhabra (in Mennasser As, 2009). Par ailleurs, le développement mondial de la culture irriguée entraîne souvent une extension secondaire des terres salées, liée à la dégradation chimique et physique des sols et à la mauvaise conduite de l'irrigation Ghassemi et al et Cheverry et Bourrié (in Mennassera S, 2009).



1.3. Salinité dans le monde

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand problème pour l'agriculture. La surface affectée par la salinité dans le monde est évaluée à 954,8 millions d'hectare, soit 23 % des terres cultivées (FAO, 2008). Le tableau suivant présente la superficie affectée par la salinité dans le monde:

Tableau 34: Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)

Région	Superficie (millions d'hectares)
Afrique	80,5
Europe	50,8
Amérique du Nord	15,7
Amérique du Sud	129,2
Australie	357,3
Mexique et Amérique centre	2
Asie du Sud Est	20
Asie du centre et du Nord	211,7
Asie du sud	87,6
Total	954,8

1.4. Salinité en Algérie

En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affecté par la salinité ou susceptibles de l'être (Durand, 1983). Ils sont répartis dans les basses plaines d'Oranie, dans la vallée de Mina près de Relizane, sur les hautes plaines au Sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains Chotts comme Chott Melghir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au Sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et d'autres (Durand, 1983).

D'après Halitim (1988), dans les régions arides, les sols salés représentent environ 25% de la surface cartographiée. Soit 3,2 millions d'hectares (Hamdy, 1995). Les sols situés au Sud sont nettement plus sodiques que ceux du Nord (Djili et Daoud, 1999).

1.5. Causes de la salinité des sols

Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline et les pratiques culturales sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante. La salinisation secondaire, en particulier, aggrave le problème où une fois que les superficies agricoles productives deviennent impropres à la culture due à la qualité inférieure de l'eau d'irrigation (**Ashraf et Foolad, 2007**). La salinité excessive affecte la rhizosphère et limite la répartition des plantes dans leur habitat naturel. Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures (**Denden et al. 2005**). L'eau saline occupe 71% de la surface de la terre. Environ la moitié des systèmes d'irrigation existant du monde sont sous l'influence de la salinisation. De tels sols défavorables, de faible fertilité sont généralement peu convenables pour la production agricole, entraînant la réduction inacceptable de rendements. En raison du besoin accru de distribution de la production alimentaire et de l'augmentation des sols affectés par la salinité.

1.6. Facteurs intervenant dans le processus de salinisation

La salinisation est le processus par le lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol et elle a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres. Les causes techniques les plus importantes à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres irrigués, particulièrement dans les zones arides et semi-arides. Il est estimé, à partir de diverses données disponibles que: Le monde perd au moins 3 ha de terres arables chaque minute à cause de la salinité du sol. (**Iptrid, 2006**) D'après **Cherbuy (1991)**, la salinisation d'un milieu implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire.

1.7. Types de salinisation

1.7.1. Salinisation primaire ou naturelle

➤ Salinisation géologique

Les sels solubles peuvent provenir:

- Soit de l'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques et magnésiques. En régions arides et semi-arides, ces sols se concentrent sur place, dans les dépressions fermées.
- Soit de dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc. Les évaporites se localisent essentiellement dans les bassins élémentaires (Trias, tertiaire et quaternaire).
- Soit de l'altération des roches volcaniques (**Servant, 1975**). Dans les régions côtières, intrusion d'eau salée ou submersion des terres basses, inondations périodiques par de l'eau de mauvaise qualité.

Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (**Mermoud, 2006**).

➤ Salinisation marine et lagunaire

L'origine des sels peut se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents qui peuvent être eux-mêmes des roches mères des sols et fournir leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes superficielles plus ou moins profondes, sous les sols des vallées et basses plaines ou les déposent à leur surface (**Gaucher et Burdin, 1974**).

➤ Salinisation secondaire

Dans ce cas, le sol avait déjà formé et avait acquis une personnalité pédologique. Par exemple, si une partie d'une plaine littorale est envahie par la mer, bien que le contact soit direct, la salinisation reste secondaire. Il en est de même d'un sol alluvial qui se sale sous l'effet de la remontée d'une nappe chlorurée. Cette distinction tend à faire préciser à quel moment de son histoire, un sol a acquis le caractère halomorphie SANDA (**Abbani B, et Abde-Lali Y, 2005**).

Induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées (**Mermoud, 2006**). C'est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles causé par l'approvisionnement en eau pour l'irrigation et qui aboutit à la formation d'un sol salin. L'irrigation altère le bilan hydrique du sol, en générant un apport d'eau supplémentaire.

Cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut

sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable. Les échanges de cations entre le sol et l'eau d'irrigation sont le début de la salinisation du sol.

La salinisation peut être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation réalisée avec de l'eau saline (Iptrib, 2006).

1.8. Répartition et importance géographique des sols salés dans le monde:

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand problème pour l'agriculture. De l'ensemble des sols cultivés du monde, 23 % sont affectés par des problèmes de salinité (Keren, 2000). En fait, les sols salins couvrent 397 millions d'hectares et les sols sodiques 434 millions d'hectares (FAO, 2005). Leur distribution géographique se superpose presque entièrement à celle des zones arides et semi arides et des zones côtières (Durand, 1983).

1.9 Répartition et importance géographique en Algérie:

En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affectés par la salinité ou susceptibles de l'être (Durand, 1983). Ils sont répandus dans les basses plaines de l'Oranie, dans la vallée de Relizane, sur les hautes plaines Sud de Sétif et de Constantine et aux bords des chotts.

Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Ouargla et au-delà (Durand, 1983). D'après Halitim (1988), dans les régions arides, les sols salés représentent environ 25% de la surface cartographiée. Soit 3,2 millions d'hectares (Hamdi, 1999). Les sols situés au Sud sont nettement plus sodiques que ceux du Nord (Daoud, 1999).

2. Techniques de diagnostic des sols salés et alcalins:

L'étude d'un sol sur le plan de la salinité se base sur un ensemble de facteurs:

2.1 .Conductivité électrique:

La salinité est mesurée par la CE de l'extrait de pâte saturée ou l'extrait diluée du sol. Elle est exprimée en dS/m à 25C°.

Tableau 35: Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (Aubert, 1978)

CE (ds/m) à 25°C	Degré de salinité
CE < 0.6	Sol non salé
0.6 < CE < 02	Sol peu salé
02 < CE < 2.4	Sol salé
2.4 < CE < 06	Sol très salé
CE > 06	Sol extrêmement salé

2.2. pH du sol:

La notion de pH du sol permet de façon commandée et précise de désigner la réaction du sol. Les sols salés ont un pH supérieur à 7. Il augmente en corrélation avec le rapport Na⁺/CEC.

Tableau 36: pH des sols selon l'extrait 1/5 le pH l'extrait (Soltner, 1989):

pH	Classes
5 à 5.5	Très acide
5.4 à 5.9	Acide
6 à 6.5	Légèrement acide
6.6 à 7.2	Neutre
7.3 à 8	Alcaline
>8	Très alcaline

2.3. ESP (Taux de sodium échangeable):

Ce terme permet de caractériser le stade d'alcalinisation d'un complexe d'échange, l'ESP est fonction de la CEC exprimée en (meq/l). Il est calculé par la formule suivante:

$$ESP = Na^+ / \text{Quantité totale des cations absorbées}$$

2.4. SAR (Sodium absorption ration):

Il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol. Il est caractérisé par:

$$SAR = Na^+ / \sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2} ; (Na^+, Mg^{++}, Ca^{++}) \text{ (en méq/l)}$$

Tableau 37: SAR Selon Sevant et al. 1966 (in Benzhi 1994)

SAR	Degré d'alcalinisation
≤4	Basse d'alcalinisation
4 < SAR ≤ 8	Faible d'alcalinisation
8 < SAR ≤ 12	Alcalinisation moyenne
12 < SAR ≤ 18	Alcalinisation fort
> 18	Alcalinisation intéressée

3. Classification des sols salés

Pour la classification des sols salés, les auteurs utilisent des paramètres de salinité et de sodicité pour obtenir des classes de sols salés basées sur la concentration en sels (CE) et le

(ESP). Les sols ont été classifiés comme salin, sodique ou salin-sodique. Les sols salins sont généralement définis en tant que sols ayant une CE de 4 dS/m ou plus. Les sols sodiques sont définis en tant que sols qui ont un (ESP) supérieur à 15 (**Cramer, 2002**).

4. Effets de l'excès de sels sur le sol et sur les plantes

4.1. Effet de la salinité sur le sol

L'excès de sel dans un sol modifie les propriétés physiques et chimiques. Cette altération des conditions édaphiques constitue un stress indirect pour la croissance des plantes (**Haouala et al. 2007**).

4.2. Effet de la salinité sur les plantes

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité des plantes **Allakhverdiev et al. 2000** (in **Parida et DAS, 2005**).

4.3. Effets de la salinité sur les propriétés physiques et chimiques du sol

L'excès de sels dans un sol modifie les propriétés physiques et chimiques. Cette altération des conditions édaphiques constitue un stress indirect pour la croissance des plantes (**Gregory, 2005**).

4.3.1. Effets sur les propriétés physiques

C'est par leurs cations que les sels solubles affectent les propriétés du sol. Il s'agit essentiellement de l'ion sodium. L'action défavorable de cet ion à l'état échangeable se traduit par la dispersion des colloïdes du sol et par conséquence:

- Structure dégradée ;
- Réduction de la perméabilité ;
- Mauvaise stabilité structurale ;
- Faible disponibilité de l'eau à la plante (**Halitim, 1973 ; Duchauffour, 1976**).

4.3.2. Effets sur les propriétés chimiques

L'excès de sels présente un effet sur les propriétés chimiques, notamment sur le pH et l'ESP (**Oustani, 2006**).

- **pH:** la réaction du sol est influencée par la nature des sels. Alors que certains sels sont acidifiants (CaSO_4 , KCl , MgSO_4), d'autres sont alcalinisant (NaHCO_3 , CaCO_3 , NaCO_3).
- **ESP:** le taux de sodium échangeable a une grande importance dans les sols alcalins, vu que ces derniers retiennent de faible concentration en sels solubles et la grande quantité de

sodium se trouve sous la forme échangeable. Tandis que dans le cas des sols salés, la grande partie du sodium se trouve dans la solution du sol.

5. Mise en valeur des sols salés:

La restauration des sols salins et leur mise en valeur nécessitent des investissements très importants qu'il faille l'évaluer afin de justifier sur le plan de rentabilité des investissements nécessaires pour les différentes phases (**Oustani, 2006**).

Une bonne utilisation agricole des sols salée nécessite:

- L'élimination des excès de sels (lixiviation) et la suppression de la source de sodium (drainage de la nappe salée). Ces pratiques seront d'autant plus aisées que le sol est perméable et que l'eau (pluie, irrigation) est abondante et de bonne qualité.
- L'utilisation des plantes résistantes à la salinité.
- La reconstitution de la fertilité par des amendements organiques et minéraux.

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique de la zone d'étude:

Le périmètre de Dayet- Zeraguet est situé à 1050m d'altitude dans la commune d'Ain Skhouna, daïra d'El Hassasna, au Sud-est de la wilaya de Saïda sur le bord 68,74 km Nord – Ouest d'Alger. Administrativement, il est localisé dans la wilaya de Saida, Daïra de Hassasna. De commune Ain Skhouna, Celle s'étend sur une superficie de 2850 Km² (OPI 2014)

Le périmètre de Dayet- Zeraguet s'inscrit entre les coordonnées suivantes:

X1: E.0° 40' 9,61806''

Y1: N34° 35' 4189''

X2: E.0° 46' 42,2476''

Y2: N34° 39' 30,5139''

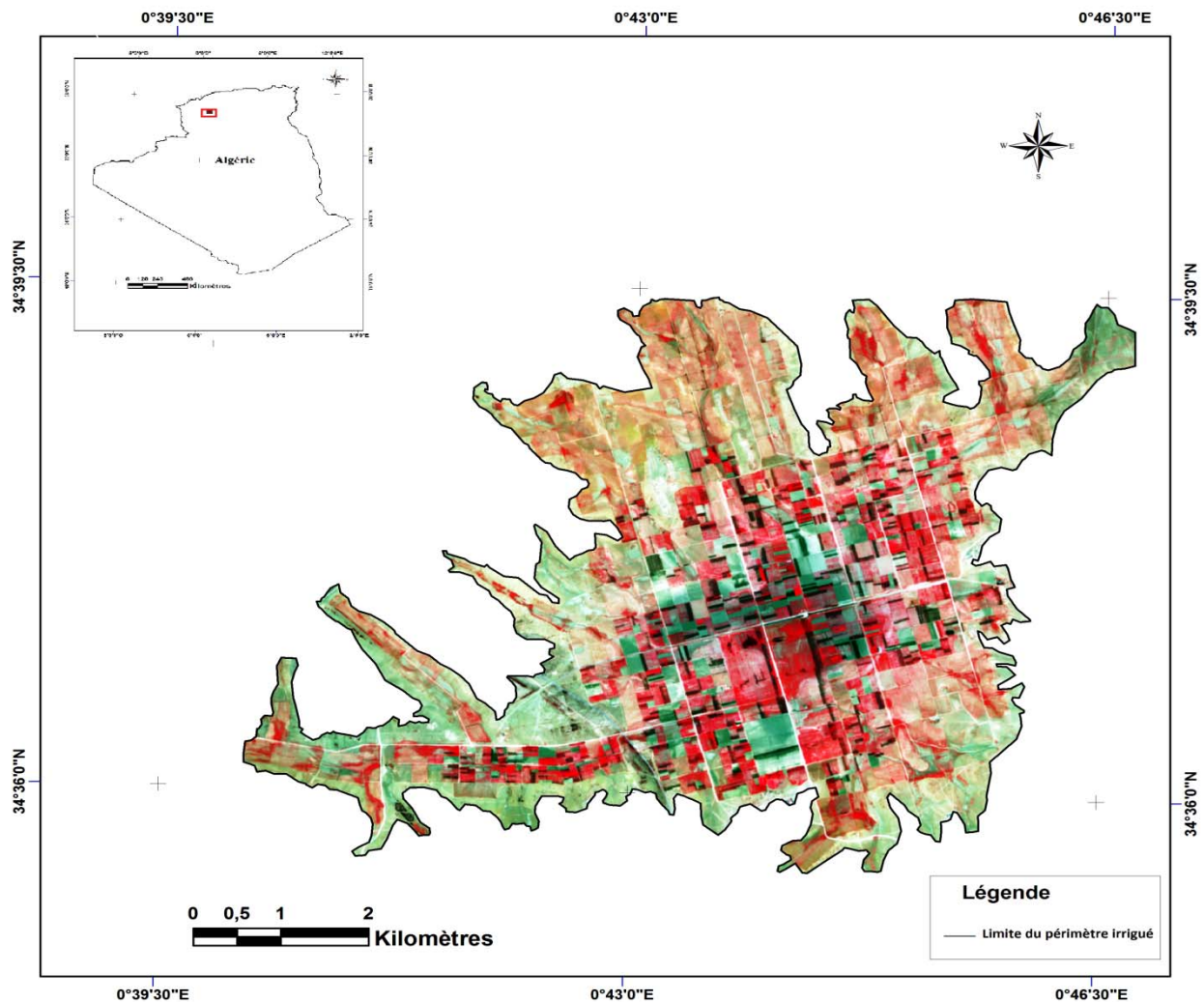


Figure 61: Carte de localisation le périmètre de dayet-Zeraguet

1.1. Historique du périmètre:

Après l'indépendance et à partir de ces données concrètes fut conçu le projet d'irrigation de périmètres situés près du chott.

-le périmètre de la dayet Zeraguet (17km d'Ain Skhouna) dans la wilaya de Saida avec 2.850ha

En 1972 /1973, Seul l'aménagement du périmètre de la dayet Zeraguet pour la Wilaya de Saida fut retenu dans le cadre du programme spécial de cette dernière.

Des études sur ce périmètre furent lances par les services de l'hydraulique par l'intermédiaire d'un projet autonome rattaché directement à l'administration centrale du secrétariat d' tat à l'hydraulique.

En 1974. Les travaux de réalisations confiés à un groupement d'entreprises françaises sont entamés.

En 1982. Et avant l'achèvement total des travaux d'assainissement et d'essais de conduites, il fut crée un office d'aménagement et de mise en valeur des terres du périmètre de dayet Zeraguet opération qui devait s'entendre sur cinq années.

En 1985 il ya eut l'avènement de l'APFA (l'accession à la propriété foncière Agricole) et en passa directement à l'exploitation du périmètre pas les attributaires installés (O.P.I)

1.2. Caractéristiques physiques de la zone d'étude:

1.2.1. Caractères géologiques:

Trois formations géologiques sont représentées au niveau du chott chergui.

a. Le tertiaire continental: Constitue par des dépôts d'argiles rouges fréquemment gypseux et présentant souvent des niveaux détritiques grossiers et des bancs de calcaires, cette formation a une épaisseur variant de 5-10 m à plus 100 m.

b. Le crétacé supérieur et sénonien: Il se trouve dans la région recouverte par le tertiaire continental. Ce sont des calcaires très fissures avec au sommet des dépôts détritiques calcaires.

c. Le bajo-bathonien: Qui constitue le substratum marin de la région, constituée principalement par des calcaires, calcaires dolomitismes et dolomies avec des intercalations marneuses.

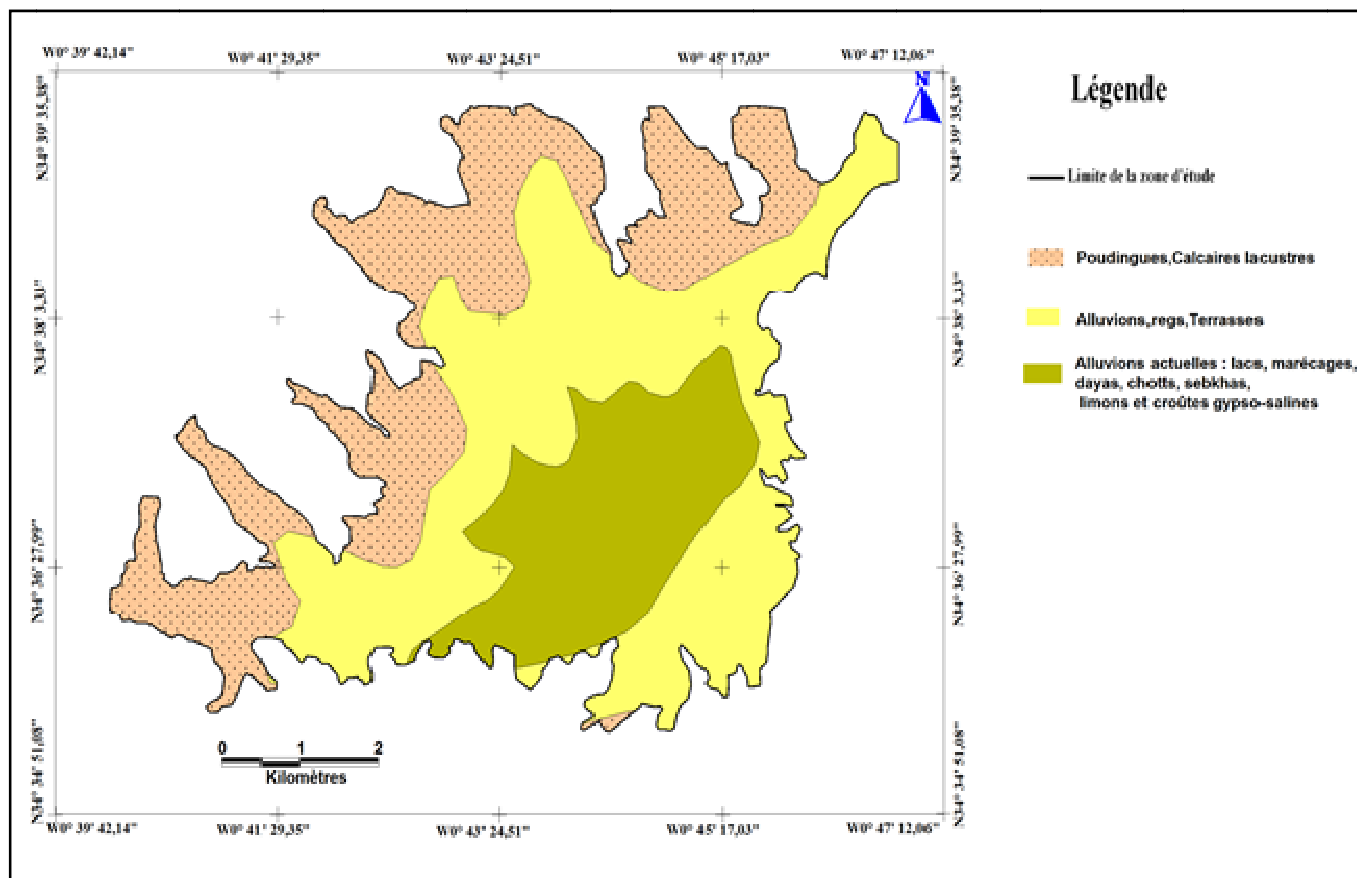


Figure 62: Les formations géologiques du périmètre de Dayet Zeraguet

1.2. Caractères topographique:

1.2.1. Pente:

Le périmètre de Dayet- Zeraguet est représenté par différentes classes des pentes illustrant la topographie générale, il y a en tout deux classes de pentes identifié et classé dans la (fig 63)

Tableau 38: La répartition des classes des pentes dans la zone d'étude

Classe des pentes(%)	Surface (ha)	Pourcentage (%)
0 – 1	2196,064	57,43
1 – 3	1047,116	27,39
3 – 6	467,668	12,23
>6	112,757	2,95

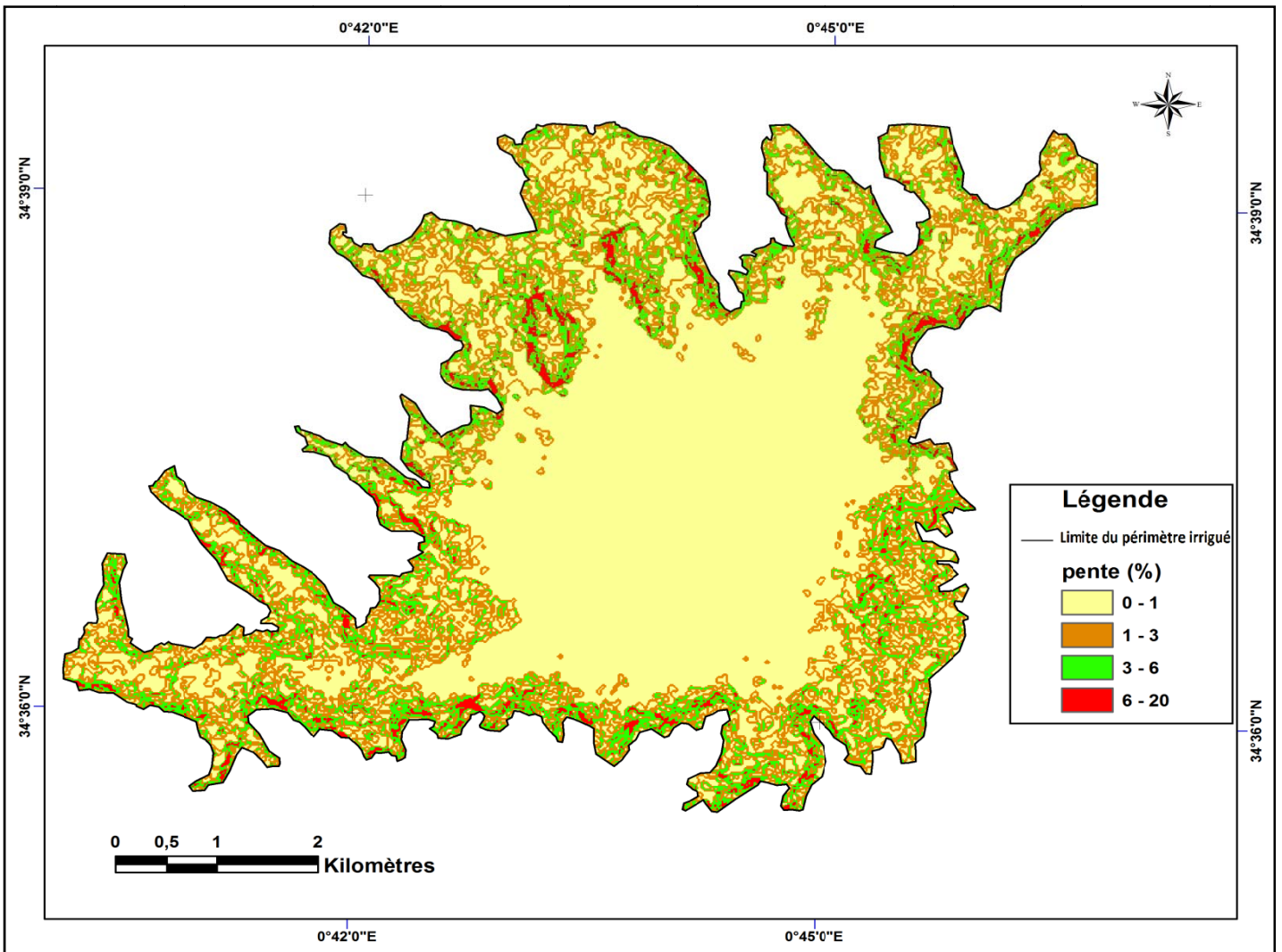


Figure 63: Carte des pentes de la zone d'étude à partir du MNT 12m de résolution

1.2.2. Exposition:

L'exposition d'un sol en pente modifie fortement le microclimat, et par suite l'humidité et le risque de gel, ainsi que l'ensoleillement, ainsi secondairement que la flore et les rendements agricoles ou sylvicoles. C'est un facteur qui intéresse également à l'écologie du paysage.

Dans le cas de Le périmètre de Dayet- Zeraguet les quatre expositions (Nord, Sud, Est, Ouest) sont réparties sur tout le territoire.

Un versant exposé au Nord bénéficie de conditions climatiques et édaphiques plus agréables en raison des masses d'air venant de la mer accompagnée d'humidité qui servent à favoriser la faible évaporation, en revanche le versant exposé au Sud ou au Sud-est peut favoriser une productivité accrue, mais peut aussi être plus vulnérable aux sécheresses grâce à la quantité importante d'ensoleillement avec un sol relativement dégradé ou dominant les dolomies des calcaires.

Les facteurs (ensoleillement, humidité) sont des paramètres responsables et déterminants concernant le type de végétation de la zone d'étude.

Tableau 39: La répartition des classes des expositions dans la zone d'étude

Classe	Surface (ha)	Pourcentage (%)
Plat	1985,14	51,90
Nord	224,92	5,88
Nord-Est	237,67	6,21
Est	197,67	5,16
Sud-Est	219,38	5,73
Sud	201,14	5,25
Sud-Ouest	253,33	6,62
Ouest	236,48	6,18
Nord-Ouest	268,60	7,02

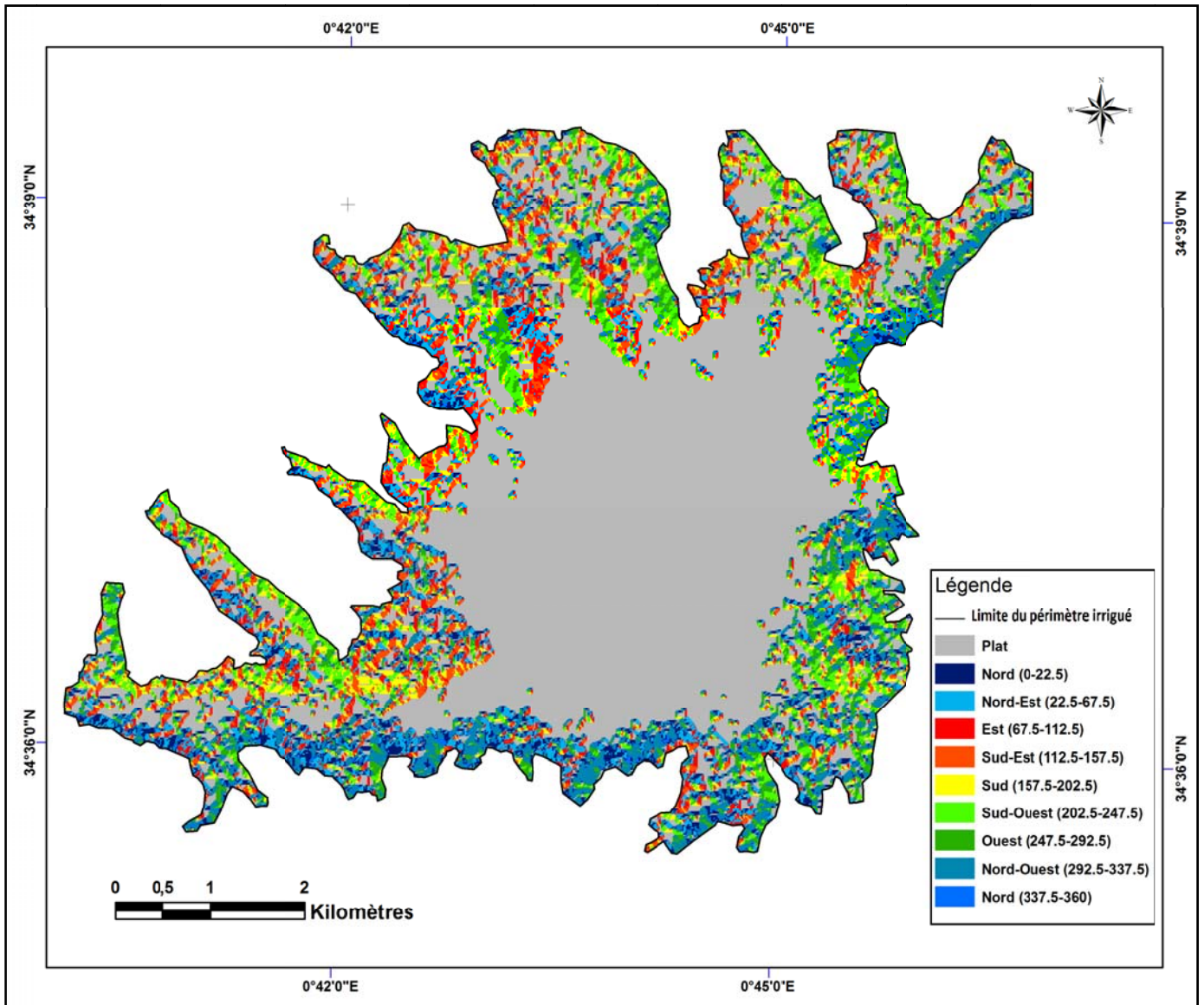


Figure 64: Carte d'exposition de la zone d'étude à partir du MNT 12m de résolution

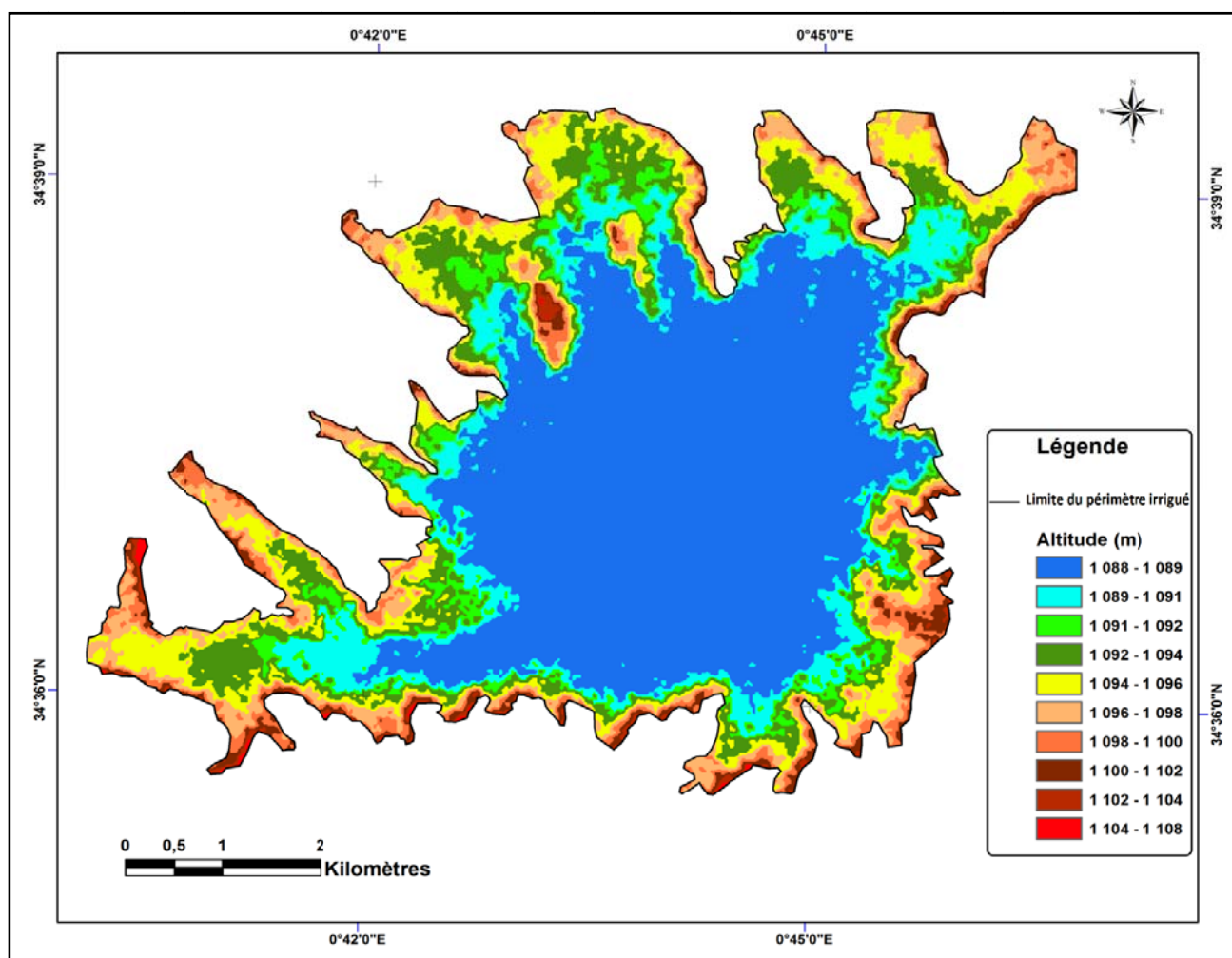
1.2.3. L'altitude:

Avec l'altitude on peut caractériser une station car elle fait la synthèse de plusieurs phénomènes tels que la température, la pluviométrie ou l'ensoleillement. Quand on parle des effets de l'altitude, il faut prendre aussi en considération les effets de versant et certaines situations de confinement qui ont un effet vis-à-vis du vent, du brouillard, mais peuvent aussi se comporter comme des « trous à gelées ».

Quand l'altitude augmente, les précipitations deviennent plus importantes mais les températures diminuent (d'environ 0,6°C/100 m). C'est pourquoi elle constitue un facteur limitant pour le développement d'une essence.

Tableau 40: La répartition des classes des altitudes dans la zone d'étude

Classe d'altitude (m)	Surface (ha)	Pourcentage (%)
1 088 - 1 089	1728,08	45,19
1 089 - 1 091	388,40	10,15
1 091 - 1 092	211,55	5,53
1 092 - 1 094	412,25	10,78
1 094 - 1 096	411,48	10,76
1 096 - 1 098	332,25	8,68
1 098 - 1 100	209,23	5,47
1 100 - 1 102	94,624	2,47
1 102 - 1 104	29,06	0,76
1 104 - 1 108	6,45	0,16

**Figure 65: La carte hypsométrique de la zone d'étude à partir du MNT 12m de résolution**

1.2.4. Le réseau hydrique:

L'indécision de réseau hydrographie de la zone humide est vraiment remarquable, de nombreux travaux ont été entrepris pour endiguer ces folles depuis le début de la colonisation.

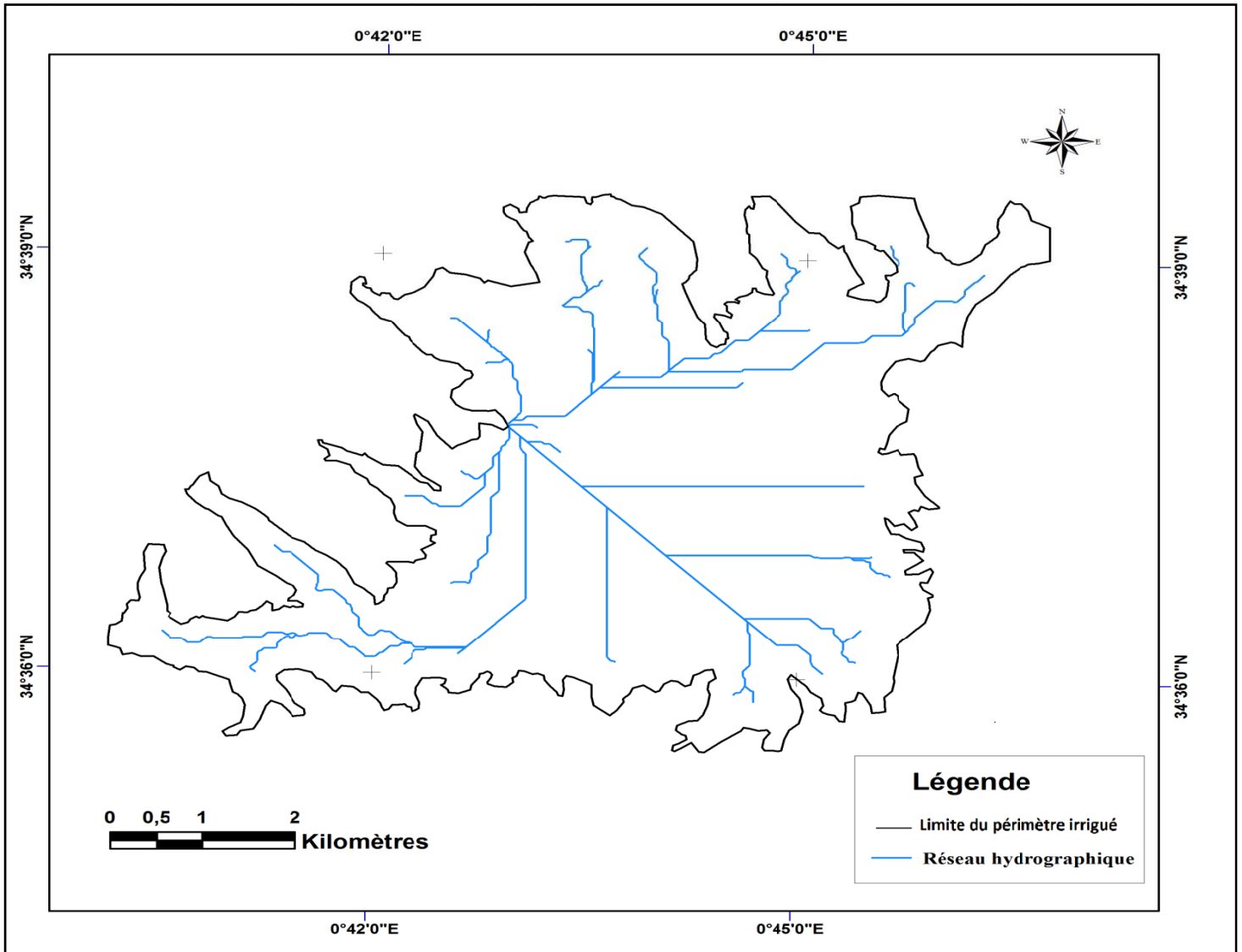


Figure 66: Carte de réseau hydrographique de la zone d'étude

1.2.5. Cadre climatique

Le climat joue un rôle prépondérant dans le développement, la répartition et l'individualisation des êtres vivants (**Ramade, 1984**). De nombreux travaux ont traité du climat et du bioclimat. Ces travaux réalisés sur l'Algérie s'accordent à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat méditerranéen (**Seltzer, 1946 ; benabadji et Bouazza, 2000**).

L'objectif de cette synthèse climatique est de caractériser les conditions climatiques et bioclimatiques dans lesquelles la végétation de la région d'étude évolue. La mesure et l'évaluation des principaux paramètres physiques du climat nécessitent un nombre satisfaisant de

postes météorologiques, bien répartis dans la zone à étudier et des observations annuelles et continues sur de longues périodes. Malheureusement, il n'y a qu'une seule station opérationnelle d'une façon continue sur le territoire de la wilaya, on était contraint de prendre la station principale de Saïda comme station de référence, ainsi que les données de précipitations moyennes et de températures moyennes d'une station secondaire, celle d'Ain Skhouna (tab.41).

Tableau 41: Situations des stations météorologiques (ONM)

Station	Latitude	Longitude	Altitude	Période d'observations
Ain Skhouna	34° 30' N	00° 50' E	1005 m	1983-2013

1.2.5.1 Les précipitations

L'intensité des pluies et leur fréquence jouent un rôle déterminant sur la migration des différents ions et par conséquent sur la nutrition minérale des végétaux.

La connaissance des régimes pluviaux présente un intérêt biologique certain, car la végétation se trouve directement influencée par la répartition des pluies durant l'année. En effet un maximum pluviométrique en période de végétation n'a pas la même signification biologique qu'un maximum en période d'arrêt de végétation (hors végétation).

➤ **Précipitation moyenne mensuelle:**

On appelle précipitation mensuelle la somme des pluies tombées à une station en l'espace d'un mois, la station d'Ain Skhouna est caractérisée par la saison des pluies s'étale entre septembre et mai, les mois les plus arrosés sont ceux d'octobre (24.3 mm) et mars (21.8 mm). Les quantités de précipitations les plus faibles sont enregistrées en été où sévit la sécheresse estivale caractéristique essentielle du climat méditerranéen.

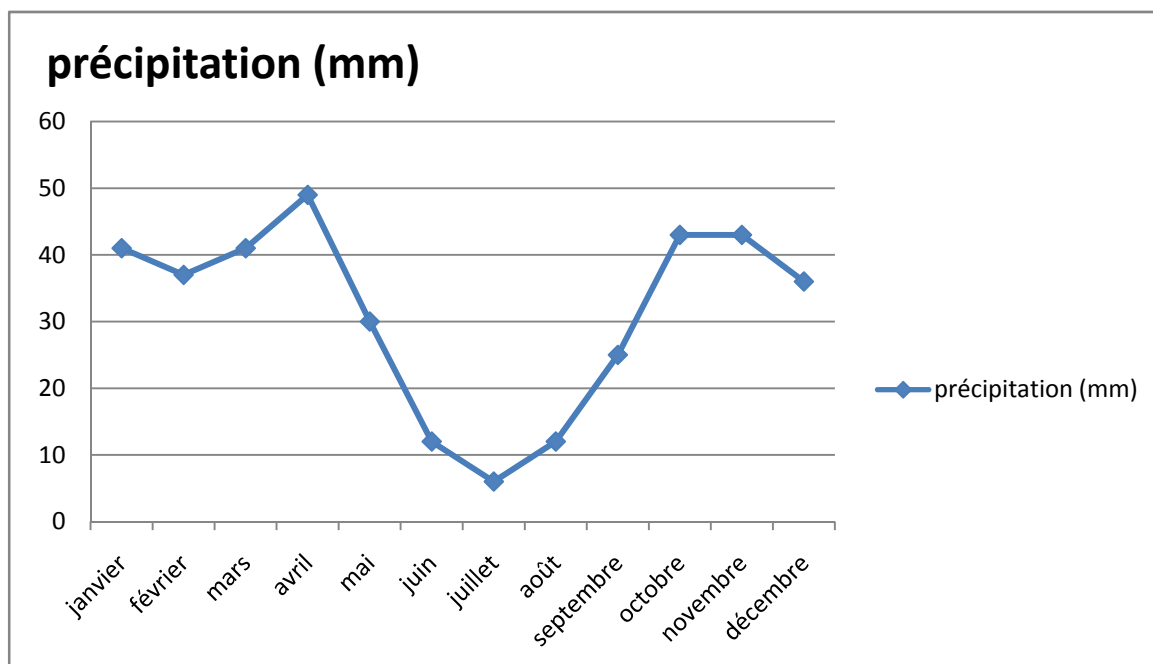


Figure 67: Moyenne mensuelle des précipitations (1985-2014) (Source: I.N.R.F Ain Skhouna 2014)

➤ **Régime saisonnier des précipitations**

Pour une meilleure connaissance de la répartition au cours de l'année, on a essayé d'assembler les données par saison pour y arriver à faire une comparaison de la saison de l'année, et du savoir le régime saisonnier. Le régime saisonnier est de type A>H>P>E. La pluviométrie est très importante en automne avec un cumul des trois mois (octobre, novembre et décembre) de l'ordre de 55.7 mm, suivi par l'hiver avec un cumul de 53 mm. Pour le printemps, le cumul de la saison est de 48 mm. Cette pluviométrie atteint son minimum en été qui présente un cumul de l'ordre de 28 mm.

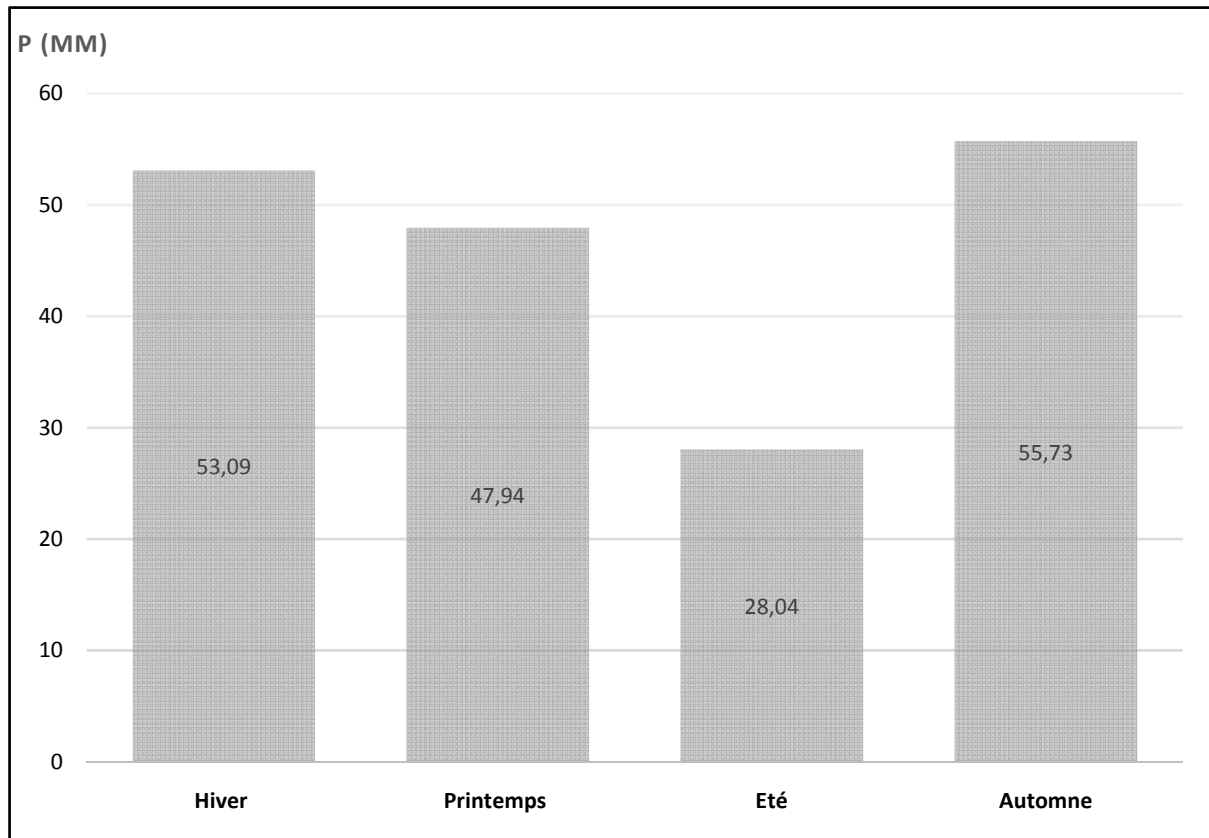


Figure 68: Histogramme du régime saisonnier (Station d'Ain Skhouna).

1.2.5. 2. Les températures

La température joue un rôle important dans la vie des végétaux et des animaux, il s'agit surtout des températures extrêmes (minima et maxima). Le régime thermique des zones arides est de types continentaux ; l'amplitude thermique annuelle est généralement supérieure à 20°C (**le Houerou, 1969**).

En hiver, il gèle fréquemment et les écarts thermique important sont néfastes pour les sols.

Les couches superficielles peuvent s'échauffer a la transparence de l'atmosphère a cause de la nébulosité et du décret hygrométrique qui sont toujours faible. (**Ozenda, 1983**).

Pour la zone d'Ain Skhouna les températures sont comprises entre 5.5 et 25.5°C. Ce sont les mois de juillet et août qui enregistrent les températures les plus élevées et par une température basse en Hiver. Des températures moyennes mensuelles enregistrées entre 1983 et 2013 par la station d'Ain Skhouna (fig.69).

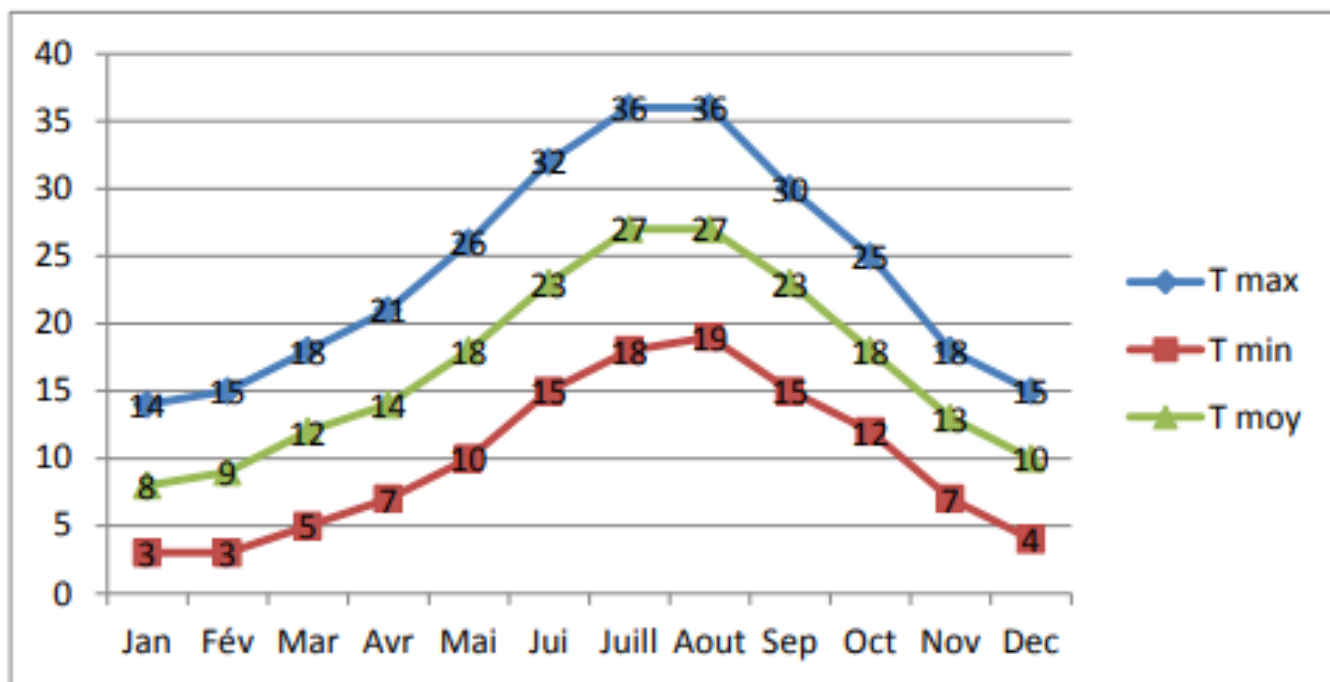


Figure 69: Variation des températures moyennes mensuelle de la station Ain Skhouna entre 1983 et 2013

1.2.5.3. L'évaporation et déficit hydrique

Ces facteurs prennent une importance toute particulière dans les milieux arides où l'eau devient un facteur limitant. Par leurs valeurs élevées, ils agissent sur les niveaux de la nappe phréatique qui devient inaccessible pour la végétation. Le pouvoir évaporant de l'air peut être déterminé par l'évapotranspiration potentielle (ETP) qui représente la quantité d'eau évaporée (au niveau du sol et des feuilles) par un sol couvert d'une végétation uniforme, lorsque celui-ci est bien pourvu en eau (constamment au voisinage de la capacité de rétention). Elle représente la demande en eau du climat ; quant à l'évapotranspiration réelle (ETR), elle représente la quantité d'eau effectivement évaporée par le sol et la végétation à un moment donné (offre en eau du climat). L'évaporation annuelle oscille autour d'une moyenne de 1944 mm/an qui dépasse largement la moyenne des précipitations annuelles déterminées pour la même période (363 mm/an) ; soit un déficit hydrique annuel de 1573 mm.

Le pouvoir évaporant de l'air dépend de son degré hygrométrique et du vent, responsables des fluctuations de l'évaporation d'une année à l'autre. Nous avons tenté de mettre en évidence les fluctuations de l'évaporation sur une période de 12 années (fig. 70). Marquée par l'irrégularité, l'évaporation se caractérise par des variations importantes (3357 mm en 2000 et 1325 mm en 2007).

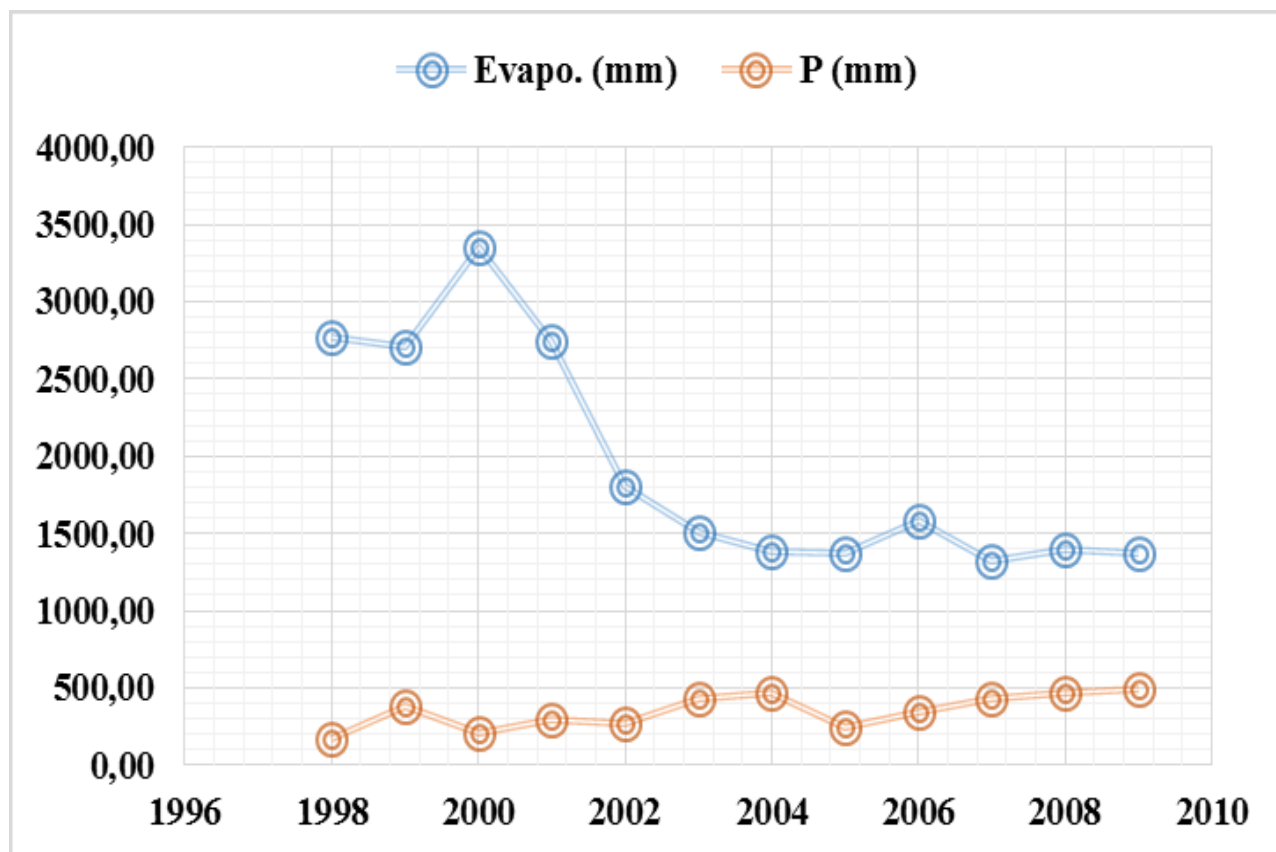


Figure 70: Courbes de variations interannuelles de l'évaporation et des précipitations (Période 1998-2009)

1.2.5.4. Cadre bioclimatique

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres. Pour tenir compte de cela, divers indices ont été calculés, principalement dans le but de rendre compte de la répartition des types de végétation. Le climat d'une région donnée résulte de l'action combinée de l'ensemble des facteurs cités précédemment. Pour une expression synthétique de ce dernier, plusieurs auteurs ont proposé des formules de synthèses. Ils se sont contentés sur des données qui ont un impact direct sur la végétation. En climat méditerranéen, ils se sont intéressés surtout à la pluviométrie, aux températures et à leurs variations. C'est le cas du climagramme d'Emberger (1955) qui demeure l'indice le plus efficace dans la description du climat méditerranéen et de l'indice d'aridité de De Martonne, le diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gausson (1953)** et l'indice des sécheresses estivales d'Emberger. Pour le premier et le second, ils font ressortir l'étage bioclimatique ; quant au troisième, il renseigne sur la durée de la période sèche dont l'impact est capital sur toute production végétale. L'importance de la surface délimitée par les deux courbes (température et précipitation) permet de faire une comparaison entre les stations et les zones identifiées.

1.2.5.4.1. Indice de sécheresse estivale

Comme caractéristique principale du climat méditerranéen c'est la sécheresse estivale. À partir de là, divers auteurs ont proposé des interprétations différentes ou des formules pour quantifier cette sécheresse, parmi ces indices, c'est l'indice de sécheresse estivale. Cet indice appelé « Giaccobe -Emberger » est utilisé pour séparer les climats méditerranéens dont l'été est sec de celui des climats océaniques en Europe occidentale. Il est exprimé par le rapport de la pluviométrie estivale à la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M). Cet indice est calculé par la formule suivante:

$$S = PE / M$$

Avec **PE**: totale des précipitations des 3 mois d'été ;

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud.

Emberger (1941) avait proposé d'adopter $S = 7$ comme limite pour caractériser les climats méditerranéens dont l'été est sec. **Daget (1977)** a ramené celle-ci à la valeur de 5 pour mieux séparer les climats océaniques des climats méditerranéens. Il préconise ainsi l'échelle de référence suivante:

Indice	0	5	7
Eté	Sec	sub sec	non sec
Climat	méditerranéen	Sub méditerranéen	Non-méditerranéen

Le résultat obtenu permet de classer la région d'étude dans un climat méditerranéen avec une valeur de l'indice égal à 0,81 représentée par la station d'Ain Skhouna.

1.2.5.4.2. Quotient pluviométrique d'Emberger

Le botaniste Emberger (1930) a proposé un quotient pluviométrique (Q_2) qui permet de situer la station dans l'étage bioclimatique convenable, où il fait intervenir le total des précipitations annuelles (P), la moyenne des maxima des mois les plus chauds (M) et la moyenne des minima des mois les plus froids (m). Cet indice permet d'apprécier physiquement la notion d'aridité annuelle en tenant compte des précipitations et de la température. Il est calculé selon l'équation suivante: $Q_2 = 1000 P / (M+m)/2 * (M-m)$.

Le quotient pluviométrique proposé par Emberger a été modifié par **Stewart (1968)** pour une meilleure application pour l'Algérie. La formule proposée par ce dernier est la suivante:

$$Q_3 = 3,43 P / (M-m)$$

Où:

Q_3 : quotient pluviométrique ;

P: précipitation moyenne annuelle (mm) de la station ;

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud ;

m : moyenne des minima du mois le plus froid.

Tableau 42: Classification des deux stations de référence selon le quotient d'Emberger

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q ₃	Étage bioclimatique
Ain Skhouna	185	34	1	18.72	Aride à hiver frais

En rapportant ces valeurs dans le climagramme d'Emberger (fig. 71), il ressort que la zone d'Ain Skhouna présente un étage bioclimatique semi-aride à hiver frais à tempéré (tab. 42).

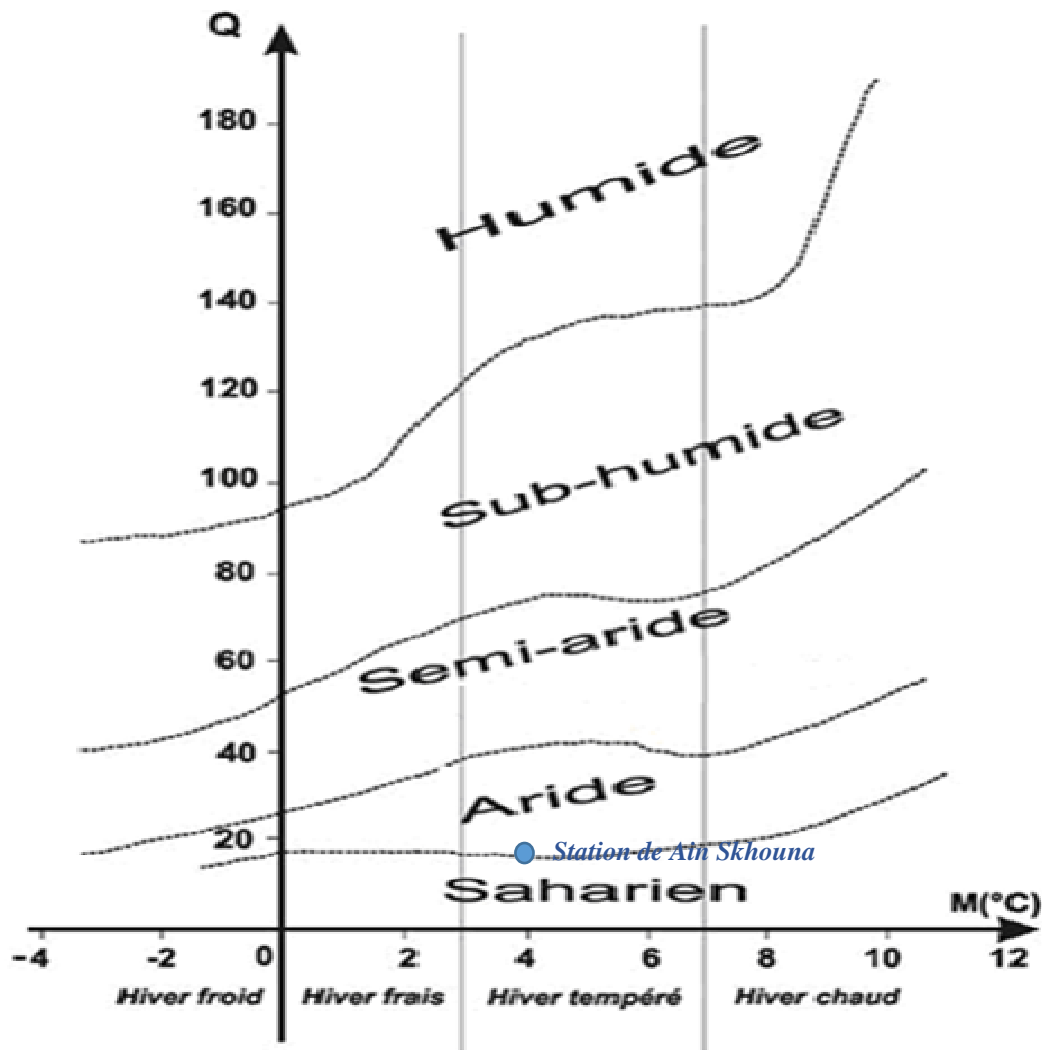


Figure 71: Détermination du type de climat d'après le climagramme d'EMBERGER

1.2.5.4.3 Indice d'aridité de De Martonne

De Martonne (1923) a défini un indice d'aridité I correspondant au rapport entre la moyenne mensuelle des précipitations P (mm) et la moyenne annuelle des températures T (°C), tel que:

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

L'utilisation de cette formule permet de classer nos stations en se basant sur la répartition suivante:

- de 0 à 5: climat « Hyper aride ou désertique »
- 5 à 10: climat « Aride »
- 10 à 20: climat « Semi-aride »
- 20 à 30: climat « Subhumide »
- plus de 30: climat « Humide »

Tableau 43: Indice d'aridité de Demartonne

Station	P (mm)	T (°c)	I	Type de climat
Ain Skhouna	185	15.32	7.3	Aride

Le calcul de l'indice de De Martonne, permet de classer la région d'Ain Skhouna dans l'étage bioclimatique aride (tab. 43).

1.2.5.4.4. Diagramme ombrothermique de Bagnoul et Guassen

Selon Bagnoul et Guassen (1953), un mois est biologiquement sec, lorsque les précipitations en millimètres sont inférieures ou égales au double de la température moyenne mensuelle en degrés Celsius ($P \leq 2T$). Le diagramme ombrothermique de Bagnoul et Guassen permet d'estimer les éléments de climat d'une région de points de vue précipitation et température pendant une période donnée et permet également de préciser les périodes sèches et humides. Le système du diagramme ombrothermique est simple et le plus utilisé. Il permet de calculer la durée de la saison sèche en portant la pluviométrie mensuelle (P en mm) et la température moyenne mensuelle (T en °C) sur le même graphe, l'échelle de graphe est de $P \text{ (mm)} = 2 T \text{ (°C)}$. La zone comprise entre la courbe pluviométrique et celle des températures constitue la zone sèche.

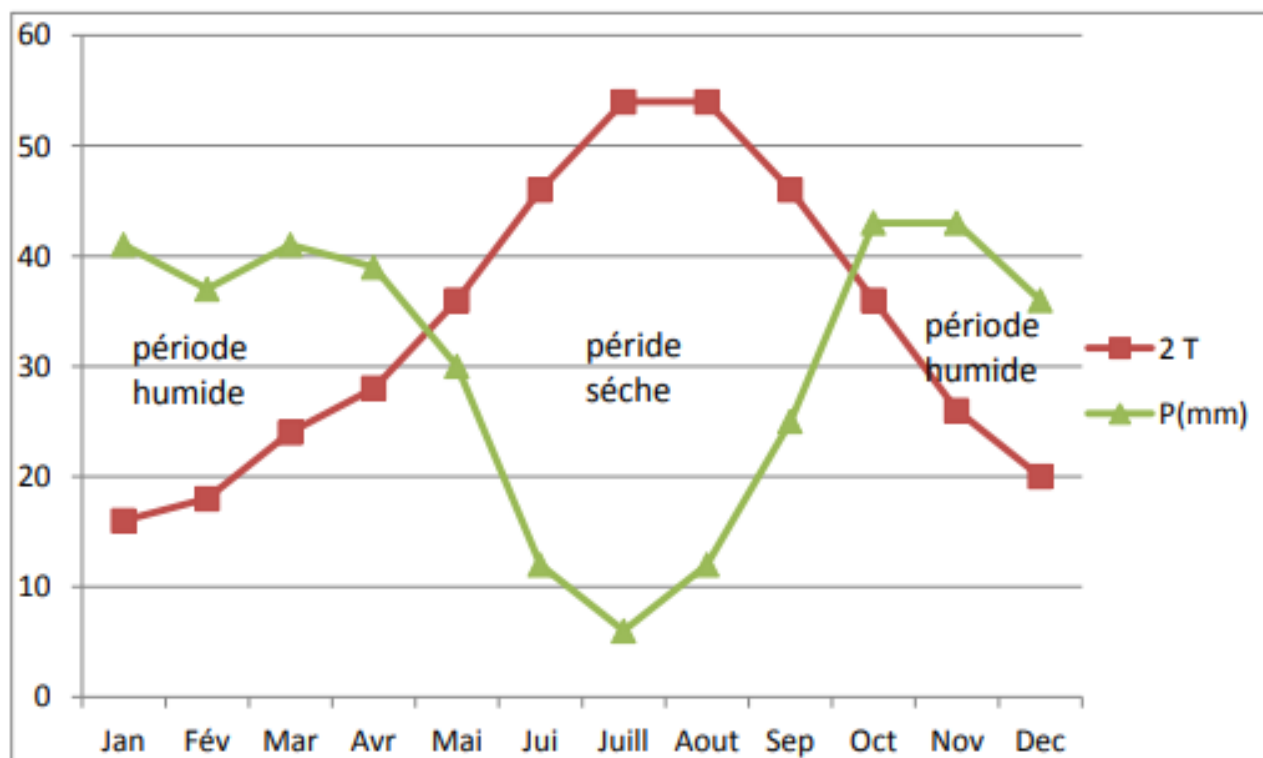


Figure 72: Diagramme Ombrothermique de la station d'Ain Skhouna

D'après le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson, il ressort que notre région est caractérisée par une saison sèche qui s'étend sur une période de 08 mois (d'avril à no

2. Résultats d'analyse de l'eau:

Les principales caractéristiques des forages et sources existantes au niveau de la zone du chott chergui sont présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau 44: Caractérisation des principaux points d'eau analysés

Dénomination Du point d'eau	Nature	Coordonnées	Débit (l/s)	Usage
C3	Forage	X= 327,0 Y= 131,1 Z= 985,0 m	500,0	Boisson
C4	Forage	X= 329,2 Y= 140,9 Z= 987,0 m	64,0	Irrigation
C5	Forage	X= 328,3 Y= 137,0 Z= 989,0 m	515,0	Boisson
F17	Forage	X= 333,7 Y= 150,8 Z= 986,0 m	52,1	Irrigation
AIN SKHOUNA	Source	X= 327,1 Y= 126,0 Z= 984,0 m	177,7	Non-utilisé

(Source: in AÏMER. H. 2005)

Nous disposons des analyses physico-chimiques de deux forages ; C4 et F17, effectuées en Décembre 2004 et Avril 2005.

Tableau 45: Résultats d'analyses physicochimique l'eau (Source: in AÏMER. H. 2005)

Paramètres Analysés	Forage C.4	Forage F.17	Normes algériennes	Normes O.M.S
PH	7,3	8,2	6.5 à 8.5	6.5 à 8.5
Cdt (us/cm)	1987	1284	<2800	1000
Dt (mg/l)	555	340		
Fe ⁺⁺ (mg/l)	0,00	0,195		
PO ₄ ⁻ (mg/l)	0,90	0,90		
Si ⁻ (mg/l)	18,0	17,4		
Zn ⁺⁺ (mg/l)	0	0,34		
F ⁻ (mg/l)	0,84	0,48		
Cu ⁺⁺ (mg/l)	0,204	0,474		
TA (mg/l)	0	0		
TAC (mg/l)	408,7	311,1		
Ca ⁺⁺ (mg/l)	128,0	85,0	<200	<200
Mg ⁺⁺ (mg/l)	56,40	30,6	<150	<150
Mn ⁺⁺ (mg/l)	0,01	0,01		
NO ⁻ (mg/l)	0,02	0		
NO ⁻ (mg/l)	0,88	0		
SO ₄ ⁻ (mg/l)	400,5	146,5	<500	<400
Cl ⁻ (mg/l)	418,3	342,1	<500	<250

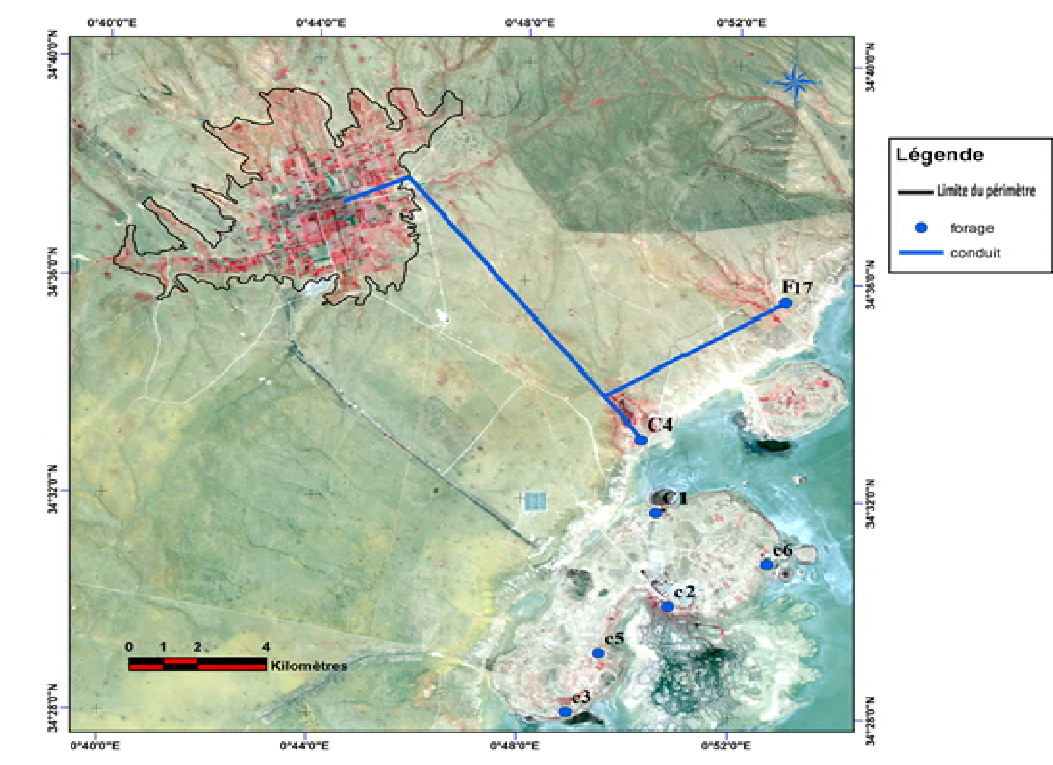


Figure 73: Carte de localisation des forages destinés pour l'irrigation (C4 et F17)

2.1. pH:

Le pH des deux échantillons analysés présente une moyenne répendant aux normes O.M.S, qui varie entre 7.3 et 8.2 ce qui indique que ces eaux ne présentent pas d'agressivité chimique.

2.2. Conductivité électrique:

Conductivité électrique augmente lorsque la teneur en sels dissous augmente

2.3. Calcium (Ca⁺⁺):

Généralement, le Calcium est l'élément dominant dans une eau potable. Tous les échantillons analysés présente des teneurs en Calcium répondant à la norme recommandée par L'O.M.S (200mg/l). Une eau de bonne qualité renferme de 100 à 140mg/l de Calcium
J.Rodier, 1984

2.4. Magnésium (Mg⁺⁺):

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature. D'après les résultats analyses effectuées pour les deux échantillons on constate que les teneurs obtenues sont toutes nettement inférieures aux normes recommandées par l'O.M.S (150mg/l).

2.5. Chlorures (Cl⁻):

La teneur en Chlorure des eaux est variée, liée à la teneur des terrains traversés. Un taux élevé de Chlorure provoque une saveur désagréable d'eau.

Selon les normes l'O.M.S, la quantité des chlorures ne doit pas dépasser 250mg/l , cette limite est largement dépassée pour les forages analysés, .cependant et en considérant les normes Algériennes comme guide ,ces eaux peuvent être considérées comme étant potable .

2.6. Sulfates (SO₄²⁻):

Les résultats obtenus démontrent que la quantité de Sulfates est supérieure aux normes admissibles d'après l'O.S.M et répond aux normes Algérienne pour les points d'eau analysés.

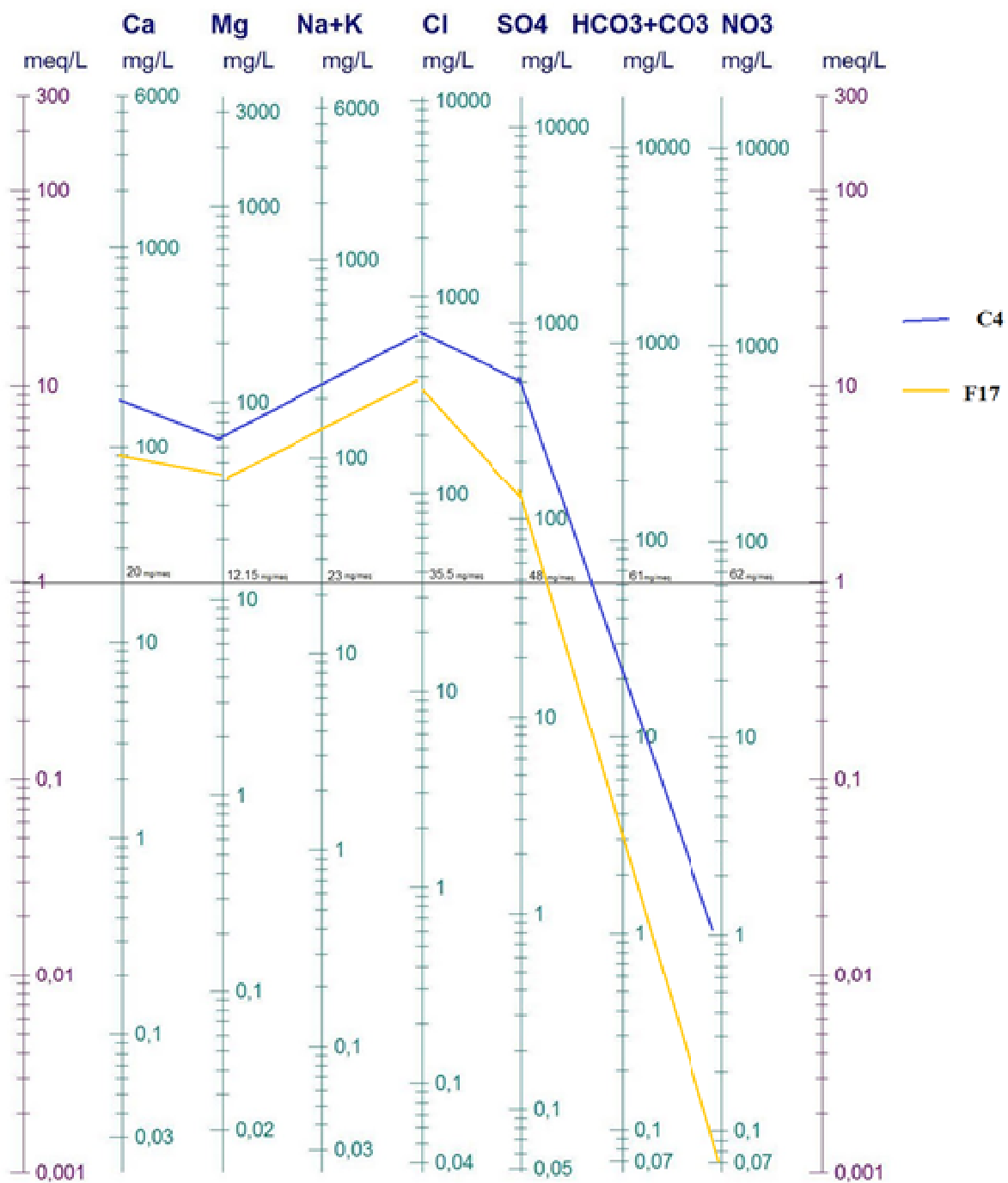


Figure 75: diagramme de Berkallof

D'après le diagramme de Berkallof, les eaux des forages c4 et F17 sont riche en chlore et sulfates, ce sont donc des eaux de qualité saumâtres

Chapitre III

Matériel et méthodes

&

Résultats est discussions

1-Matériel et méthodes

La démarche méthodologique s'est basée sur les axes de travail fixé dès le début et qui se révèlent dans deux principaux objectifs:

- Caractérisation et cartographie des différents états de la salinité.
- Etudier les relations entre la salinité mesurée d'une part et les données de télédétection.

1.1. Les données utilisées:

Pour atteindre les objectifs de ce travail, on a utilisé 4 types des données: les données topographiques, les données cartographiques, les données satellitaires et les données de terrain.

A- Les données cartographiques:

La carte topographique 1/50000 d'Ain Skhouna, Carte géologique 1/500000, Modèle numérique du terrain 12 mètre de résolution

B- Les données des images satellitaires: Les images utilisées sont des scènes LANDSAT ETM+ et LANDSAT OLI 8 couvrant le site d'étude aux caractéristiques suivantes:

- Données en Path/ Row (P197 / R036)
- Résolution: 28.5 mètres pour les bandes 1, 2, 3, 4, 5, et 8.
- Projection: UTM zone 31, hémisphère nord ;
- Ellipsoïde: WGS 84 (horizontalement) ;
- Date de prise de vue: 18/10/2008 pour LANDSAT ETM+.et 26/10/2016 pour LANDSAT Oli8.

C- Logiciels utilisés:

ENVI 5.3 spécialement conçu pour le traitement des images. Il permet ainsi de visualiser toutes sortes d'images satellitaires, Radar ou autre:

- Une large gamme de formats images: ALOS, IRS, SPOT, IKONOS, Landsat 7, TERRA (ASTER, MISR, MODIS), EROS, SeaWifs, ENVISAT, SPOT Végétation HDF-EOS, Radarsat, TOPSAR, AIRSAR, E-SAR, GEOTIF, AVIRIS, CASI, Sentinel-2.
- Des formats vecteur standard: ArcViewshapefile, Mapinfo, Microstation, DGN, AutoCAD DXF ;

Malgré la grande diversité de format utilisés et appliqués différents traitements (Géoréférencement, Comparaison, Superposition, Classification...). Ce ENVI inclut également le puissant langage de développement IDL (Interactif Data Language) qui permet d'étendre les fonctionnalités d'ENVI ou de créer ses propres routines et permet d'extraire rapidement l'information pertinente des images géospatiales. Il constitue le choix naturel des professionnels

de par ses performances, son ouverture, sa facilité d'utilisation et la qualité de ses algorithmes spécifiques quels permettent de tenir compte et profit des avantages de chacun de ces domaines:

Traitement d'image: pré-traitement, analyse en composantes principales, SAVI pour précise et claire des éléments formant le système agraire de la zone. Pour éviter une surcharge d'informations...ect. Toutes ces fonctions sont accessibles à partir de l'information suivante:

- Il faudra déterminer les classes importantes et les isoler des classes d'importance secondaire voire inutiles. filtres ;
- Calage: géo-référencement, orthorectification, mosaïques ;
- Traitement et analyse de l'image multispectrale et hyperspéctrale: Roi, classifications supervisées ou non-supervisées, post-classifications, bibliothèques spectrales ;
- Analyse Radar: mono-bande, polarimétrique ;
- Support des formats raster et vecteur, analyse topographique par des outils vecteurs sont de la création ou éditions de couches vecteurs, interrogations des attributs ;
- Visualisation 2D et 3D interactive ;
- Compositions de cartes ;
- Ouvert: grâce au langage IDL, Interactive Data Language (inclus dans ENVI), l'utilisation peut rapidement intégrer ses propres algorithmes de traitement ou l'accès à de nouveaux formats d'images ;

ArcGIS 10.3 qui est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG).

Le support cartographique qui représenté au major par la topographique.

1.2. Type d'échantillonnage du prélèvement du sol:

Dans ce travail on a utilisé les données de la conductivité électrique de la pâte saturée mesurée au laboratoire

Les échantillons des sols ont été prélevés le 11/10/2017. Les prélèvements ont été effectués à 20 cm de profondeur sur 30 échantillons. Les sols ont été tamisés à 2mm. Selon la méthode de **Guénon (2010)**.

1.2.1. Géolocalisation des stations:

Une visite de terrain a été effectuée pour la localisation des différentes stations de prélèvement des échantillons par un récepteur GPS.

Les étapes suivies pour faire l'échantillonnage et les mesures sont décrites ci-dessous:

1.2.2. Préparation des échantillons

Nous avons commencé par faire sécher les échantillons à l'air libre. La matière organique non décomposée a été enlevée.

Après séchage, on a procédé au tamisage à sec (tamis à maille de 2 mm) afin de séparer les éléments grossiers de la terre fine qui sera utilisée pour les dosages physico-chimiques.

1.2.3. Mesure de la Conductivité électrique

La conductivité électrique dépend de la teneur en électrolytes (Cl^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} et Mg^{2+}) à un autre trait caractéristique des sels, permet de les qualifier, et s'exprime Ms/cm . Sa mesure permet d'obtenir rapidement, à l'aide d'un conductimètre, une estimation de la teneur globale en sels dissous de l'extrait aqueux d'une solution dont le rapport sol eau est de 1/5. L'interprétation a été faite à l'aide de l'échelle de salure des sols. La méthode utilisée pour la mesure de la conductivité électrique par **Extrait 1/5** comporte les étapes suivantes:

- Peser 10g de sol tamisé
- Ajouter 50 ml d'eau distillé
- Agiter quelques minutes avec l'agitateur
- Laisser reposer plus de l'heure
- Filtrer et passer au lecteur au conductimètre.



Figure 76: Mesure de la Conductivité électrique

Les résultats obtenus de l'échantillonnage sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 46: Résultats des mesures de la conductivité électrique et le PH

Points d'échantillonnage	pH	C.E (ds / cm à 25°C)	Latitude	Longitude	Altitude
1	7.85	2.46	E0°44' 29,86"	N34° 38' 15,7"	1088.3m
2	7.91	3.30	E0° 43' 59,48"	N34° 38' 5,22"	1088 m
3	7.96	2.52	E0° 45' 16,42"	N34° 38' 34,80"	1088 m
4	7.47	3.33	E0° 43' 32,42"	N34° 37' 42,86"	1088.2 m
5	7.54	2.96	E0° 42' 38,59"	N34° 36' 52,69"	1089 m
6	7.65	2.28	E0° 43' 53,15"	N34° 38' 29,85"	1091.5 m
7	8.12	4.41	E0° 44' 21,66"	N4° 37' 37,18"	1088.1 m
8	7.51	3.57	E0° 43' 2,79"	N34° 36' 59,28"	1088 m
9	7.40	3.01	E0° 44' 16,67"	N34° 36' 34,98"	1088.2 m
10	7.86	2.43	E0° 45' 43,79"	N34° 37' 38,31"	1096.5 m
11	7.81	3.15	E0° 44' 26,67"	N34° 36' 23,56"	1088.5 m
12	7.86	2.89	E0° 45' 4,81"	N34° 37' 47,52"	1088 m
13	8.32	4.21	E0° 43' 58,08"	N34° 37' 8,98"	1088 m
14	7.35	3.16	0° 44' 55,62"	N34° 36' 50,99"	1088.2 m
15	7.76	3.56	E0° 43' 26,79"	N34° 37' 3,17"	1088.3 m
16	7.96	3.24	E0° 43' 15,49"	N34° 37' 0,17"	1088.5 m
17	7.24	2.98	E0° 43' 38,41"	N34° 36' 37,45"	1088.1 m
18	8.23	4.36	E0° 44' 19,17"	N34° 37' 10,18"	1088 m
19	7.65	3.16	E0° 45' 24,85"	N34° 37' 9,45"	1094m
20	7.62	1.92	E0° 44' 19,86"	N34° 36' 10,09"	1092m
21	7.99	3.85	E0° 43' 25,06"	N34° 37' 24,51"	1088 m
22	8.15	4.15	E0° 43' 45,58"	N34° 37' 26,31"	1088.1 m
23	7.73	2.18	E0° 42' 12,25"	N34° 36' 20,44"	1090 m
24	7.75	2.31	E0° 41' 28,32"	N34° 36' 44,05"	1095 m
25	7.46	2.36	E0° 41' 16,46"	N34° 36' 8,40"	1093 m
26	7.52	1.97	E0° 40' 35,71"	N34° 36' 10,10"	1095 m
27	7.84	2.40	E0° 42' 46,91"	N34° 38' 27,21"	1094 m
28	8.03	4.04	E0° 44' 29,78"	N34° 37' 24,29"	1088 m
29	7.76	3.17	E0° 44' 52,20"	N34° 37' 19,04"	1088m
30	7.50	2.23	E0° 43' 24,10"	N34° 39' 2,27"	1092 m

La figure ci-dessous présente la localisation spatiale des stations d'échantillonnage choisies d'une façon subjective dans le périmètre irrigué.

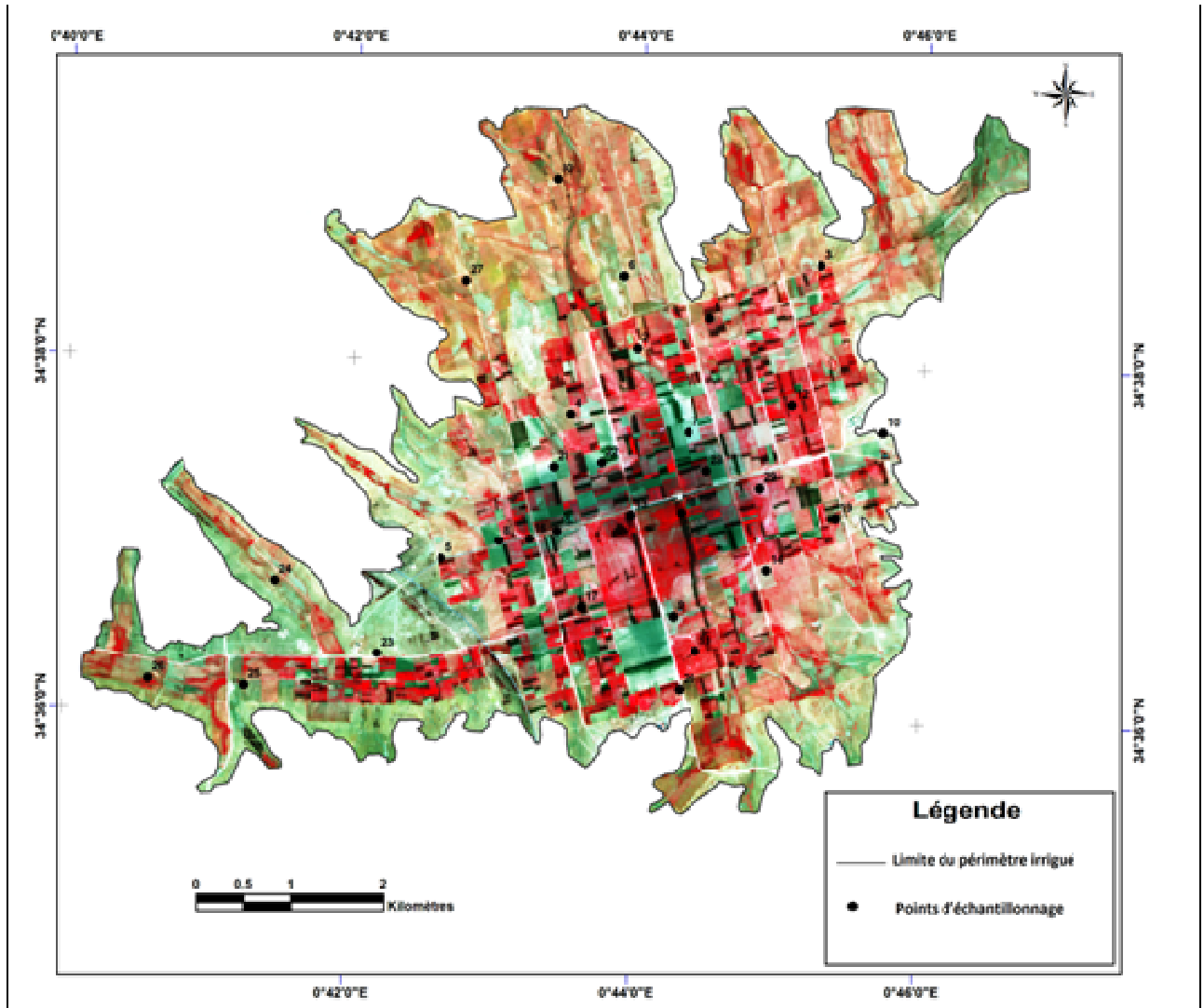


Figure 77: Carte de localisation des points d'échantillonnage

1.2.4. Traitements des images satellitaires:

Dans un premier temps, les techniques de prétraitement telles que les corrections atmosphériques et radiométriques doivent être appliquées aux images Landsat multi temporelles. En ce qui concerne le capteur (ETM+) et le capteur (OLI 8), le retrait des données du satellite Land SAT effectuée comme une correction radiométrique.

Ensuite, la correction atmosphérique a été appliquée afin d'enlever ou réduire l'influence de l'atmosphère. Cette correction est recommandée à faire dans les études, lorsque l'établissement d'une relation entre les mesures de champ et les valeurs de réflectance spectrale sont nécessaires (Selch, 2012). L'étalonnage de réflectance est appliqué en dérivant la valeur de réflectance à partir du données numérique et calculer la réflectance au sommet de l'atmosphère (TOA).

Les caractéristiques techniques des deux capteurs utilisés pour l'acquisition des images mises en œuvre sont décrites ci-dessous.

Landsat-7 ETM+ Bands (μm)			Landsat-8 OLI and TIRS Bands (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

Pour les besoins du travail qui l'étude spatiotemporelle des salinités des sols du périmètre irrigué de Dayet Zraguet, deux images satellitaires sont mises en œuvre. Une première image acquise le 18/10/2008 par le capteur multispectral Landsat 7 ETM+ avec une résolution spatiale de 30m, et une deuxième acquise le 26/10/2017 par le capteur multispectral Landsat 8 OLI (Operational Land Imager).

La figure ci-dessous présente une composition colorée des deux images du périmètre irrigué.

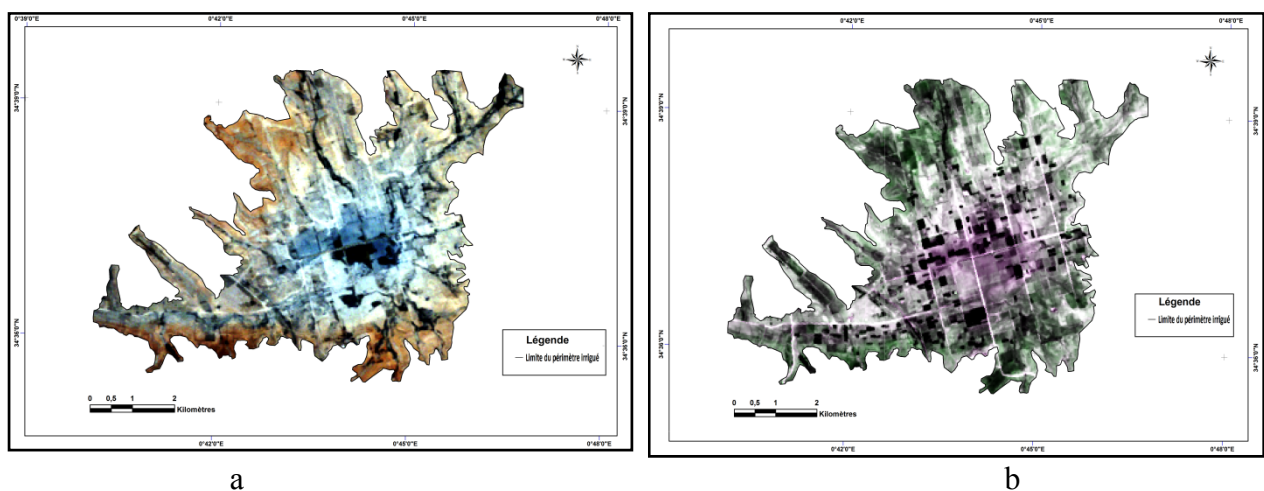


Figure 78: Composition colorée des images satellitaires du périmètre irrigué: (a) image 2008 (b) image 2017

La nature numérique des données de télédétection se prête particulièrement bien à des opérations entre bandes. Le principe de ces opérations est d'effectuer, pour chaque pixel, des

opérations mathématiques plus ou moins complexes faisant intervenir les valeurs numériques observées pour ce pixel dans les différentes bandes spectrales.

Un très grand nombre d'indices plus ou moins sophistiqués ont été développés spécifiquement pour l'analyse des données de télédétection tels que les indices de végétation (NDVI, RVI, SAVI...), les indices des sols (BI, Ri...), les indices de l'eau (NDWI, DWI...), les indices de salinité (SI, NDSI, ISvir...).

2. Indice de salinité ISvir (IS visible infrarouge):

Nous avons utilisé l'indice de salinité (IS) développé par Douaoui et al (Douaoui et al 2006). Cet indice a montré son efficacité pour caractériser le degré de salinité. Le calcul de cet indice mis en œuvre trois bandes spectrales: le Vert, le Rouge et le proche Infra Rouge. La formule suivante est utilisée pour obtenir ses valeurs:

$$IS_{vir} = 2 * V - (R + PIR)$$

Avec: V = bande verte ;

R = bande rouge ;

PIR = bande proche infrarouge.

Pour les deux capteurs Landsat 7 ETM+ ET 8 OLI, les bandes Verte, Rouge et Proche Infra Rouge correspondent aux:

Bande	Landsat 7 ETM+	Landsat 8 OLI
Verte	Band 2	Band 3
Rouge	Band 3	Band 4
PI Rouge	Band 4	Band 5

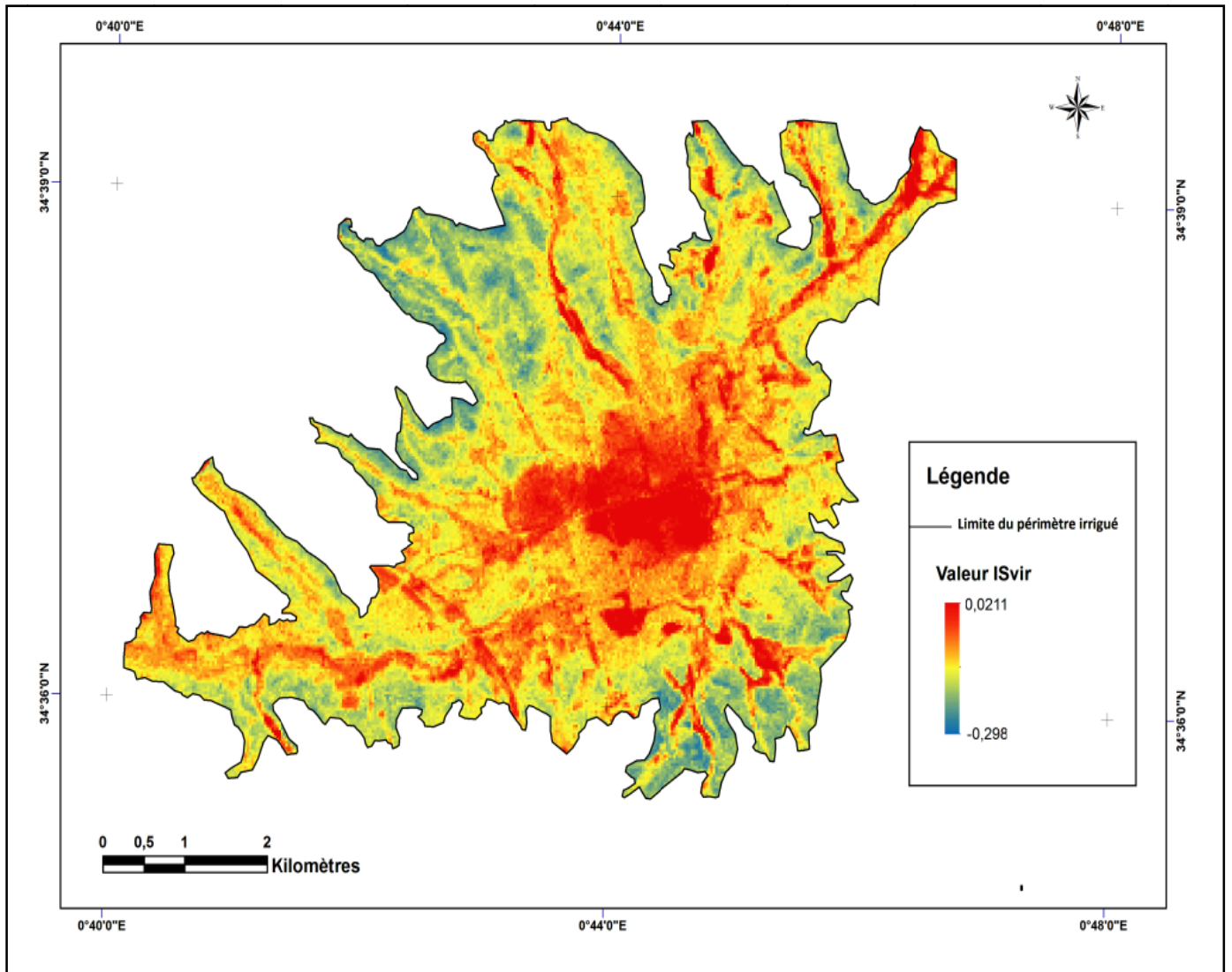


Figure 79: Carte De L'indice de salinité de la zone d'étude (image satellitaire land SAT ETM 18/10/2008)

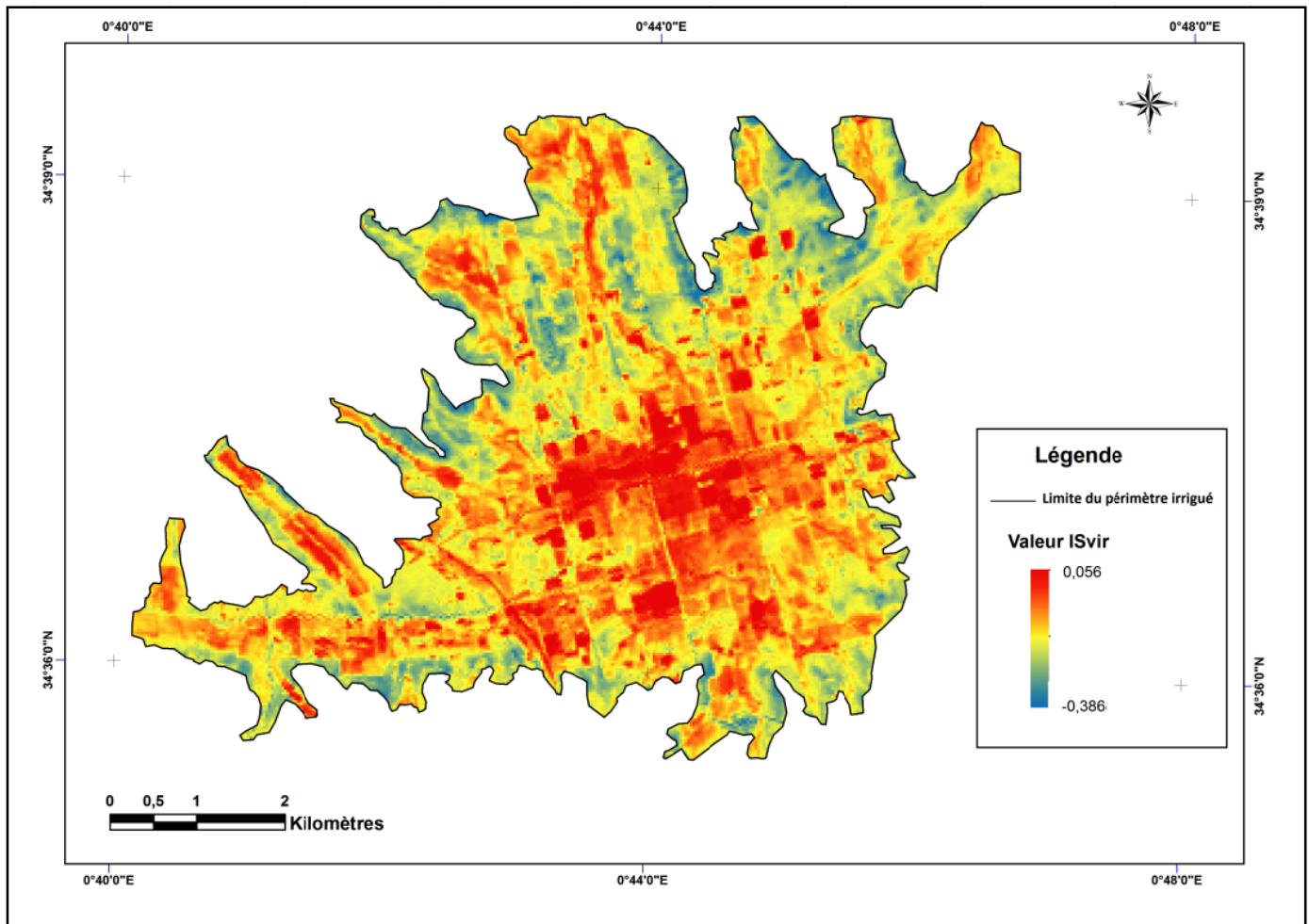


Figure 80 : Carte de L'indice de salinité de la zone étude (image satellitaire land SAT Oli8 du 26/10/2017)

2.1. Estimation de la salinité des sols par des images satellitaires:

Les échantillons dont nous disposons ont été utilisés pour évaluer l'apport des images satellitaires dans la cartographie de la salinité en tenant compte de la relation existante entre la conductivité électrique et la teneur en sel des sols.

Pour ce faire, on a utilisé l'indice de salinité calculé précédemment avec les valeurs de la conductivité mesurées au sol pour avoir une relation permettant la spatialisation de la conductivité à l'échelle du périmètre.

Une régression linéaire a été établie pour pouvoir par la suite établir une carte de la salinité des sols à partir des valeurs de l'indice de salinité ISvir.

La figure suivante présente une nette corrélation entre les valeurs de la conductivité électrique mesurées au sol et les valeurs de l'indice de salinité calculé par la combinaison des bandes spectrales de télédétection avec un coefficient de corrélation R^2 de l'ordre de 0.74. Ce résultat

très satisfaisant montre qu'il est possible d'estimer la salinité du sol en utilisant les données de télédétection multispectrale.

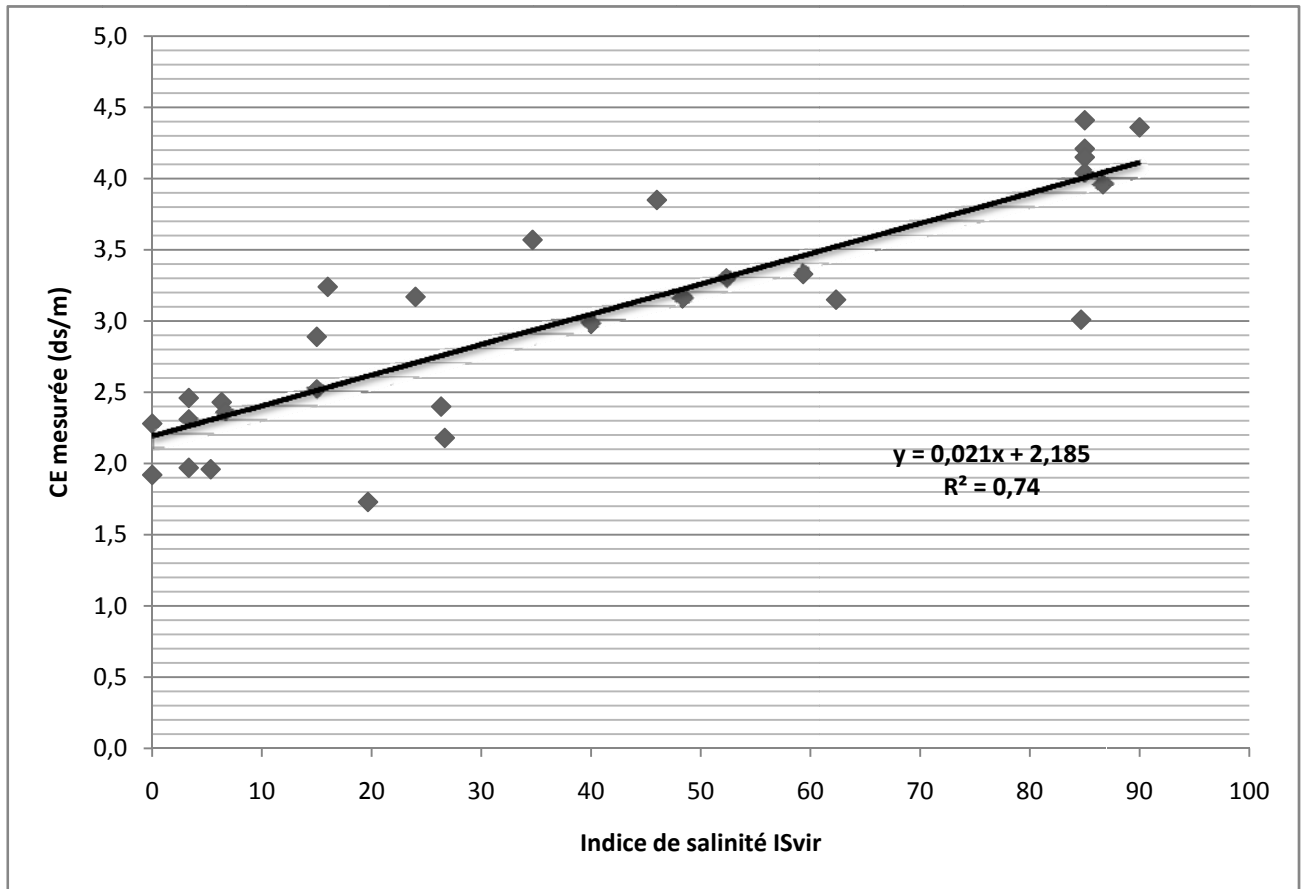


Figure 81: Relation linéaire entre la conductivité électrique et l'indice de salinité

On se basant sur la relation linéaire obtenue entre la conductivité électrique mesurée et l'indice de salinité calculé (voir fig 81), nous avons pu estimer la conductivité électrique qui caractérise la salinité à l'échelle de tout le périmètre irrigué.

Après une reclassification des données estimées de la salinité (classification d'Aubert, 1978), nous avons obtenus des cartes qui sont présentées dans les figures suivantes (fig 82 et 84)

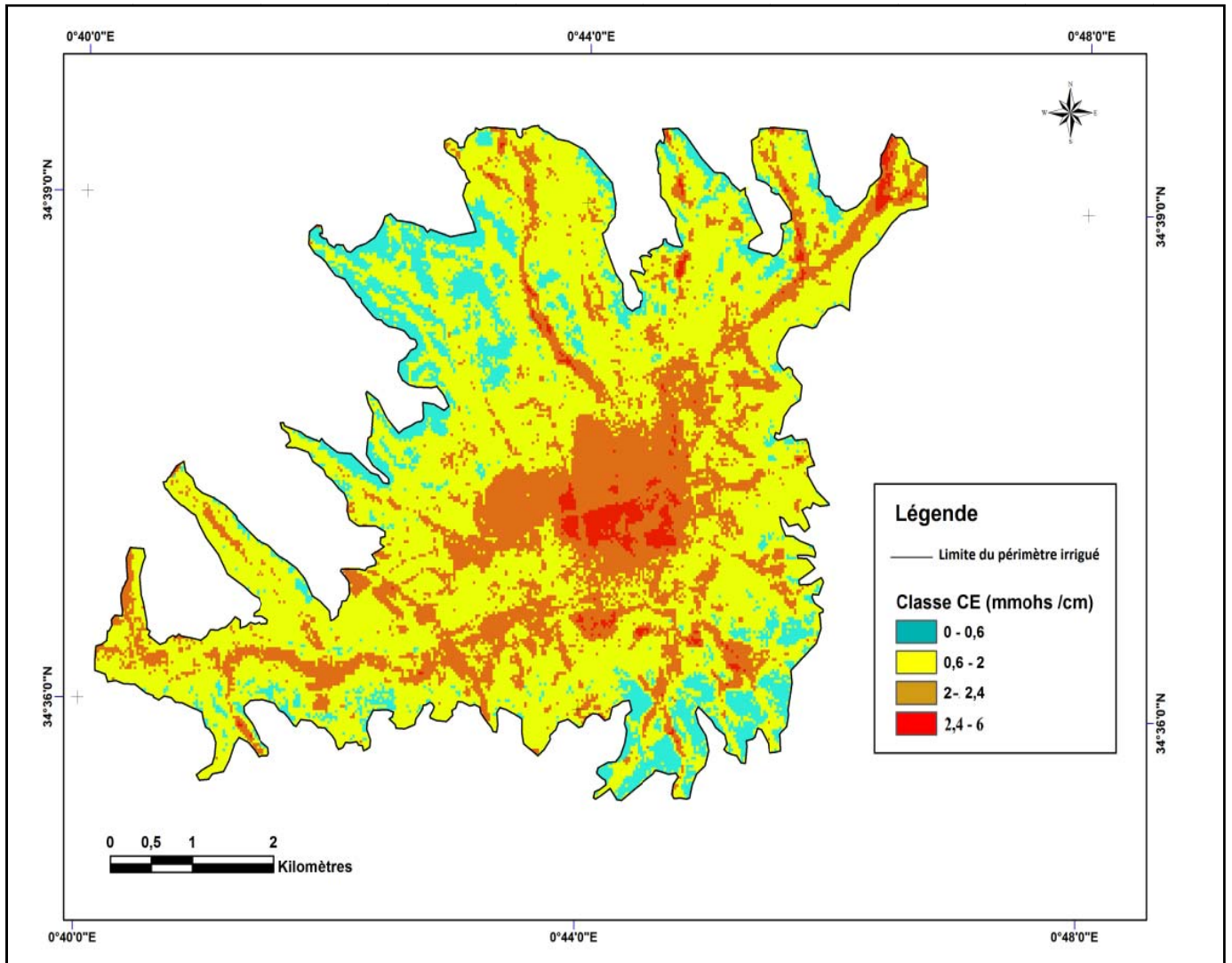


Figure 82: Carte des classes de salinité par télédétection 18/10/2008

Du tableau n°47, il paraît que la classe dominante est celle dont le degré de salinité est moyen

Tableau 47: La répartition des classes du degré de salinité 2008

Classe CE (mmohs/cm)	Superficie (ha)	Pourcentage	Degré de salinité
0 - 0.6	466,252	12,21%	Très faible
0.6 – 2	1068,120	27,97%	Faible
2 – 2.4	1332,159	34,89%	Moyen
2.4 – 6	951,599	24,92%	Fort

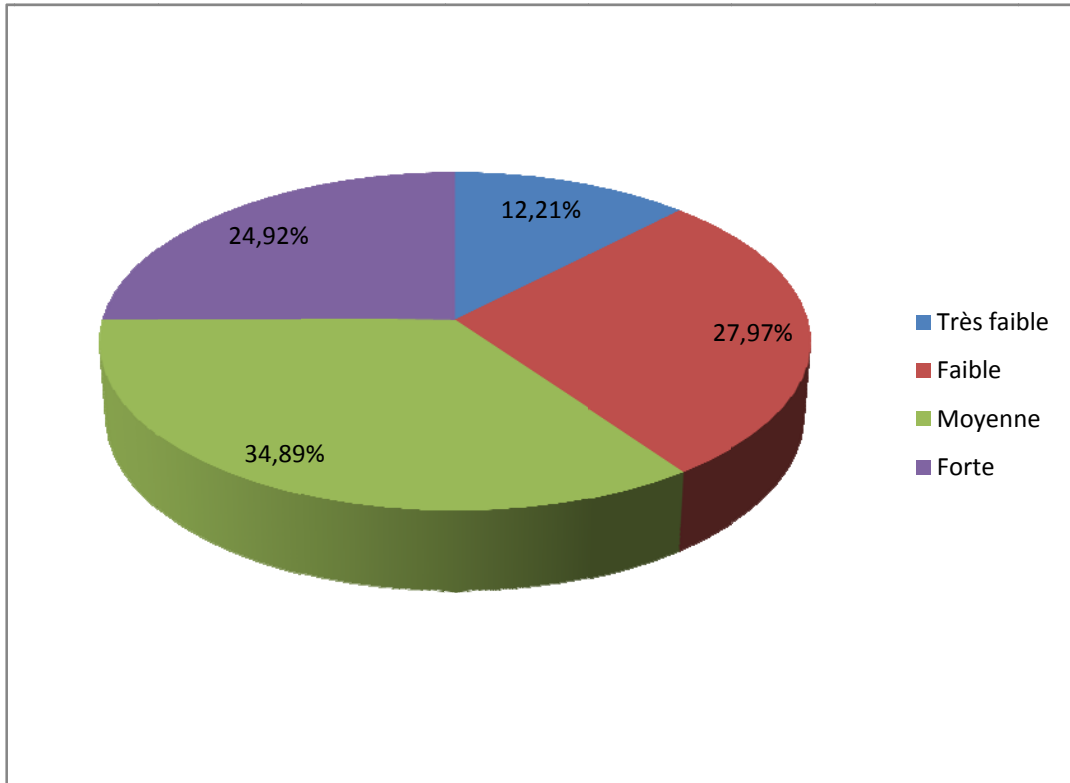


Figure 83: Répartition en pourcentage des classes du degré de salinité 2008

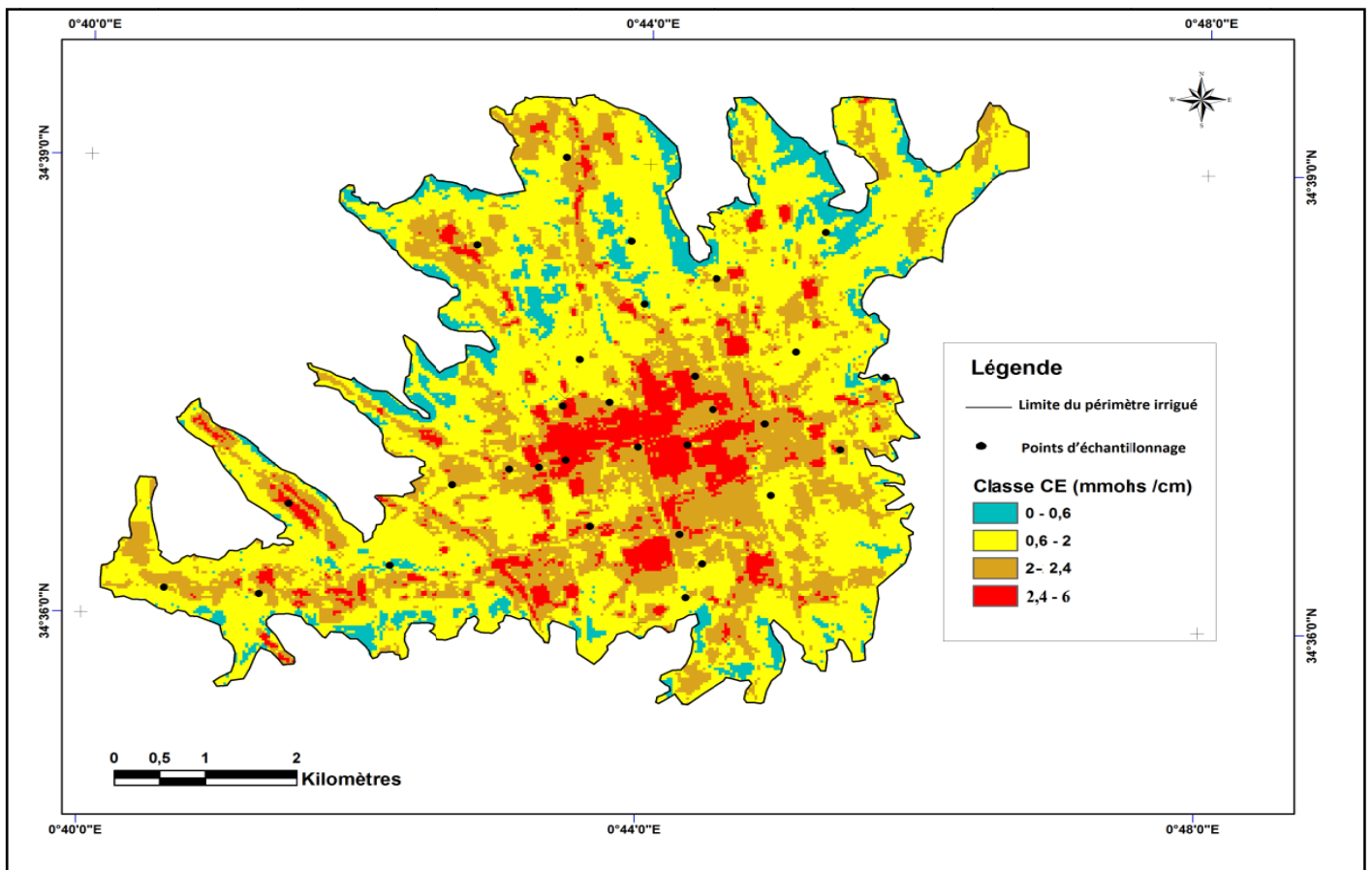


Figure 84: Carte des classes de salinité par télédétection 26/10/2017

Pour l'année 2017, on remarque que le degré de salinité moyen est toujours dominant, néanmoins, on constate une évolution du degré de salinité fort

Tableau 48: La répartition des classes du degré de salinité 2017

Classe CE (mmohs/cm)	Superficie (ha)	Pourcentage	Degré de salinité
0 - 0.6	347,1504	9,094%	Très faible
0.6 – 2	949,568	24,875%	Faible
2 – 2.4	1333,022	34,920%	Moyenne
2.4 – 6	1187,618	31,111%	Forte

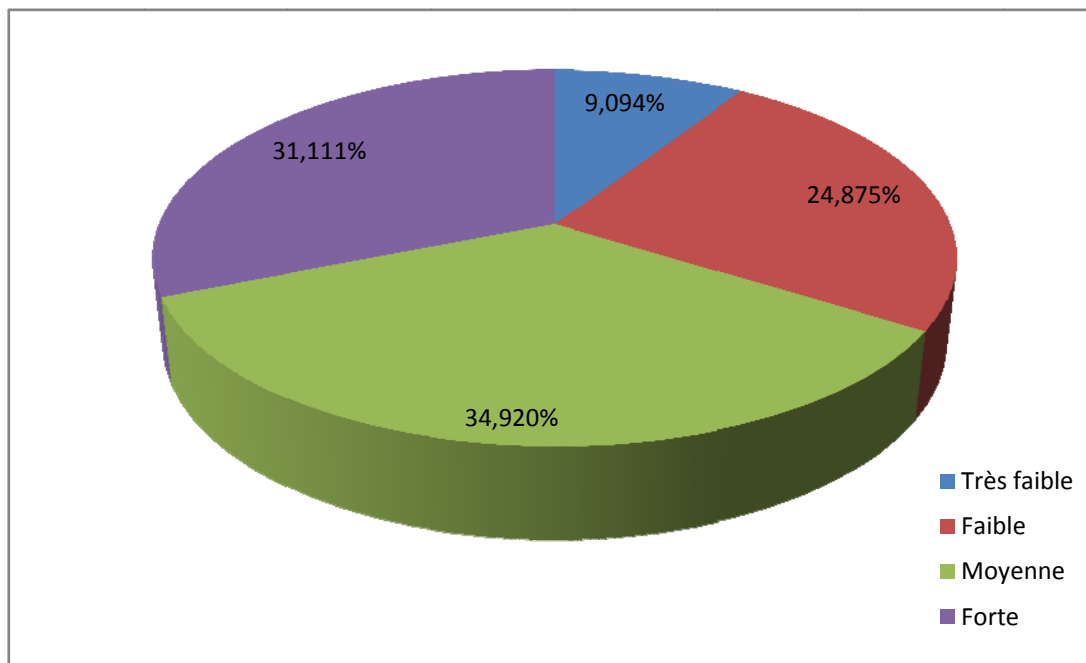


Figure 85: Répartition en pourcentage des classes du degré de salinité 2017

A l'aide du logiciel SIG(Arcgis), on a pu détecter le changement de salinité par simple soustraction des couches d'informations, présentant les classes de salinité des deux périodes étudiées (2008 et 2017)

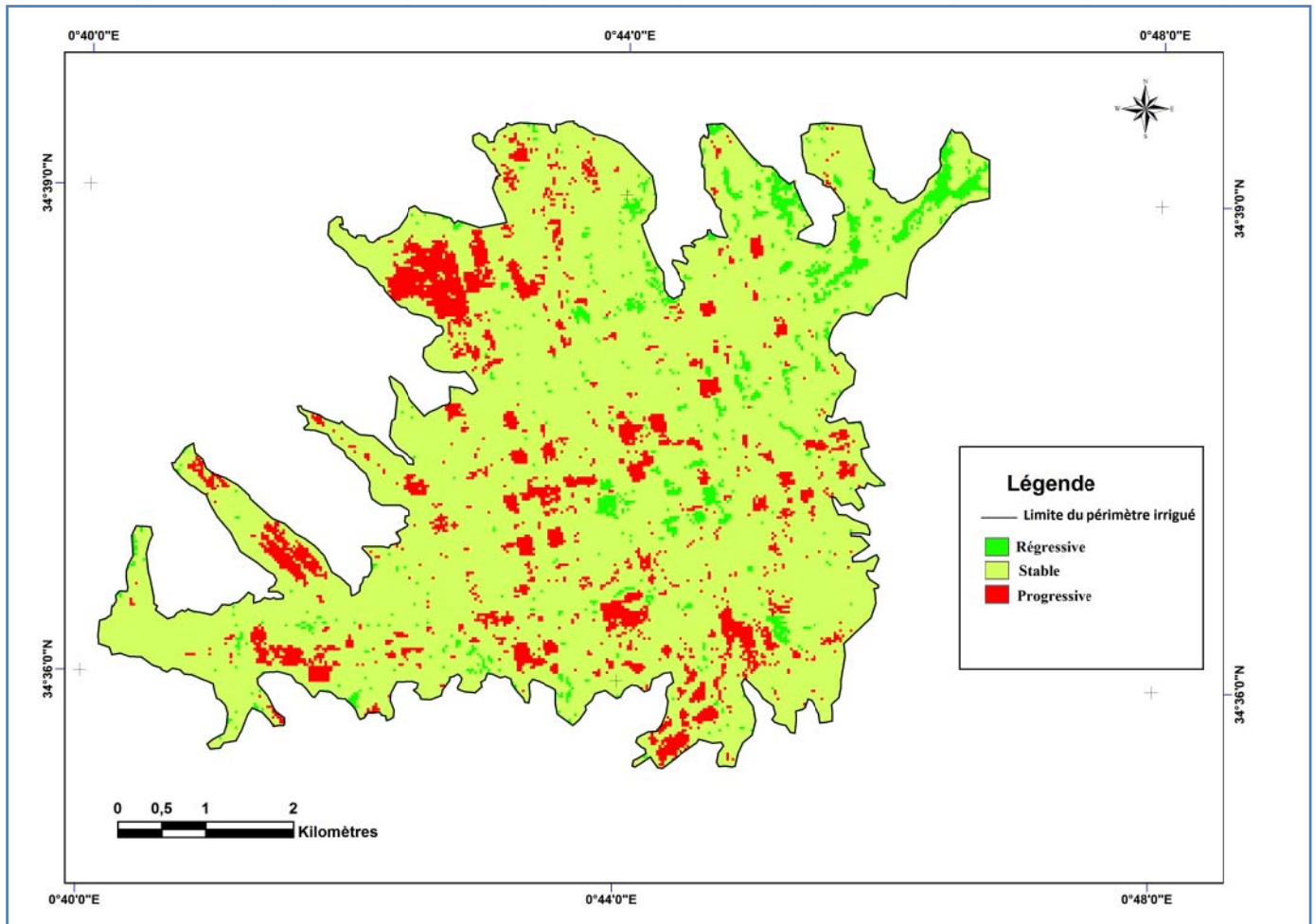


Figure 86: Carte de changement de la salinité entre 2008 et 2017

De la carte de changement, le logiciel permet de calculer géométriquement les différentes classes de changement, il est à noter qu'il existe un changement progressif de ce phénomène faible (9,749%), et très faible pour le changement régressif.

Tableau 49: Superficies des différents types de changement pour la période 2008 et 2017

Changement	Surface (ha)	Pourcentage
Régressive	142,265	3,723%
Stable	3306,400	86,527%
Progressive	372,549	9,749%

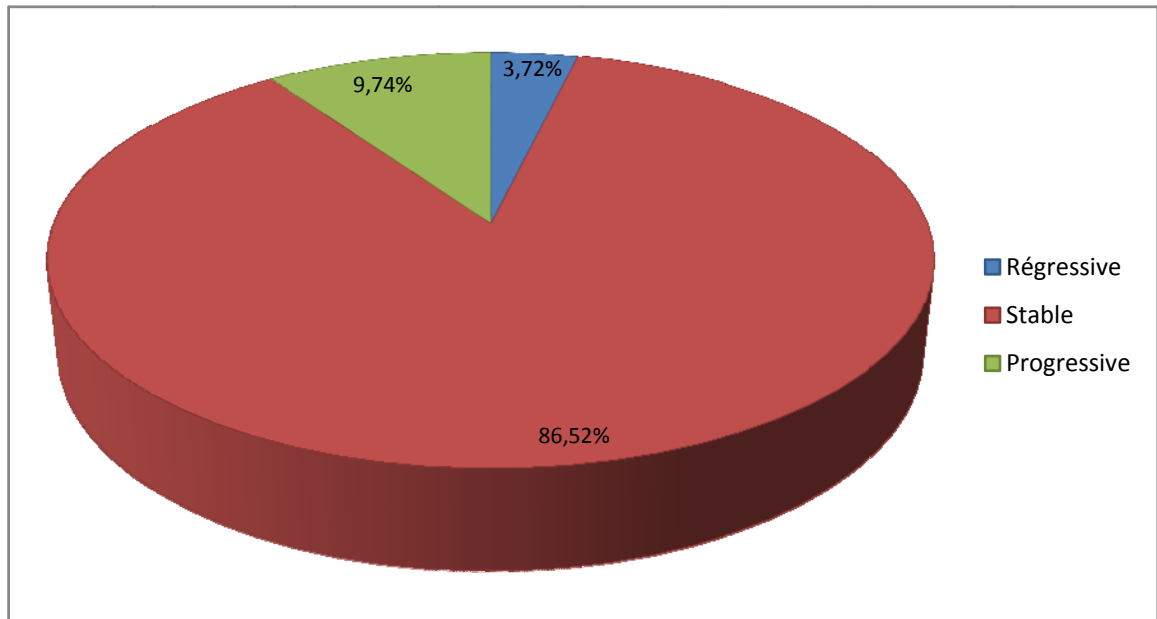


Figure 87: Présentation en pourcentage des Superficies des différents types de changement pour la période 2008 et 2017

Conclusion:

La région d'étude présente un climat méditerranéen typique des hautes plaines steppiques algériennes appartenant à l'étage bioclimatique aride à hiver frais.

L'outil géomatique (SIG et télédétection), nous a permis d'estimer et de cartographier le degré de salinité, à partir de la combinaison des mesures de terrain de la conductivité électrique et de données d'images satellitaires. D'après les résultats obtenus, le degré de la salinité moyen et le plus dominant pour les deux périodes.

La carte de changement spatio temporel réalisé fait révéler un léger changement avec évolution régressive et progressive faible, ceux-ci est peut être du à: un manque d'un réseau de drainage, ou à l'irrigation par des eaux saumâtres, ou au qualité des sols steppiques (sol peu profond surmonter d'une dalle de calcaire),

Conclusion générale

Actuellement la steppe algérienne est dans un état très inquiétant. . Elle connaît aujourd'hui une forte tendance à la dégradation qui se traduit par la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologiques et socioéconomiques.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude, dont l'objectif est d'une part le diagnostique phytoécologique, biogéographique et cartographie de la désertification du bassin versant de Brézina et d'autre part l'aménagement hydro agricole, en ciblant sur le phénomène de salinité des sols au niveau du périmètre irrigué de dayet-Zeraguet, par l'utilisation de la télédétection et le système d'information géographique.

A travers de cette étude les principaux résultats obtenu sont:

1- La richesse de la région de Brezina revient aux astéracées, aux poacées, aux chénopodiacées aux fabacées et aux lamiacées reconnues par leur résistance à la rigueur des conditions climatiques. Les phanérophytes occupent la dernière position, vu leur faible recouvrement. Les chamaephytes sont fréquentes dans la région leur nombre reste toutefois moins important que celui des thérophytes. Cette thérophytisation marquée par une invasion générale d'espèces annuelles, est avantagée par un cycle biologique court favorable à une activité végétative intense (3 à 6 mois en général), d'où le schéma général du type biologique, dans la région, est: Th > Ch > He > Ge>Ph,

La répartition biogéographique montre la dominance de l'élément Méditerranéen (23.72%) ensuite ceux d'ibéro mauritanien avec 8.47%. Aussi, nos résultats montrent qu'il existe des espèces rares dans 05 distributions biogéographiques.

Parmi les 60 taxons inféodés à la zone d'étude 13,55% sont endémiques, 3 sont considérés comme endémiques nord africaines, deux endémiques nord saharien, alors que celles d'endémique atlantique et endémique saharienne présente seulement une seule espèce.

L'indice de perturbation reste élevé (76%), ceci montre nettement la souffrance de cette région et la forte pression anthropique exercée.

Par ailleurs, l'analyse des résultats obtenus par l'AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) nous a permis de mieux appréhender certain facteurs écologiques.

Cette étude a montré que l'action synergique de l'aridité et de l'action anthropique engendrait des modifications importantes au niveau de la végétation.

De point de vue écologique et d'après nos résultats, la région d'étude, même si elle est sérieusement exposée au phénomène de la désertisation, présente des potentialités pastorales à ne pas négliger.

2- En se basant sur le concept MEDALUS, l'élaboration de la carte de vulnérabilité à la désertification de la région d'étude a permis de faire ressortir clairement les grands traits de la répartition des zones sensibles à ce phénomène de dégradation.

L'analyse des résultats obtenus montre l'importance du phénomène de désertification lequel menace pratiquement tout le bassin versant du Brezina, En effet plus de 89 % de la superficie de cette zone a été classé comme une zone fragile et critique, alors que moins de 11% seulement est classé à peu sensible à la désertification.

3- La salinité et un phénomène de dégradation de la qualité du sol, d' où l'étude de suivi et évaluation et très importante, grâce à l'outil géomatique (SIG et télédétection), qui nous a permet d'estimer et de cartographier le degré de salinité, à partir de la combinaison des mesures de terrain de la conductivité électrique et de données d'images satellitaires. D'après les résultats obtenus, le degré de la salinité moyen et le plus dominant pour les deux périodes.

La carte de changement spatio temporel réalisé fait révélé un léger changement avec évolution régressive et progressive faible, ceux-ci est peut être du à: un manque d'un réseau de drainage, ou à l'irrigation par des eaux saumâtres, ou au qualité des sols steppiques (sol peu profond surmonter d'une dalle de calcaire),

Recommandations:

Compte tenu des résultats de nos investigations, des mesures d'urgence et des actions sont proposées et doivent s'inscrire dans le cadre d'un aménagement écosystémique intégré:

- nous préconisons, pour le long et moyen terme, l'élaboration d'un programme de gestion des steppes impliquant les populations locales. Quant au court terme, nous recommandons notamment l'accroissement des réserves pastorales à travers la récupération et l'ensemencement des zones dénudées.
- la création d'une collection de référence pour ces espèces et le stockage de leurs semences est d'une importance primordiale non seulement pour leur préservation, mais aussi pour leur caractérisation et l'étude des possibilités de leur domestication en vue de leur utilisation à des fins de végétalisation.
- enfin, à défaut d'une politique nationale de sécurisation foncière en milieu steppique, la mise en place de nouvelles règles avec des mécanismes de régulation garantis par les autorités publiques pourraient être envisagées dans le cadre de la gestion de cet espace.

A fin d'éviter la détérioration de la qualité des eaux et des sols on cite les recommandations suivantes:

- Surveiller la qualité des eaux et des sols d'une façon périodique
- La lutte contre la salinisation secondaire des sols par l'irrigation avec de l'eau de mauvaise qualité chimique
- L'utilisation des produits biologiques dans la fertilisation du sol.
- Pour l'aménagement des sols salés, le drainage permet d'évacuer les sels du sol par le phénomène du lessivage.

- utiliser les bonnes techniques d'irrigation

Le besoin d'économiser les ressources hydriques passe par des systèmes d'irrigation qui assurent une bonne distribution de l'eau et par des canalisations aux joints étanches.

Un système approprié de drainage évite l'accumulation néfaste des sels à la surface et dans la couche supérieure du sol (les sels appauvrissent et abîment les cultures).

Référence bibliographiques

1. **Abbani B, et ABDE-LALI Y, 2005.** Contribution à l'étude de la qualité des eaux phréatiques sur l'état de dégradation de la palmeraie d'Ouagla. Mémoire ing. Univ d'Ouargla. p 21.
2. **Achard, F. et Blasco, F. (1990)** Rythmes saisonniers de la végétation en Afrique de l'ouest par télédétection spatiale. In P. Lafrance et J. M. Dubois. Apports de la télédétection à la lutte contre la sécheresse. Collection Universités francophones Editions AUPELF- UREF et John Libbey Eurotext, Paris, p. 1-15.
3. **Aidoud A., Nedjraoui D., Poissonet J., 1982.** Evaluation des ressources pastorales dans les hautes plaines steppiques du Sud oranais, productivité et valeur pastorale des parcours. *Biocénose*, 2: 43-61.
4. **Aidoud A., 1983.** Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud oranais: phytomasse, productivité primaire et applications pastorales. Doct 3ème cycle. USTHB, Alger, 250 p.
5. **Aidoud A., 1989.** Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés (Hautes Plaines Algéro-Oranaises, Algérie). Thèse Doct, Etat. USTBH. Alger, 240 p + ann.
6. **Aidoud A., 1992.** "Les parcours à alfa (*Stipa tenacissima* L.) des Hautes Plaines algériennes: Variations interannuelles et productivité", In: Gaston, A., Kernick, M. & Le Houérou., H.N. (eds), Actes du 4ème Congrès International des Terres de Parcours, Montpellier, France, 22-26 avril 1991, pp 198-199.
7. **Aidoud A., 1993.** Les changements climatiques dans les espaces steppiques. Causes et implication pastorale. In: Stratégie de mise en oeuvre du développement pastoral (actes du colloque), Ifrane, Maroc, pp 9-14.
8. **Aidoud A., 1994.** Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie. Cas de la steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L). *Paralelo* 37 (16): 33-42.
9. **Aidoud A., Touffet J., 1996.** La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima*), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse* 7(3): 187-193.
10. **Aidoud A., Le Floc'h E., Le Houérou H.N., 2006.** Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17 (1-2): 19-30.
11. **Allakhverdiev S.I., Sakamoto A., Nishiyama Y., Inaba M., Murata N. (2000):** Ionic and osmotic effects of NaCl induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiol.*, 123: 1047–1056.
12. **ANRH, (2003):** hydrauliques agence nationale des ressources hydrauliques
13. **Anteur D, Mederbal-Regagba Z., Belhacini F. 2017-** Appearance Biogeographique of Steppe Vegetation (Case of Brezina. El - Bayadh Southwest Algerian) ISSN: 2090-4274 Journal of Applied Environmental and Biological Sciences

14. **Aubert G. ; 1978**, Méthodes d'analyses des sols, Marseille, Editions CRDP, 360 p.
15. **Ashraf et Foolad, 2007**. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline Environ. Exp. Bot., 59 (2007), pp. 206-216
16. **Babali B., 2014**- Contribution à une étude phytoécologique des monts de Moutas (Tlemcen- Algérie occidentale): Aspects syntaxonomique, biogéographique et dynamique. Thèse. Doct. Univ. Abou Bakr Belkaid-Tlemcen. 198 p.
17. **Bacour C, Breon F M, Maignan F, 2006**. Normalization of the directional effects in NOAAVHRR reflectance measurements for an improved monitoring of vegetation cycles. Remote sensing of environment, 102 n°3-4, 402-413.
18. **Barbero M., Quezel P. & Loisel R., 1990** - Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. Forêt Méditerranéenne. XII. pp 194-215.
19. **Barry J. P., Faurel L., 1973**. Notice de la feuille de Ghardaia. Mém. Soc. Hist. nat. Afr. du N., 11, nouv. sér. 125 p.
20. **Bassisty E., 1998**. Apport de l'imagerie spatiale haute résolution (spot xs, landsat tm) à l'observation et au suivi des ressources naturelles renouvelables en zone steppique aride (sud-algérois), thèse de doctorat en Biologie des populations et des écosystèmes, Univ. d'Aix-Marseille 3, France, 227p.
21. **Bappel, E., (2005)**. Apport de la télédétection aérospatiale pour l'aide à la gestion de la sole cannière réunionnaise. Thèse de Doctorat, Université de La Réunion, St Denis (FR), 193 p.
22. **Bédrani S., 1994**. Savoirs locaux traditionnels, dégradation des terres et processus de désertification dans les pays du Maghreb. CRDI (Canada).
23. **Bedrani S. 1996**. Foncier et gestion des ressources naturelles en Afrique du nord. Cas de l'Algérie: le foncier et la gestion des ressources naturelles dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du nord. Algérie, OSS, 3-32 p.
24. **Bédrani S., 1998**. La politique de production et de consommation du lait en Algérie. In Les Cahiers du CREAD, n° 3, 1998.
25. **Belhacini F., 2015** - Contribution à l'étude floristique et biogéographiques des matorrals du versant sud de Tlemcen (Algérie occidental) Thèse. Doct. Univ. Abou Bakr Belkaid-Tlemcen. 229 p.
26. **Benabadji N., 1991** - Eude phytoécologique de la steppe à Artemisia herba-alba au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie). Thèse Doct. Science. Univ. Aix. Marseille III. St Jérôme, 219 p + annexes.

27. **Benabadji N., Bouazza M., Metge G. et Loisel R., 2004** - Les sols de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie). Synthèse. n°13. pp 20-28.
28. **Benabdeli K., 1989.** Etude diagnostic sur la situation de la steppe à alfa dans la région nord occidentale de l'Algérie. **Rapport**-bilan ORDF Tiaret, 17p.
29. **Bencherif S., 2011.** L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne, thèse de doctorat, Agro Paris Tech, Institut des Sciences et Industrie du Vivant et de l'Environnement, 269 p.
30. **Benhadj. I, 2008,** Observation spatiale de l'irrigation d'agrosystèmes semi-arides et Gestion durable de la ressource en eau en plaine de Marrakech - Délivré par l'Université Toulouse III - Paul Sabatier - thèse doctorat - P 27-31.
31. **Benmessaoud Hassen, 2009:** Etude de la vulnérabilité a la désertification par des méthodes quantitatives numériques dans le massif des Aurès (Algérie). Thèse de doctorat, Université El hadj lakhdar- Aménagement du territoire - Batna,p 227.
32. **Benrebiha A., 1984.** Contribution à l'étude de l'aménagement pastoral dans les zones steppiques: cas de la coopérative pastoral d'Ain Oussera(W. Djelfa). Thèse magister, INA d'Alger, 160 p.
33. **Bensaid A. ; Smahi Z. ; Iftene T. et Benzineh S. 2003:** Utilisation de la télédétection et des SIG pour l'aide à la surveillance du risque de dégradation des parcours steppiques *Télédétection*, 2003, vol. 3, n° 5, p. 387–402.
34. **Benslimane M. 2014:** Utilisation de la télédétection et des SIG pour la modélisation hydrologique du bassin versant de Brezina, *Le Journal de l'Eau et de l'Environnement* 18
35. **Bensouiah R., 2004.**Pasteurs et agro-pasteurs de la steppe algérienne: Enquête sur la région de Djebel Amour. *Strates*, 11: 1-10.
36. **Bensouiah R., 2006.** Vue d'ensemble de la steppe algérienne. Doc en ligne: (<http://desertification.voila.net/steppealgerienne.htm>).
37. **Berchiche T., Chassany J.P., Yakhlef H., 1993.** Evolution des systèmes de production ovin en steppe algérienne. In Séminaire International du Réseau Parcours. Ifran, Maroc, 14-18 septembre 1992.
38. **Bonn F., Rochon G., 1992** Précis de télédétection Volume 1, Principes et méthodes Presses de l'Université du Québec/AUPELF
39. **Boukhobza M., 1976.**Nomadisme et colonisation. Analyse des mécanismes de déstructuration et de disparition de la société pastorale traditionnelle en Algérie. Thèse de 3ème Cycle de Sociologie. Paris V. (Publication en 1982: L'agro pastoralisme traditionnel en Algérie, OPU, Alger, 458p).

40. **Boukhobza M., 1982.** L'agropastoralisme traditionnel en Algérie: de l'ordre tribal au désordre colonial. OPU ; Alger, 458p.
41. **Boutonnet J.P., 1989.** La spéculation ovine en Algérie, un produit clé de la céréaliculture. INRA-ENSAM Montpellier, série notes et documents n°90, 50p.
42. **Bouxin G., 1987.** Le traitement statistique des tableaux de relevés de végétation. 2. Les ensembles de tableaux et les grands tableaux. *Biom.-Praxim.*, 27, 65-97.).
43. **Cayrol, P., (2000).** Assimilation de données satellitaires dans un modèle de croissance de la végétation et de bilan d'énergie. Application a des zones semi-arides. Toulouse: Thèse de doctorat de l'université Paul Sabatier. 244 p.
44. **CCT, 1999.** Cours de télédétection du Centre canadien de télédétection (C.C.T). Le site consulter le 22/10/2009 (version française), adresse électronique: <http://www.ess.nrcan.gc.ca>
45. **Chaabane A., 1993** - Etude de la végétation du littoral septentrional de la Tunisie: Typologie, Syntaxonomie et éléments d'aménagement. Thèse. Doct. ès Sci. Univ. Aix-Marseille III. 338 p.
46. **Cherbuy B., 1991** - Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170p.
47. **Cibois P., 1987** - L'analyse factorielle. Paris, PUF.
48. **Corbane, C, 2006.** Reconnaissance des états de surface en milieu cultivé méditerranéen par télédétection optique à très haute résolution spatiale. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, Sciences: Terre, Eau, Espace. Montpellier, 264 p.
49. **Cornet A., 2002.** La désertification à la croisée de l'environnement et du développement: un problème qui nous concerne, Sommet du Développement Durable, Johannesburg, 2002: 93-130.
50. **Couderc R., 1979.** Géographie et développement: Les Hautes Steppes occidentales, Thèse d'État, Montpellier III, 655 pages.
51. **Cramer GR (2002)** Sodium-calcium interactions under salinity stress. In 'Salinity: environment-plants-molecules'. pp. 205-228. (Kluwer Academic Publishers: London)
52. **C.S.F.D, 2002.** La télédétection: un outil pour le suivi et l'évaluation de la désertification .Document n° 02, du Comité Scientifique Français de la Désertification ; 48 p.
53. **Dahmani M., 1996** - Diversité biologique et phytogéographique des chênaies vertes d'Algérie. *Ecologia Mediteranea* XXII. (3/4). pp 19-38.
54. **Dahmani-Megrerouche M., 1997** -Le chêne vert en Algérie. Syntaxonomie,Phytosociologie et dynamique des peuplements. Thèse doct. ès-sciences. Univ. Houari Boumediene. Alger. 329 P + annexes.

55. **Daget PH., 1980a** - Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative, cas des thérophytes. In « Recherches d'écologie théorique ». Les stratégies adaptatives. pp 89-114.
56. **Daoud Y., 1993**: Contribution à l'étude des sols des plaines de Cheliff, le phénomène de
57. **Douaoui A., 2005**. Variabilité Spatiale de la salinité et sa relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Chéliff. Apport de la géostatistique et de la télédétection. Thèse Doct d'état, INA Alger, 233 p.
58. **Douaoui A., Nicolas H., Walter CH., 2006**. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma* 134: 217–230.
59. **Denden et al., 2005**. Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementale. *Tropicultura*, 2005. Vol 23, °n4, pp. 220-225
60. **Deshayes M., Maurel P., 1990**. L'image spatiale et son contenu. CIHEAM-Options méditerranéennes, Ser. A, 4-La télédétection en agriculture, 20 p.
61. **DGF., 2007**. Direction générale des forêts. L'expérience algérienne dans la lutte contre la désertification. Comm. Atelier International du Parlement Panafricain sur la Lutte contre la désertification, Alger du 02 au 04 Avril 2007.
62. **Djebaili S., 1978**. Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse Doct., Montpellier, 229 p.
63. **Djebaili S., 1984**. Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. OPU. Alger, 177 p + ann.
64. **Djellouli Y., 1981**. Etude climatique et bioclimatique des Hauts plateaux du sud oranais. (Wilaya de Saïda). Comportement des espèces vis-à-vis des éléments du climat. Thèse Doct., 3ème cycle, Alger, Univ. Sei. Techn. H. Boumediène, 178 p.
65. **Djellouli Y., Nedjraoui D., 1995**. Evolution des parcours méditerranéens. In pastoralisme, troupeau, espaces et société. Ed Hatier, 440-454.
66. **Djili, K. & Daoud, Y. 1999**. Distribution latérale et vertical de l'ESP des sols du Nord de l'Algérie compte rendu de la semaine nationale sur la salinisation des terres agricoles. C.R.S.T.R.A. Chélif le 1 et 2 Juin, n° 99, pp: 25-44.
67. **Douette, M., 2001**. Etude de la caractérisation des paysages à l'échelle régionale. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie, 117 p. ENESAD – 2001.
68. **Durand J.h, 1983**. Les sols irrigables, étude pédologique. Edit. Imprimerie, Paris 339 p.
69. **Durand J.H., 1983**: Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. P.U. France, 190 p.

70. **Doran et al., 1994:** Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America Special Publication Number 35, Soil Science Society of America, Inc. and American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin. 244 pp.
71. **F.A.O. 1997:** Gestion des écosystèmes fragiles: lutte contre la désertification. Cahier F.A.O. Conservation 21.
72. **FAO, 2002.** Wetland development and management in SADC countries. Proceedings of a sub-regional workshop, 19-23 November 2001, Harare, Zimbabwe. Editors: Karen Frenken and Isiah Mharapara. FAO-SAFR, Harare, 190 pages.
73. **F.A.O. 2004:** Système d'information des forêts. Profils des pays – Algérie – dernière mise à jour: 31 Déc. 2000.
74. **FAO. 2005:** Utilisation des engrais par culture en Algérie. FAO Rome, 61 p.
75. **Ferdinand B. 1996:** Précis de télédétection, Volume2, Applications thématiques. Ed: Presse de l'Université Du Québec, pp 617.
76. **Floret Ch., LE Floc'h E., Pontanier R. et Romane F., 1978** – Modèle écologique régional en vue de la planification et de l'aménagement agro-pastoral des régions arides. CNRS/CEFE. Montpellier. ORSTOM. Paris. 74 p.
77. **Gadrat B., 1999** -Forme des plantes. Site web.
78. **Gaucher G. et Burdin S., 1974.** Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés. Presse, Unis'. France, 227p.
79. **Gao, H. (1989).** Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science, Vol. 40, pp. 196-203
80. **Gay. M, 1999.** Cours rédigé de télédétection sur la classification des images satellitales à l'Ecole Supérieure d'Agriculture de PURPAN.
81. **Godron M., 1984** - Ecologie de la végétation terrestre. Masson. Paris. 196 p.
82. **Gomez C. (2004).** Potentiels des données de télédétection multisources pour la cartographie géologique: Application à la région de Rehoboth (Namibie). *Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon, 210 pp.*
83. **Gregory B, 2005.** Ecophysiologie de semis de conifères ectomycorhizes en milieu salin et sodique. Thèse de doctorat en science forestières 190p.
84. **Girard M.C. & Girard C.M., 1999.** –Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris,
85. **Hadeid M., 2009.** Politiques de développement régional dans les Hautes Plaines occidentales algériennes: un bilan mitigé, Développement durable et territoires [En ligne], Varia, mis en ligne le 26 mai 2009. URL: <http://developpementdurable.revues.org/8190>.

86. **Haddouche I. 2002:** Utilisation de la télédétection pour l'étude de la déforestation en milieu semi-aride- Cas de la région de Djelfa. Rapport de stage.P34
87. **Halitim A., 1973:** Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3^{ème} cycle. Univ de Renne, 176 p.
88. **Halitim A., 1988:** Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p
89. **Hamdi A, 1999.** Saline irrigation and management for sustainable use In: Advanced Short Course on saline irrigation Proceeding, Agadir.152-227.salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux. Thèses doctorat d'état.INA. Alger, 193 p.
90. **Hamdy A., Lasram M et Lacirgnoda C., 1995:** Les problèmes de salinité dans la zone méditerranéenne compte rendu. Acad. D'agri. De France action (1).vol 81 (2). Paris. Séance spécialisée du 22 Mars 95, pp: 47- 60.
91. **Haouala F, Ferdjani H, Ben Elhadji S, 2007.** Effets de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺, et Ca⁺⁺) et du chlore (CL⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray gras anglais et du chiendent.Biotechnology, Agronomie, Société et Environnement, vol .11, N°. 3: 235-244.
92. **HCDS, 2003.** Haut-Commissariat au Développement de la Steppe. Rapport d'activité annuel. Département d'aménagement pastoral, 16p.
93. **HCDS, 2012.** Haut-Commissariat au Développement de la Steppe. Commissariat Régional Saida. Rapport d'activité annuel, 10p.
94. **Hoffer A M, 1978.** Biological and physical considerations in applying computer aided Analysis techniques to remote sensor data.In remote sensing. The quantitative approach, Edswain, and Davis Mcgraw-Hili book company. 227-289 p.
95. **Hill M.O., 1973 -** Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. *J. Ecol*, 61: 237-249.
96. **Hirche A., 1995.** Contribution à l'étude de l'image satellitaire à l'inventaire cartographique et phytoécologique d'une zone présaharienne. Cas d'Ouled Djellal. Mémoire de magister, université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger.
97. **Hirche A., Boughani A., Salamani M., 2007.** Evolution de la pluviosité dans quelques stations arides algériennes. Science et changement planétaire, *Sécheresse*, 18 (48): 121-124 pp.
98. **Huete, A. R. (1988),** A soil-adjusted vegetation index (SAVI), Remote Sens. Environ. 25: 295-309.
99. **Iptrid. (2006):** conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation. p 2, 11.

- 100. Jean-Paul Lacombe & David Sheeren, 2007.** Cours de télédétection aérospatiale, École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse.
- 101. Jauffret S., 2001.** Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes Méditerranéens arides: Application au suivi de la désertification dans le Sud tunisien. Thèse doc. Univ. de droit, d'économie et des sciences. Aix –Marseille. 325 p + Annexes.
- 102. Kaabeche 1990-** Les groupements végétaux de la région de Bou Saada
Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb Thèse Doctorat. Univ. Paris sud
Centre d'Orsay.
- 103. Kaufman, Y. J., and Tanre, D., 1992,** Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS. I.E.E.E. Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 30, 261-270
- 104. Khelil A., 1995 -** L'écosystème steppique, quel avenir, O.P.U. Alger
- 105. Keren R. (2000),** *Salinity*. In: Sumner M.E. (Ed). Handbook of Soil Science. CRC Press, NY, USA, pp G3-G25.
- 106. Kermad M., 1989.** Apport de l'imagerie satellitaire à moyenne résolution spatiale à la perception des ressources naturelles renouvelables en zone aride méditerranéenne (hauts plateaux sud oranais). Mém. D.E.A. univ. Nice, 137p.
- 107. Khaldi A., 2011.** Elevage et processus de désertification de la steppe algérienne, *Rev Eco Env.* (7): 101-112 pp.
- 108. Koechlin J., 1961 -** La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo (Brazzaville). Mémoire ORSTOM. n°10. Paris. 310 p.
- 109. Congo (Brazzaville).** Mémoire ORSTOM. n°10. Paris. 310 p.
- 110. Kosmas, C., Kirkby, M. and Geeson, N. 1999.** Manual on: Key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. European Commission, Energy, Environment and Sustainable Development, EUR 18882, 87 p.
- 111. Krieger F, Malila W, Nalepka R, richerdson W, 1969.** Preprocessing transformations and their effects on multicpectral recognition. In: proc. Of the 6th Int. Symp. On remote sensing of environment. 97-131. University of Michigan, Ann arbor.
- 112. Labani L., Benabdeli K., Kefifa A., 2006.** Fluctuations climatiques et dynamique de l'occupation de l'espace dans la commune d'Ain El Hadjar (Saïda, Algérie) *Sécheresse*, 17 (3): 391-399 pp.
- 113. Lacoste A., 1972 -** La végétation de l'étage subalpin du bassin sup. de la Tigne (Alpes maritimes). Thèse Doct. Univ. Paris-Sud. Centre d'Orsay. 295 p.
- 114. Le Houérou H.N., 1968.** La désertisation du Sahara septentrional et des steppes limitrophes. *Annales algérienne de géographie* 6: 2-27 pp.

115. **Le Houérou H.N., 1969.** La végétation de la Tunisie steppique (avec références aux végétations analogues d'Algérie, de Libye et du Maroc). *Annales I.N.A.* n° 42, 5. Tunis, 624p.
116. **Le Houérou H.N., Claudin J., et Pouget M., 1977.** Etude bioclimatique des steppes algériennes avec une carte bioclimatique au 1/1 000 000. *Bull. Soc. Hist. Afri. Nord:* 36-40.
117. **Le Houérou H.N., 1980** – L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne. 1ère partie. Forêt méditerranéenne, II, 1: 31-44.
118. **Le Houérou H.N., 1985.** La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et d'évaluation. 18 Nov., 2 Déc. 1985, ministère de l'Agriculture, Alger.
119. **Le Houérou H.N., 1987** - Les ressources fourragères de la flore nord-africaine. FAO-European Cooperative Network on pasture and fodder crop production, bull. N° 5, C.R.I.A., Extremadura, Badajoz. pp. 127-132.
120. **Le Houérou H.N., 1989.** "Situation actuelle des parcours en Afrique du nord". *Ass. Franç. De pastoralisme*, Montpellier, 12p.
121. **Le Houérou H.N., 1995.** Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification, *Options méditerranéennes*, série B: recherche et études: 1-396 pp.
122. **Le Houérou H.N., 1995:** Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. Option méditerranéenne. Série B: études et recherches n 10 ; Cheam. Montpellier, 397 p.
123. **Le Houérou H.N., 1995.** Bioclimatologie et biogéographie des steppes Algériennes. Apport de mission de consultation et évaluation. ESAT. Dr de sciences consultant. pp2-18.
124. **Le Houérou H.N., 1998.** A probabilistic approach to assessing arid rangelands' productivity, carrying capacity and stocking rates. IFAD series: technical reports, 159–172.
125. **Le Houérou H.N., 2000.** Utilization of fodder trees and shrubs in the arid and semiarid zones of West Asia and North Africa. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14: 101-135 pp.
126. **Loisel R. et Gamila H., 1993** - Traduction des effets du débroussaillage sur les écosystèmes forestiers et préforestier par un indice de perturbation. *Ann Soc. Sci. Nat. Archéol. de Toulon du Var.* pp 123-132
127. **Mabutt J.A. et Floret C. 1983.** Etudes de cas sur la désertification, document élaboré par le PNUE, le PNUD et l'UNESCO, coll. Recherches sur les ressources naturelles, France.
128. **Marc Robin ,2002** . « Étude des risques côtiers sous l'angle de la géomatique », *Annales de Géographie*, n° 627-628, p. 471-502.
129. **Marmonier .P ; 2002:** L'information géographique. ENSG/CERSIG, 11p.
- Mederbal K., 1992.** Compréhension des mécanismes de transformation du tapis végétal: approches phytoécologiques par télédétection aérospatiale et analyse dendroécologique de Pinus

halepensis Mill. dans l'ouest Algérien. Thèse d'Etat ès Sciences, Université d'Aix Marseille III. 229 p.

130. Mederbal K., 1996 - Recherches écologiques sur les zones arides et semi-arides: la cartographie écologique, une base nécessaire pour l'écodéveloppement. Congrès International Ecodev96 « Evaluation des Méthodes d'approche de L'écodéveloppement des Zones arides et Semi-Arides », Adrar 13-16 Novembre 1996, 10p.

131. Mederbal K. (2002) – Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie. Recueil des communications de l'atelier n°2, Alger, 10-11/12/2002: le surpâturage, le défrichement et la désertification, pp. 27-61.

132. Mederbal, Kh., Josa, R2., Boukhari, Y.1, Mas, M.T.2, Khader, M1., Ouldali, O1., Regagba, Z.1, Tadjeddine, N.1, Verdu, AMC.2009 écosystèmes steppiques (cas de Brezina – el bayadh) Séminaire International « La Préservation et la Mise en Valeur de l'Ecosystème Steppique» M'SILA.

133. Medour R., 2010 – Bioclimatologie, Phytogéographie et phytosociologie en Algérie exemples des groupements forestiers et pré forestiers de la kabylie Djurdjurenne Thèse Doctorat.Univ. Mouloud Mameri .Tizi Ouzou

134. Mennasser AS, 2009. Essais d'optimisation de fertilisation organique dans les conditions salins cas d'Ouargla. Mémoire ing. Univ Ouargla. pp 1-10.

135. Mermoud, 2006. Cours de physique du sol: maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne ,23p.

136. Metternicht, G.I. & Zinck, J.A.: *Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints.* Remote Sensing of Environment, 85(1), 1-20, 2003.

137. M'herit O., 1982. Etude écologique et forestière des Cédraies du Rif marocain. *Ann. Rech. Forest. Maroc*, 22, 1-502.

138. Milton S J., Dean W R., Du Plessis M., Siegfried W R., 1994. A Conceptual Model of Arid Rangeland Degradation. *Bioscience*, 44(2): 707-718.

139. Moulai, 2008 - Développement agricole et rural étude nationale Algérie, Vol. 1, institut d'Agronomie Méditerranéen de Montpellier, 44p

140. Montchaussé G., 1977. La steppe algérienne: Causes et effets d'une désertisation. In *Peuples méditerranéens* n°: 1 (Oct-Déc), Editions Anthropos, Paris, 123-151p.

141. Nahal L. 1975. Principe de conservation du sol, Masson et Cie, 140 p.

142. Nedjraoui D., 1981. Evolution des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation (*Artemisia herba alba*. *Asso*, *Lygeum spartum*.L et *Stipa*

tenacissima.L) des hautes plaines steppiques de la wilaya de Saida. Thèse de Doctorat, USTHB, Alger, 180 p.

143. Nedjraoui D., 1997. Etat, conservation et gestion des écosystèmes forestiers steppiques et sahariens en Algérie. Rapport d'expert PNAE, Banque Mondiale, 89p.

144. Nedjraoui D., 2002. Les ressources pastorales en Algérie. Doc FAO en ligne: www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm.

145. Nedjraoui D., 2004. Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques Algériennes et définition des indicateurs de dégradation. *Options méditerranéennes*, 62: 239-243 pp.

146. Nedjraoui D., 2012. Profil fourrager (Algérie), Doc FAO en ligne: <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm>.

147. Needjtaoui Dalila et Bédrani Slimane, 2008 La désertification dans les steppes algériennes: causes, impacts et actions de lutte

148. Noomene, H., 2011. Etude de la salinité des sols par la méthode de détection électromagnétique dans le périmètre irrigué de KalaatLandelous en Tunisie: Cas d'une parcelle de courge. Mastère de recherche en environnement. Faculté des lettres, des arts et des humanités Manouba, Tunisi, 120 pages.

149. Oustani M, 2006. Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla) .Thèse Magister.Uuniversité .Ouargla. 187p

150. O.N.S., 1999. Office National des Statistiques. Annuaire statistique de l'Algérie, résultats 1996. Alger. 359 pages.

151. Orshan G., Montenegro G., Avila G., Aljaro Me., Walckowiak A. et Mujica Am., 1985 - Plant growth forms of chilean matorral species. A monocharacter growth form analysis along an altitudinal transect from sea level to 2000. Bull. Soc. Bot. Fr.(Actual Bot). (2-4): 411 - 425

152. Ozenda P., 1982 - Les végétaux dans la biosphère. Doin. Paris. 430 p.

153. Pouget M., 1977. Cartographie des zones arides: pédologie, géomorphologie, groupements végétaux, aptitudes du milieu à la mise en valeur: région de Messad- AïnEl Ibel. D.E.M.R.H. O.R.S.T.O.M, Notice, 64 p.

154. Paw, 2003 plans d'aménagement du territoire de la wilaya d'el-bayadh-2003

155. Pouget M., 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. Edition ORSTOM., Paris, 569 p.

156. Pinty, B., and Verstraete, M. M., 1992, GEMI: a non-linear index to monitor global vegetation from satellites. *Végétation*, 101, 15–20

- 157. Prax P., 1850.** Plantes de Constantine, de Batna, de Biskra, du Souf et de Touggourt (plantes pharmaceutiques). *Revue de l'Orient de l'Algérie et des Colonies*, p. 277-285.
- 158. Quèzel P., SANTA S., 1962-1963.** Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, vol. 1-2. Paris, C.N.R. S .1170 p.
- 159. Quèzel P., 2000** – Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 109 p.
- 160. Qi et al. (1994).** Modified soil adjusted vegetation index (MSAVI) Remote Sensing of Environment, 48 (1994), pp. 119-126
- 161. Ramade F., 1984.** Eléments d'écologie-écologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397 p.
- 162. Regagba Z., 1999** - Mise au point d'une méthode d'étude et d'aménagement des systèmes écologiques de l'Atlas Saharien méridional: Cas du bassin versant et des terres irrigables du barrage de Brézina (El Bayadh). Mémoire Magister, Université Djilali Liabès, Sidi Bel Abbès, 107 p.
- 163. Regagba Zineb, 2012** Dynamique des populations végétales halophytes dans la région sud-est de Tlemcen. Aspects phytocologiques et cartographiques -thèse de doctorat en biologie- université de Tlemcen.
- 164. Reguig, M. (2010):** la contribution à l'étude phytoécologique des groupements forestiers-daïra d'Ouled Brahim-W de Saida. M.E.M, Univ de Saida.
- 165. Rognon P., 1996.** Sécheresse et aridité: leur impact sur la désertification au Maghreb. *Sécheresse*, 7 (4): 287-297.
- 166. Romane F., 1987** -Efficacité de la distribution des formes de croissance pour l'analyse de la végétation à l'échelle régionale. Thèse Doct. Es. Science. Marseille
- 167. Richardson, A. J., and Wiegand, C. L. (1977),** Distinguishing vegetation from soil background information, *Photogramm. Eng.* 43: 1541-1552.
- 168. Rochdi N, 2003.** Un modèle générique d'agrégation des feuilles dans un couvert végétal: application à la simulation du transfert radiatif. Thèse de doctorat de l'INAPG. Institut national agronomique de Paris Grignon. 163 p.
- 169. ROSELT/OSS., 2008.** Surveillance environnementale à long terme en réseau circum-saharien: synthèse Afrique du Nord: flore-végétation-occupation des terres, document de travail, Tunis. 65p
- 170. Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, 1974.** Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309-317.

- 171. Rouse J W, Haas R H, 1973.** Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. Third ERTS Symposium, 1, 309-317.
- 172. Riahi Chandoul Ibtissem, Samir Bouaziz, et Hamed Ben Dhia ,2014**Utilisation des SIG pour l'évaluation de la sensibilité à la désertification par l'approche MEDALUS Application « région de Gabès »
- 173. Seltzer P,**Le climat de l'Algérie, 1 vol., 219 p, Carbonel Alger. (1946).
- 174. Selch, 2012.** Comparing Salinity Models in Whitewater Bay using Remote Sensing. Institution: Florida Atlantic University.
- 175. Servant J. et Servat M., 1966-**Introduction à l'étude des sols salés littoraux du Languedoc-Roussillon. Ann. Argon. N° 17(1) pp. 53-73.
- 176. Servant J.M. 1975:** Etude pedologique des sols halomorphes. Thèse. Doc. Uni. Montpellier, 194p.
- 177. S.O.C.O, 2009.** Sustainable Agriculture and soil conservation: Salinisation et codification <http://soco.jrc.ec.europa.eu>
- 178. S.O.C.O., 2009.** Final Report on the Project 'Sustainable Agriculture and Soil Conservation, European commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development, Luxemburg 2009.
- 179. Sandholt I., Rasmussen K. and Andersen J., 2002.** A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. In: Remote Sensing of Environment, 79 (2-3), p. 213-224
- 180. Soltner D., 1989:** Les bases de la production végétale Tome I. Le sol et son amélioration. 22^{ème} édition. Ed. Sciences et techniques agricoles, 407 p.
- 181. Stambouli-Meziane H., 2010** –Contribution à l'étude des groupements à psammophiles de la région de Tlemcen (Algérie occidentale). Thèse. Doct. Univ. Abou BakrBelkaid-Tlemcen. 226 p.
- 182. Soudani. K, 2005.** Cours rédigé de télédétection. Introduction générale à la télédétection.
- 183. Soudani, K., 2006.** Corrections atmosphériques, géométriques et classification des images de télédétection sous ENVI. Travaux Dirigés en télédétection, Version PDF. Univ Paris Sud XI 18p.
- 184. Tabet Aoul M., 1998.** 'Développement Durable et Stratégie de l'Environnement', OPU, Alger, 1998.
- 185. Ter braak C.J.F. et Prentice I.C., 1988** - A theory of gradient analysis. Advances in Ecological Research. 18: 271-317
- 186. Thomas D. S. G., 1995,** Desertification: Causes and processes, In: Encyclopedia of Environmental Biology, Vol. 1, ed. W. A. Nierenberg, San Diego, Academic Press, 463-473.

- 187. Trabut L., 1889.** Étude sur l'Halfa. Jourdan, Alger, 90 p.
- 188. Tucker C. J.; Justice, C.O.; et Prince S.D., 1986:** Monitoring the grasslands in the Sahel 1984-1985, International Journal of Remote Sensing, Vol. 7, p.1571-1581.
- 189. Ward J -H., 1963 -** Hierarchical grouping to optimize an objective function Journal of the American Statistical Association. Vol. 58. pp 238-244.
- 190. Weexteen R., 1977.** Révolution agraire et pastoralisme. In « Problèmes agraires au Maghreb », Editions CNRS, Paris, pp 195-201.
- 191. Weiss M, 1998.** Développement d'un algorithme de suivi de la végétation à large échelle. Thèse de doctorat de l'Université de Nice-Sophia Antipolis, Un Nice-Sophia Antipolis.
- 192. Yerou H., 2013.** Dynamique des systèmes d'élevage et leur impact sur l'écosystème steppique: cas de la région de Naâma (Algérie occidentale). Thèse doctorat, Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen, 135 p.
- 193. Zair Mustapha, 2011** Bilan écologique et socio-economique des reboisements dans la wilaya de naama et perspectives d'avenir –thèse de Magistère en Foresterie- université de telemcene-

Les Annexes

Annexe 1:

Tableau 50. Répartition des précipitations moyenne mensuelles en mm (1990-2014)

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
El Bayadh	21,33	19,44	29,96	30,97	24,27	17,26	7,32	13,41	29,21	37,69	29,82	23,16	243,68
El Kheither	12,41	13,72	19,99	23,58	26,65	10,73	7,71	14,92	29,06	39,67	30,71	14,50	283,86
B.S. Chikh	15	5	16	14	11	4	2	4	17	20	13	17	138

*Office National de Météorologie (ONM, 2015).

Tableau 51. Températures moyennes mensuelles (°C) durant la période (1990-2014)

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
El Bayadh	4,9 2	6,6 7	10,5	13,7	18	23,6	27,7	27	21,8	16,4	9,46	6,1 5
El Kheither	6,6 6	7,8 6	11,6 1	14,4 2	18,9 2	24,2 9	28,5 5	28,0 2	22,4 3	17,5 5	10,9 8	7,5 5
B.S. Chikh	7,3 5	9,2 5	12,2	16,3	20,2 5	26,3 5	29,9	29,1	24,0 5	17,9	12,3	8

*Office National de Météorologie (ONM, 2015).

Tableau 52. Pourcentage des types morphologiques de la zone d'étude

Station	Herbacées annuelles		Herbacées vivaces		Ligneuses vivaces	
	nbre	%	nbre	%	nbre	%
Brezina	29	46,78	17	27,42	16	25,80

Tableau 53: Le taux du degré de rareté dans les principales distributions biogéographiques. Selon Quezel et Santa (1962)

Origines Biogéographiques	Nombre d'espèces totales	Degré de Rareté	
		Total des Espèces AR, R, RR, RRR.	Taux en (%)
Sah Sind	2	1	50%
End G Atlsoursenis	1	1	100%
Sah	5	2	20%
Paleosub trop	2	1	50%
Alg Mar	1	1	100%
And Sah	1	1	100%
Mar	1	1	100%
Circumbor	1	1	100%
Ibero Maur	5	1	20%

Tableau 54: Répartition des types biogéographiques.

Type biogeographique	Nombre	%
Eurméd	2	3,28
End N.A	4	6,56
Esp des Canaries à l'egyptAsieOcc	1	1,64
Sah	5	8,18
SahMéd	3	4,91
Sah Sind	2	3,28
End Nord Sah	2	3,27
End G Atlas oursenis	1	1,64
Méd	15	24,6
Ibero Maur	5	8,2
Pléosub trop	2	3,28
Alg Mar	1	1,64
End Sah	1	1,64
E Méd	1	1,64
Mar	1	1,64
N A	2	3,28
Paléo temp	1	1,64
SahsindMéd	2	3,28
Iran Tour Eur	1	1,64
MédAtl	1	1,64
MacarMéd	1	1,64
Sub Med Sib	1	1,64
Cosm	1	1,64
Euras N A	1	1,64
Circumbor	1	1,64
W Méd	3	4,91

Tableau 55: Moyennes mensuelles de la pluviométrie (1985-2014)

Station	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ain Skhouna	18.4	12.8	21.8	18.8	19.2	9.9	4	6.6	17.4	24.3	17.1	14.3

Tableau 56: Tableau brut de l'ensemble des relevés floristiques

Date		22/03/2015					23/03/2015										24/03/2015				
N° d'ordre des relevés		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	Présence
N°0 1	<i>Anacyclus clavatus</i>															+1					1
N°0 2	<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>					+1															1
N°0 3	<i>Artemisia herba-alba</i>															+1	+1	+1			1
N°0 4	<i>Arthrophytum schmittianum</i>	2.1	1.1	2.1	+1	+1		2.1	1.1	2.1	+1	+1	1.1	+1							12
N°0 5	<i>Arthrophytum scoparium</i>					+1		+1			+1	+1									4
N°0 6	<i>Asteriscus pygmaeus</i>							+1													1
N°0 7	<i>Astragalus cruciatus</i>															+1			+1		1
N°0 8	<i>Astragalus gombo</i>															+1				+1	2
N°0 9	<i>Astragalus reinii</i>		+1				+1		+1												3
N°1 0	<i>Astragalus Incanus</i>																			+1	1
N°1 1	<i>Atractylis gummifera</i>	+1				+1															2
N°1 2	<i>Atractylis humilis</i>		+1			+1															2
N°1 3	<i>Atractylis serratuloide</i>							+1		+1				+1		+1					4
N°1 4	<i>Atriplex canescens</i>		1.1	+1		+1				+1	+1										5
N°1	<i>Atriplex glauca</i>					+1				+1	1.1										3

