

N° d'ordre...

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département des Sciences de l'Environnement

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Présentée par :

Mr SAIDI Abdelmoumene

Spécialité : Sciences biologiques

Option : Biodiversité végétale et valorisation

Inventaire et analyse de la phytodiversité dans les
steppes à armoise blanche de la wilaya de SAIDA
(Algérie occidentale)

Soutenue le 29.05.2017

Devant l'honorable jury composé de :

<i>Président de jury</i>	: Mr LATRECHE Ali	(Professeur, UDL/SBA)
<i>Examineurs</i>	: Mr HASNAOUI Okkacha	(Professeur, UMT/ Saida)
	: Mr TERRAS Mohamed	(Maître de conférences (A), UMT/ Saida)
<i>Directeur de thèse</i>	: Mr MEHDADI Zoheir	(Professeur, UDL/SBA)

Année universitaire 2016 - 2017

Remerciement

J'exprime mon respect et ma profonde gratitude à monsieur le professeur **MEHDADI Zoheir**, mon directeur de thèse qui n'a ménagé aucun effort pour assurer l'encadrement de ce travail, après ceux d'ingénieur et de magistère. Je le remercie vivement, son expérience, son aide, ses orientations, ses suggestions, ses conseils et ses critiques constructives, m'ont vraiment aidé à élaborer cette thèse.

Je tiens à remercier monsieur **LATRECHE Ali** Professeur à l'université Djillali Liabes de Sidi-Bel-Abbès, de l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury de cette thèse.

Je me dois tout autant de remercier monsieur **HASNAOUI Okkacha**, Professeur à l'université Moulay Tahar de Saida, pour avoir accepté de faire partie du jury et de juger ce travail,

Mes profonds remerciements à monsieur **TERRAS Mohamed**, Maître de conférences à l'université Moulay Tahar de Saida, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je suis très reconnaissant à toutes les personnes qui ont contribué dans la réalisation de ce travail et ont permis par leur aide, leur soutien et leurs conseils, de le mener à bien : monsieur **KEFIFA Abdelkrim** (maître de conférences à l'université de Saida) dans la réalisation des cartes, monsieur **HENNI Mustapha** (maître de conférences à l'université de Saida) dans les sorties de terrain et le traitement statistique des résultats, monsieur **RABEHI Fouzi** (technicien en cartographie à l'HCDS) et monsieur **ANTAR Djamal** (maître assistant à l'université de Saida) pour leurs aides dans l'élaboration des cartes et le travail de télédétection.

Également, j'adresse mes remerciements à tout le personnel du HCDS Saida, qui m'ont aidé dans le travail de terrain et la réalisation des relevés en particulier Monsieur **BOUHALOUANE Slimane** (technicien en agronomie) et **BELLAH Abdelkader** (ingénieur en agronomie).

Je souhaite remercier vivement toutes les personnes qui m'ont aidé dans mon travail de laboratoire en particulier Mr **KADARI Mohamed** (Docteur en chimie, chef de laboratoire au niveau de l'ONA).

Je demande enfin à toutes les personnes sollicitées dans le cadre de ce travail de trouver ici l'expression de ma profonde gratitude et de mes remerciements les plus chaleureuses.

Dédicace

*À ma très chère mère, qui m'a toujours
encouragé et motivé dans mes études.*

*À ma femme qui m'a soutenu et encouragé
durant la réalisation de ce travail.*

À mes enfants (Mohamed et Malek)

À mes sœurs et mes frères

À mes amis

Je dédie ce travail.

Résumé

Notre travail a pour objectif la caractérisation de la composition floristique et édaphique des formations steppiques à base d'armoise blanche (*Artemisia herba alba* Asso.) à travers la région steppique de la wilaya de Saida, dans sept stations appartenant aux communes de Moulay Larbi, Sidi Ahmed, Maamora et Ain Skhoua. L'étude a été entreprise durant les années 2013, 2014 et 2015. Elle tente d'inventorier la végétation naturelle et de la caractériser en terme écologique tout en mettant en relief l'importance des conditions du milieu. La méthode utilisée consiste à déterminer la composition floristique des espèces moyennant des relevés phytocéologiques et l'étude des paramètres édaphiques. En parallèle, nous avons élaboré une carte de répartition des formations d'armoise blanche dans la zone d'étude. Les traitements statistiques des données ont été effectués par l'analyse factorielle des correspondances (AFC) et la classification hiérarchique ascendante (CHA). Subséquemment, nous avons étudié les variations spatio-temporelles des paramètres floristiques essentiels (taux de recouvrement de la végétation, richesse floristique, diversité spécifique, types biologiques, composition systématique.).

Les résultats de l'analyse spatiale montrent une richesse floristique importante des formations d'armoise blanche avec un total de 77 espèces inventoriées dans la zone d'étude. Le spectre biologique est caractérisé par une nette dominance des thérophytes par rapport aux autres types biologiques. De point de vue systématique, 65 genres appartenant à 24 familles botaniques sont déterminés dans la zone d'étude, le plus grand nombre d'espèces appartient à la famille des Astéracées. Les Poacées, les Fabacées, les Caryophyllacées et les Boraginacées sont présentes aussi avec des taux importants. L'analyse du spectre biogéographique fait ressortir la dominance des espèces d'affinité méditerranéenne alors que les espèces endémiques représentent 10 % des espèces inventoriées. L'analyse des données relatives au recouvrement moyen des sept stations fait ressortir trois classes : une classe de stations qui présentent des taux de recouvrement moyen dépassant les 50 % ; une classe de stations avec un taux de recouvrement moyen entre 30 et 50 % ; une classe de stations avec un taux de recouvrement moyen moins de 30 %. La production moyenne en matière sèche varie d'une station à l'autre (entre 540 et 2 550 kg MS/ha) ; elle est en relation avec l'état de dégradation des stations. Les 63 relevés floristiques et 77 espèces inventoriées soumis à l'analyse factorielle des correspondances et à la classification hiérarchique ascendante ont permis l'individualisation et la hiérarchisation de quatre groupes de stations. C'est à la fois le paramètre édaphique notamment la texture et la salinité du sol et la composition floristique qui expliquent l'information apportée par les deux premiers axes retenus dans cette analyse. Les analyses physico-chimiques des sols montrent que les sols de la zone d'étude sont des sols superficiels, de texture limono-sableuse et pauvres en matière organique. Les résultats de l'analyse des variations temporelles du cortège floristique ont été mis en évidence par la comparaison interannuelle sur trois années (2013, 2014 et 2015) : 87 espèces ont été répertoriées sur les 187 relevés effectués durant les trois années d'étude sur les formations d'armoise blanche de la zone steppique de la wilaya de Saida (27 relevés par station), le nombre total d'espèces recensées chaque année dans l'ensemble de la zone d'étude est comparable durant les trois années d'étude : 77 en 2013, 78 en 2014 et 72 en 2015. Cette étude n'a pas décelé donc de grandes variations temporelles des paramètres floristiques. Enfin, la carte de répartition des formations d'armoise blanche dans la zone établie à l'aide des outils de la télédétection et du système d'information géographique, nous a permis

d'avoir une idée globale sur la répartition des formations d'armoïse blanche dans la zone steppique de la wilaya de Saida.

Mots-clés : Steppes à armoïse blanche ; phytoécologie ; pédologie ; analyse spatiale ; variations spatio-temporelles ; cartographique ; Saida.

Abstract

Our work aims to characterize the floristic and edaphic composition of steppe formations based on white wormwood (*Artemisia herba alba* Asso.) Through the steppe zones of the Saida region, in seven stations belonging to the municipalities of Moulay Larbi, Sidi Ahmed, Maamora and Ain Skhoua. The study was undertaken during the years 2013, 2014 and 2015. It tries to inventory the natural vegetation and characterize it in ecological terms by highlighting the importance of environmental conditions. The method used consists in determining the plant composition of the species by means of phytoecological surveys and the study of edaphic parameters. In parallel, we have developed a map of distribution of white wormwood formations in the study area. The statistical processing of the data was carried out by factorial correspondence analysis (FCA) and ascending hierarchical classification (AHC). Subsequently, we studied the spatial and temporal variations of the essential floristic parameters (vegetation recovery rate, floristic richness, specific diversity, biological types, systematic composition).

The results of the spatial analysis show an important floristic richness of the white wormwood formations with a total of 77 species inventoried in the study area. The biological spectrum is characterized by a clear dominance of therophytes compared to other biological types. From a systematic point of view, 65 genus belonging to 24 botanical families are determined in the study area, the largest number of species belongs to the Asteraceae family. The Poaceae, the Fabaceae, the Caryophyllaceae and the Boraginaceae are also present with high levels. The analysis of the biogeographic spectrum reveals the dominance of the species of Mediterranean affinity whereas the endemic species represent 10 % of the inventoried species. The analysis of the average recovery for the seven stations revealed three classes: a class of stations with average recovery rates exceeding 50 %; A class of stations with an average recovery rate between 30 and 50%; A class of stations with an average recovery rate of less than 30 %. The average dry matter production varies from one station to another (between 540 and 2 550 kg DM / ha); It is related to the state of degradation of the stations. The 63 floristic surveys and 77 inventoried species subjected to the factorial analysis of the correspondences and to the ascending hierarchical classification have allowed the individualization and the hierarchization of four groups of stations. It is at the same time the edaphic parameter in particular the texture and the salinity of the soil and the floristic composition that explain the information provided by the first two axes retained in this analysis. The physico-chemical analyzes of the soils show that the soils of the study area are superficial soils, of sandy loam texture and poor in organic matter. The results of the analysis of the temporal variations of the floral cortège were highlighted by the inter-annual comparison over three years (2013, 2014 and 2015): 87 species were recorded on the 187 surveys carried out during the three years of study on the white wormwood formations in the steppe zone of the Saida region (27 surveys per station), the total number of species recorded each year in the whole study area is

comparable during the three years of study : 77 in 2013, 78 in 2014 and 72 in 2015. This study did not detect large temporal variations in floristic parameters. Finally, the map of distribution of the white wormwood formations in the zone established using the tools of remote sensing and the geographic information system, allowed us to have an overall idea on the distribution of the formations of white wormwood in the steppe area of the Saida region.

Keywords: white wormwood steppes, phytocology, pedology, spatial analysis; spatio-temporal variations; cartographic; Saida.

المخلص

يهدف هذا العمل لتشخيص التركيب النباتي ومواصفات التربة لتشكيلات نبات الشيح عبر المناطق السهبية لولاية سعيدة، حيث تمت هذه الدراسة من خلال سبع محطات تابعة لبلديات مولاي العربي، سيدي أحمد، المعمورة وعين السخونة. أجريت الدراسة في السنوات 2013 و2014 و2015. تحاول هذه الدراسة جرد كل النباتات الطبيعية المكونة للغطاء النباتي والتوصيف الإيكولوجي، مع تسليط الضوء على أهمية الظروف البيئية. الطريقة المستخدمة تتمثل في التركيب النباتي من الأنواع من خلال الجرد الفيتو إيكولوجي ودراسة مكونات عوامل التربة، بالموازاة مع ذلك قمنا بإنجاز خريطة توزيع تشكيلات الشيح على مستوى المنطقة، تم إجراء المعالجة الإحصائية للبيانات من خلال تحليل المراسلات (AFC) والتحليل العنقودي الهرمي (CHA). وفي وقت لاحق، قمنا بدراسة الاختلافات المكانية والزمانية للمعايير النباتية الأساسية (نسبة التغطية، الاختلاف النوعي، والأنواع البيولوجية والتكوين المنهجي)

أظهرت نتائج التحليل المكاني الثراء النباتي الكبير من تشكيلات الشيح مع جرد ما مجموعه 77 نوعا في منطقة الدراسة. الطيف البيولوجي يوضح الهيمنة الكبيرة من قبل النباتات الغير دائمة مقارنة مع أشكال الحياة الأخرى. تم جرد 65 جنسا تنتمي إلى 24 عائلة نباتية، أكبر عدد من الأنواع ينتمي إلى أسرة النباتات المركبة، تحليل الطيف الجغرافي البيولوجي يسلط الضوء على هيمنة نوع من التقارب البحر الأبيض المتوسط في حين تمثل الأنواع المحلية 10% من الأنواع التي شملتها الدراسة. حدد تحليل البيانات المتعلقة نسبة التغطية سبع محطات ثلاث فئات هي: أولا المحطات التي لديها متوسط نسبة التغطية تتجاوز 50٪، فئة من محطات بمتوسط نسبة التغطية ما بين 30 و50٪، فئة من محطات بمتوسط نسبة التغطية أقل من 30٪. يختلف متوسط إنتاج المادة الجافة من محطة لأخرى (بين 540 و2550 كغ / هكتار)؛ انها تتعلق تدهور المحطات.

63 عينة نباتية و77 نوع التي تم عرضها للتحليل المراسلات والتحليل العنقودي الهرمي مكنت من تحديد أربع مجموعات من المحطات. عامل التربة والمكونات النباتية في نفس الوقت هما الذايان يشرحان المعلومات المقدمة من طرف محورين المحورين الذايان تم الاعتماد عليهما في هذا التحليل. وتشير التحليلات الفيزيائية والكيميائية للتربة أن التربة من منطقة الدراسة هي تربة سطحية، تحتوي على نسبة ضئيلة من المواد العضوية.

من خلال نتائج التغيرات الزمانية للغطاء النباتي، تم جرد 87 نوعا خلال ثلاث سنوات من الدراسة (2013، 2014 و2015) على تشكيلات الشيح عبر المناطق السهبية لولاية سعيدة. يجدر بالذكر انه لم يتم تسجيل اختلاف كبير بين سنوات الدراسة الثلاث. خريطة توزيع تشكيلات الشيح في المنطقة أنشأت باستخدام أدوات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي الذي سمح لنا أن نكون فكرة عامة عن توزيع الشيح الأبيض في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: سهوب الشيح؛ دراسة فيتو إيكولوجيا؛ علوم التربة؛ التحليل المكاني؛ التغيرات المكانية والزمانية؛ رسم الخرائط؛ سعيدة.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Evolution de l'occupation de sol dans la zone steppique.....	11
2	Evolution du cheptel (103 eq. ovin) et de la charge pastorale (ha/eq.ovin)	21
3	Evolution de la population algérienne et la population steppique.....	24
4	Evolution du cheptel.....	24
5	Les indices de végétation les plus utilisés.....	44
6	Comparaison entre les trois types de classification.....	47
7	Unités de paysage et géomorphologie.....	56
8	Situations des stations météorologiques.....	70
9	Moyennes mensuelles de la pluviométrie.....	71
10	Répartition mensuelle des températures moyennes, minimales et maximales.....	74
11	La moyenne annuelle de jour de vent.....	75
12	Fréquence des directions des vents.....	76
13	Nombre moyenne de jour de sirocco.....	76
14	Nombre mensuel de jours de gelée.....	76
15	Humidité mensuelle.....	76
16	Classification des deux stations de référence selon le quotient d'Emberger.....	79
17	Indice d'aridité de Demartonne.....	81
18	Localisation et caractéristiques des stations.....	88
19	Indice abondance-dominance et sociabilité des espèces recensées dans les sept stations.....	104
20	Espèces communes et espèces exclusives.....	106
21	Indices de similarité entre les listes floristiques des stations.....	107
22	Les familles botaniques recensées dans la zone d'étude.....	108
23	Répartition des familles sur les stations.....	109
24	Phytogéographie des espèces inventoriées dans la zone d'étude.....	114
25	Production de la matière sèche dans les trois stations.....	120
26	Valeurs des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité des sept stations.....	120
27	Résultats des analyses physico-chimiques du sol.....	122
28	Indice abondance-dominance et sociabilité des espèces recensées dans les sept stations des trois années	133
29	Répartition des types biologiques dans chaque station.....	140

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Limites naturelles de la steppe algérienne	7
2	Répartition des parcours par groupe de formation végétale.....	10
3	Carte des classes de biomasse.....	13
4	Evolution des importations d'orge et de maïs depuis l'indépendance.....	20
5	Evolution de la pluviosité (1907-2003) dans le Sud Oranais (Méchéria et El Bayadh)	23
6	Carte de sensibilité à la désertification.....	30
7	Processus et mécanismes mis en jeu dans les phénomènes de dégradation des terres arides..	31
8	Processus de la télédétection.....	36
9	Fonctionnement d'un système de télédétection.....	37
10	Le spectre électromagnétique solaire.....	41
11	Exemples de signatures spectrales.....	41
12	Propriétés optiques des feuilles.....	42
13	Le GPS GARMIN 12XL.....	49
14	Localisation de la région d'étude (Saïda)	52
15	Carte géologique de la wilaya de Saida.....	55
16	Carte hypsométrique de la wilaya de Saida (réalisée à partir d'un MNT)	57
17	Carte des pentes de la wilaya de Saida (réalisée à partir d'un MNT)	58
18	Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Saida.....	60
19	Carte des sols de la wilaya de Saida.....	62
20	Carte des formations forestières.....	64
21	Carte des principaux territoires biogéographiques d'Algérie.....	68
22	Carte des isohyètes de la wilaya de Saida.....	71
23	Histogramme du régime saisonnier (Station de Rebahia)	72
24	Histogramme du régime saisonnier (Station de Ain Skhouana)	73
25	Variation des températures moyennes mensuelle des deux stations.....	74
26	Courbes de variations interannuelles de l'évaporation et des précipitations.....	77
27	Détermination du type de climat d'après le climagramme d'EMBERGER.....	80
28	Diagramme Ombrothermique de la station de Rebahia.....	82
29	Diagramme Ombrothermique de la station de Ain Skhouana.....	82
30	Schéma de répartition des relevés à l'intérieur de chaque station.....	87
31	Organigramme du traitement par l'AFC.....	98

32	Richesse floristique au niveau de chaque station.....	103
33	Spectre biologique de la zone d'étude.....	110
34	Répartition des types biologiques dans chaque station.....	112
35	Taux de recouvrement global des 7 stations.....	118
36	CAH des relevés floristiques des 7 stations.....	125
37	AFC de la répartition des relevés floristiques des 7 stations.....	128
38	AFC de la répartition des espèces végétales des 7 stations.....	129
39	Évolution de la richesse spécifique dans chaque station.....	137
40	Variations des taux de recouvrement global des sept stations.....	137
41	Répartition des types biologiques dans chaque station (2013-2014-2015)	139
42	Répartition des familles botanique dans chaque station (2013-2014-2015)	141
43	Variation de l'indice de Shannon dans chaque station.....	142
44	Variation de l'indice d'équitabilité dans chaque station.....	143
45	La zone d'étude en composition colorée.....	146
46	Carte de répartition des formations d'armoise blanche.....	149
47	Superficies des formations d'armoise blanche à travers les quatre communes.....	151

Liste des abréviations

ADEP : Associations pour le développement de l'élevage pastoral

AFC : Analyse factorielle des correspondances

A.N.R.H : Agence nationale des ressources hydrauliques

A.O.A : Associations ovine Algérienne

B.N.E.D.E.R. : Bureau national pour les études de développement rural.

CAPCS : Coopératives agricoles polyvalentes communales de service.

CEPRA : Coopératives d'élevage pastoral de la révolution agraire

CHA: classification ascendante hiérarchique.

CRBT : Centre de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres.

DGF : Direction générale des forêts.

D.P.A.T : Direction de planification et d'aménagement du territoire.

FAO: Food and Agriculture Organization.

FLDDPS : Fond de lutte contre la désertification et de développement du pastoralisme et de la steppe

GCA : Générale des concessions agricoles

INRF : Institut national des recherches forestières.

Ha : Hectare.

HCDS : Haut-commissariat au développement de la steppe.

MADR : Ministère de l'agriculture et de développement rural.

OAIC : Office algérien interprofessionnel des céréales.

ONAB : Office national des aliments de bétails

O.N.M. : Office national de la météo.

ONS : Office National des Statistiques

OSS : Observatoire du Sahara et du Sahel.

PNDAR : Programme national de développement agricole et rural.

PPDRI : Programme de proximité de développement rural intégré.

ROSELT : Réseau d'Observatoires de Surveillance Ecologique à Long Terme.

S.A.R : Secteur d'aménagement rural

S.A.T.E.C: Société d'aide technique et de coopération.

SIG : Système d'Information Géographique.

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

URBT : Unité de recherches biologiques et terrestres

Table des matières

Remerciement.

Dédicace.

Résumés (Français, Anglais, Arabe).

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des abréviations.

Introduction

Générale..... 1

Partie I. Synthèse bibliographique

Chapitre 1. Présentation de la steppe Algérienne

1. Synthèse des conditions physiques du milieu.....	6
2. Synthèse des conditions biotiques du milieu.....	8
3. Occupation des sols.....	10
4. Pastoralisme et élevage.....	11
5. Phytomasse et production primaire des parcours steppiques.....	12
6. Politiques d'organisation des parcours steppiques.....	13
7. Synthèse des principaux travaux sur les steppes algériennes.....	15

Chapitre 2. Problématique de la steppe Algérienne

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 La céréaliculture et les défrichements.....	22
2-4 Croissance de la population pastorale.....	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.....	27
2-9 Vulnérabilité des sols steppiques.....	27
2-10 Insuffisance de réglementations appropriées.....	28

3. La menace de désertification.....	29
4. Impact des stratégies menées dans la steppe.....	31
5. Conclusion.....	33
Chapitre 3. Apport de la télédétection dans l'étude de la végétation	
1. Introduction.....	35
2. Définition de la télédétection.....	35
2-1 Historique.....	36
2-2 Principe de fonctionnement d'un système de télédétection.....	36
3. Objectif de la télédétection.....	38
3-1 Les éléments essentiels en télédétection.....	38
3-2 Intérêt des images satellitaires dans l'étude du milieu naturel.....	38
4. Les principaux satellites d'observation de la terre.....	40
4-1 Présentation du satellite Landsat.....	40
5. Le rayonnement électromagnétique	40
6. La signature spectrale.....	41
6-1 La signature spectrale de la végétation.....	42
6-2 La signature spectrale de sol.....	43
6-3 La signature spectrale de l'eau.....	43
6-4 La réflectance.....	43
7. Les indices de végétation.....	43
8. Les prétraitements des images satellitaires.....	45
8-1 Corrections radiométriques.....	45
8-2 Corrections géométriques.....	45
9. La classification des données	45
9-1 La classification non supervisée.....	46
9-2 La classification supervisée.....	46
9-3 La classification multitemporelle.....	46
10. Les systèmes d'information géographiques(SIG)	47
10-1 Domaines d'application du SIG	48
11. Le Global Positioning System (GPS).....	48

Partie II. Etude expérimentale

Chapitre 1. Caractérisation écologique de la zone d'étude

1. Cadre géographique et physique.....	52
1-1 Situation géographique et administrative.....	52
2. Cadre géologie.....	53
2-1 Le Quaternaire.....	53
2-2 Le Tertiaire.....	53
2-3 Le Secondaire.....	54
2- 4 Le Primaire.....	54
3. Cadre géomorphologique.....	55
4. Orographie.....	57
5. Les pentes.....	57
6. Hydrologie.....	59
7. Cadre pédologique.....	60
7- 1.1 les sols alluviaux.....	60
7- 1.2 les sols bruns.....	60
7- 1.3 les sols bruns rouges.....	60
7- 1.4 les lithosols.....	60
7- 1.5 les sols halomorphes.....	61
7- 1.6 les sols hydromorphes.....	61
7- 2 La répartition des sols.....	61
7- 2.1 Les sols de plaines et vallées.....	61
7- 2.2 Les sols de montagne.....	61
7- 2.3 Les sols des plateaux telliens et des hautes plaines steppiques.....	61
8. Caractères floristiques.....	62
8-1 Espace forestier.....	62
8-2 Espace steppique.....	64
9. Cadre Phytogéographie.....	68

Chapitre 2. Caractérisation climatique et bioclimatique de la zone d'étude

1. Cadre climatique.....	70
1-1 les précipitations.....	70

1-1.1 Régime saisonnier des précipitations.....	72
1-2 Les températures.....	73
1-2.1 Les températures maximales et minimales.....	74
1-3.2 Les amplitudes thermiques moyennes extrêmes	75
1- 3 Les vents.....	75
1-4 Les gelées.....	76
1-5 L'humidité relative.....	76
1-6 L'évaporation et déficit hydrique.....	77
2. Cadre bioclimatique.....	78
2-1 Indice de sécheresse estivale.....	78
2-2 Quotient pluviométrique d'Emberger.....	79
2-3 Indice d'aridité de De Martonne.....	80
2-4 Diagramme ombrothermique de Bagnoul et Guassen.....	81
2-5 Conclusion.....	83
Chapitre 3. Matériels et méthodes	
1. Introduction.....	85
2. Méthodes d'investigation.....	85
3. Échantillonnage et choix des stations.....	86
4. Réalisation des relevés.....	89
4-1 Aire minimale.....	89
5. Etude floristique.....	90
5-1 La richesse floristique.....	90
5-2 Le recouvrement	90
5-3 Mesure de la phytomasse.....	91
5-4 Abondance-Dominance.....	92
5-5 Sociabilité.....	92
5-6 Caractérisation biologique.....	92
5-7 Caractérisation biogéographique.....	93
6. Etude du sol.....	94
6-1 Méthodologie.....	94
6-1.1 Analyses physico-chimiques du sol.....	94

7. Exploitation et traitement des données.....	95
7-1 Indices de biodiversité.....	95
7-1.1 Indice de diversité de Shannon.....	95
7-1.2 Indice d'équitabilité de Piélou.....	95
7-1.3 Indices de similarité.....	96
7-2 Techniques numériques d'analyse des données.....	96
7-2.1 Analyse factorielle des correspondances.....	96
7-2.2 La classification hiérarchique ascendante.....	97
8. Matériels utilisés pour la confection de la carte thématique.....	98

Partie III. Résultats et discussion.

Chapitre 1. Analyse spatiale des caractéristiques floristiques et édaphiques des formations d'Armoise blanche

1. Introduction.....	102
2. La richesse floristique.....	102
3. inventaire floristique.....	103
3-1 les espèces communes.....	105
3-2 Indices de similarité.....	107
4. Phytodiversité.....	107
4-1 Composition systématique.....	107
4-2 Les types biologiques.....	109
4-3 Phytogéographie.....	113
4-3.1 Elément méditerranée	115
4-3.2 Elément Endémique.....	116
4-3.3 L'ensemble septentrional.....	116
4-3.4 Espèces à large répartition.....	116
4-3.5 Elément saharien.....	117
5. La structure horizontale de la végétation (recouvrement)	117
6. Phytomasse.....	119
7. Diversité spécifique.....	120
8. Etude pédologique.....	122
9. Distribution spatiale.....	124
9-1 Signification écologique des axes.....	126

10. Conclusion.....	130
Chapitre 2. Évolution spatiotemporelle des caractéristiques floristiques des formations d'Armoise blanche	
1. Introduction.....	132
2. Inventaire floristique.....	132
3. Richesse floristique.....	136
4. Le taux de recouvrement.....	137
5. Les types biologiques.....	138
6. Composition systématique.....	140
7. Diversité spécifique et équitabilité.....	142
8. Conclusion.....	143
Chapitre 3. Cartographie thématique à partir des données satellitaires	
1. La composition colorée.....	145
2. L'élaboration de la carte thématique.....	148
3. Conclusion.....	152
Conclusion générale et recommandations.....	154
Référence bibliographiques.....	158
Annexes.....	

Introduction

Introduction

Les études sur le fonctionnement des écosystèmes terrestres, leurs possibles modifications et leurs adaptations aux changements climatiques et aux pressions humaines, ainsi que les effets et les impacts de ces modifications sur les ressources édaphiques, hydriques et biotiques, occupent une place importante dans la recherche actuellement. Cette dynamique généralement régressive se manifeste surtout dans les écosystèmes naturels fragilisés des zones arides et semi-arides ; son étude s'impose pour cerner les actions à entreprendre.

À l'heure actuelle, les écosystèmes méditerranéens arides et semi-arides, qui sont déjà mis en péril à cause de la très forte pression humaine et animale depuis fort longtemps, ne sont plus immuables. Au pays du Maghreb, la désertification est la résultante de plusieurs facteurs anthropiques, encore amplifiés par les modes et systèmes inappropriés d'exploitation des ressources disponibles. Ces changements ont des répercussions directes sur l'occupation des sols et sur la configuration du paysage (ROSELT/OSS, 2008). Les processus naturels de succession des végétations sont alors perturbés par l'activité anthropique. Cette situation nécessite parfois une intervention très forte de l'homme pour la restauration de l'écosystème dans ces régions (Vink, 1983).

En général, la dégradation débute par une altération de la végétation, une modification de la composition floristique, les espèces les plus utilisées ou les plus appréciées se raréfient et disparaissent. Ensuite ou parallèlement, le couvert végétal s'éclaircit et la production de biomasse diminue. Les capacités de reproduction et de régénération de la végétation se réduisent de plus en plus. Le sol, moins protégé par la couverture végétale est soumis à l'action mécanique des précipitations qui provoquent une modification des états de surface (Millenium Ecosystem Assessment, 2003).

En Algérie, comme dans les pays en voie de développement, les ressources naturelles non-renouvelables (sol, eau et végétation), ou difficilement renouvelables et qui contribuent énormément à l'accroissement de l'économie de chaque pays, sont dans un état de dégradation avancé. C'est surtout dans les milieux fragiles, à cause de la pauvreté et sous le poids de la croissance démographique, que les altérations les plus accentuées se localisent. Les forêts qui connaissent une régression progressive, les sols qui perdent leurs fertilités qui entraînent une réduction de la production végétale et une diminution de leur potentiel agronomique (Terras, 2011 ; Kefifa, 2013).

Dans son étude de synthèse concernant les steppes arides du nord de l'Afrique, Henri-Noël Le Houérou (1995) écrit : « Il est bien évident pour qui a parcouru les steppes que leur homogénéité apparente cache une grande hétérogénéité dans le détail qui ne peut s'expliquer par la seule

variation zonale et systématique de l'aridité du climat ou par la rigueur des températures hivernales ».

Représentant plus de 20 millions d'hectares du territoire algérien (Bensouiah, 2004 ; Bencherif, 2011 ; Nedjraoui, 2012 ; Khaldi, 2014), les écosystèmes steppiques recèlent des ressources naturelles qui méritent une grande attention. La préservation de ces écosystèmes passe par l'amélioration des connaissances et la conservation de la diversité biologique, dont la flore, particulièrement les plantes autochtones qui ont développé sur des milliers d'années des qualités et des adaptations qui s'harmonisent parfaitement avec les conditions déjà difficiles de ces milieux.

Les perturbations d'origine anthropique sont pour une large part responsables de l'état actuel de la végétation. Selon Quézel et Barbéro (1993), l'accroissement des processus anthropiques représente à l'heure actuelle un facteur majeur de dégradation du sol et de la végétation en région méditerranéenne, accentué par une péjoration du climat « sécheresse périodique ». Les parcours se trouvent dans un état de dégradation avancée et les possibilités du milieu pour l'alimentation du cheptel ont régressé face à une croissance de la charge animale. À leurs propos, les opinions alarmistes des écologues et des pastoralistes (Le Houérou, 1995 ; Bourbouze *et al.*, 1987 ; Bedrani, 1994 ; Aidoud *et al.*, 1996 ; Bencherif, 2011), appuyées sur des faits incontestables relatifs aux risques accrus de désertification, à la réduction de la biodiversité et à l'aggravation de l'érosion.

Les formations steppiques d'armoïse blanche font partie de ces écosystèmes en danger ; peuplant une partie importante de la zone steppique au passé, elles occupent aujourd'hui des superficies moindres du territoire qu'elles couvraient jadis (BNEDER, 1992).

À titre complémentaire des travaux déjà entrepris sur les steppes algériennes (Djebaili, 1984 ; BNEDER, 1992 ; Benabadji et Bouazza, 2002 ; Aidoud *et al.*, 2006 ; Bensouiah, 2006), nous nous sommes intéressés dans ce présent travail à la steppe d'armoïse de la région de Saida (ouest algérien), particulièrement à celle relevant des quatre communes (Moulay Larbi, Sidi Ahmed, Maamora et Ain Skhouna). Il s'agit d'inventorier et d'analyser dans le temps et dans l'espace, par une démarche phytoécologique, la phytodiversité dans ces communes steppiques. Les données obtenues permettront certainement une meilleure compréhension des facteurs écologiques qui régissent le fonctionnement, l'évolution et la dynamique des zones steppiques étudiées.

Dans la première partie de cette thèse, nous présentons d'abord une analyse bibliographique permettant de prendre connaissance des informations disponibles sur la steppe algérienne qui a fait l'objet du premier chapitre. Dans un second chapitre, nous exposons la problématique de la steppe algérienne, puis un troisième chapitre sera consacré à l'étude de l'apport de la télédétection dans l'étude de la végétation.

Dans la deuxième partie, nous entamerons l'étude expérimentale en abordant le cadre physique et le milieu humain de la région d'étude dans un premier chapitre et l'étude du climat et

le bioclimat de la région d'étude dans un deuxième chapitre, le troisième chapitre englobe le matériel et la méthodologie de travail adopté dans le cadre de ce travail.

La troisième partie est consacrée aux résultats et discussion relatifs à l'analyse spatiale des caractéristiques floristiques et édaphiques et au suivi spatio-temporel des caractéristiques floristiques des steppes à armoise blanche étudiées ainsi que leur cartographie.

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

Première partie

"Synthèse bibliographique"

Chapitre 1

"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.

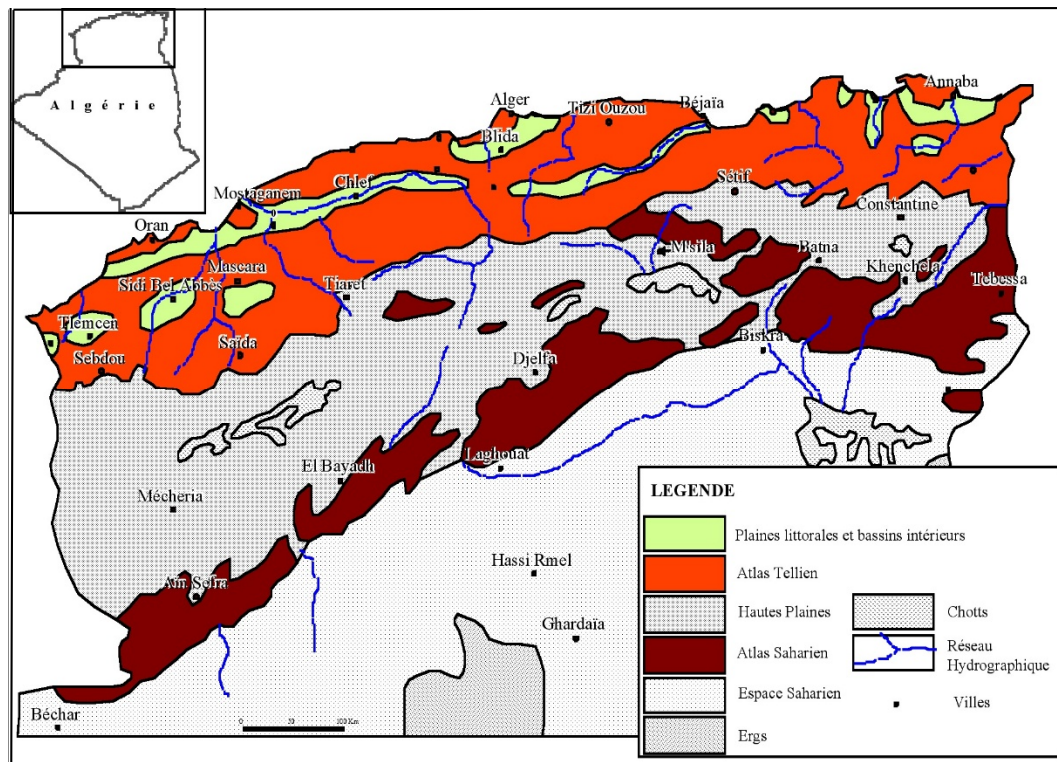


Figure 1 : Limites naturelles de la steppe algérienne (Hadeid, 2009)

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 nord de l'Atlas tellien. C'est la zone des « parcours vrais » qui supporte une importante charge pastorale (2 à 4 moutons à l'hectare). 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'armoïse blanche (*Artemisia herba alba*), steppes de sparte (*Lygeum spartum*), steppes à armoïse champêtre (*Artemisia campestris*) se partagent le paysage. Plus au sud, assurant la transition avec les végétations sahariennes, c'est la steppe à Remt (*Hammada scoparia*) 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 ; URB, 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 *Lygeum spartum* 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 UF/ha.

- 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).

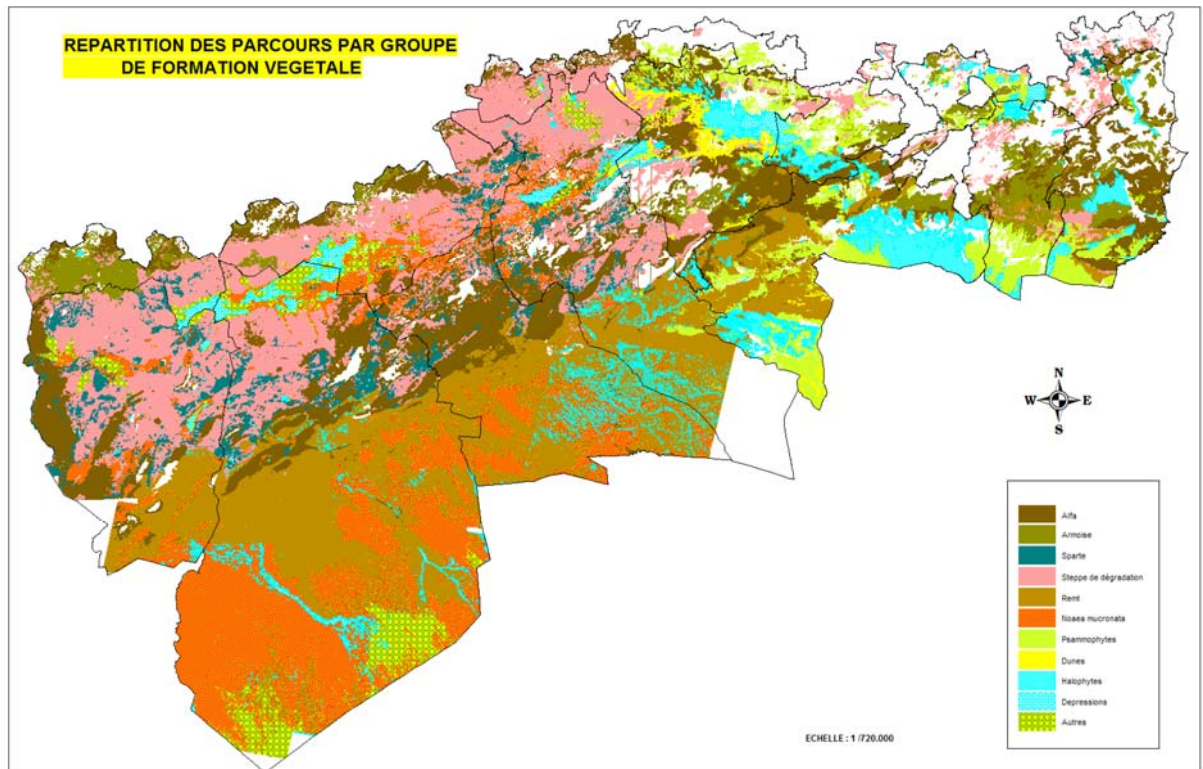


Figure 2 : Répartition des parcours par groupe de formation végétale (Source : HCDS 2009)

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 (*Artimisia herba alba*) avec trois millions d'hectares, puis le Sennagh (*Lygeum spartum*) et le Guettaf (*Atriplex halimus*) 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 (Aidoud *et al.*, 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).

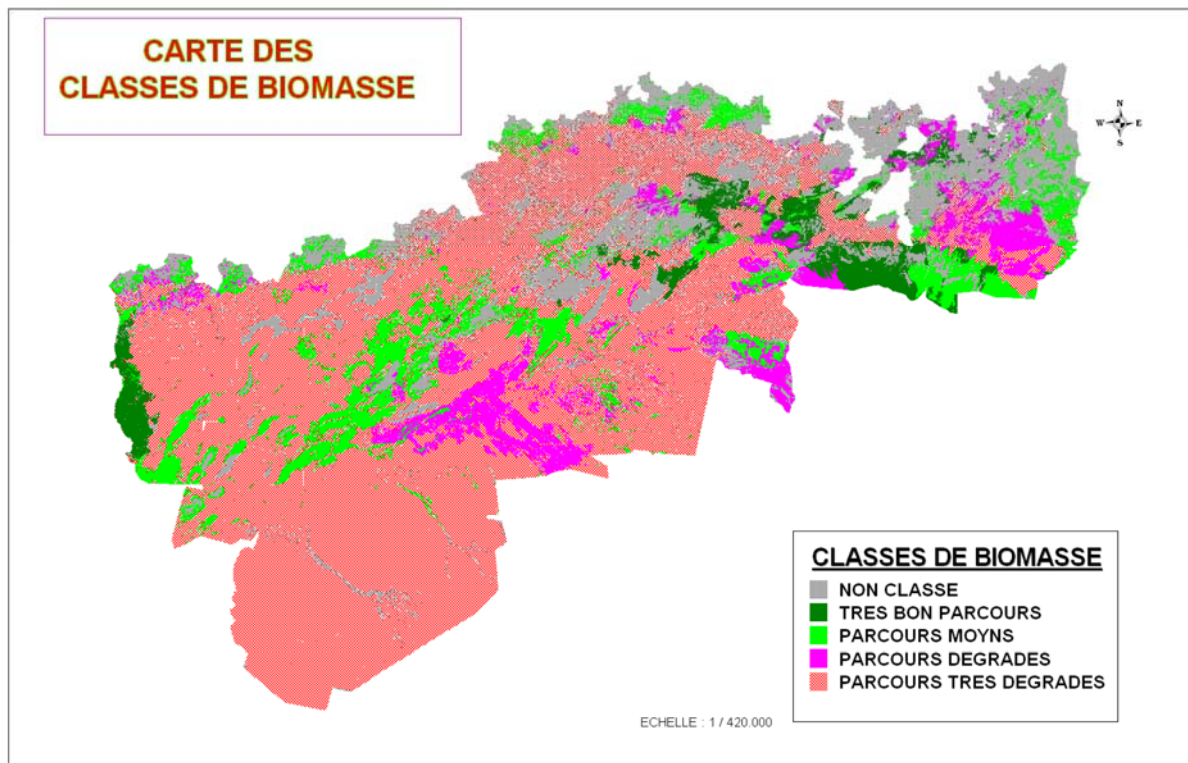


Figure 3 : Carte des classes de biomasse (Source : HCDS 2009).

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 phytogéographique 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-blancquet (1949), Killian (1948-1950), Guinochet (1951), Guinochet et Quézel (1954), Ozenda (1954), suivis de ceux de Dubius et Simonneau (1954), Monjauze *et al.* (1955), Quézel et Santa (1962), Barry et Faurel (1973).

Au fur et à mesure que des études phytogéologiques 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.

Subséquent, 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 physiologiquement 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 et pastorale de Mécheria 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) ; Maniere *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 2

" Problématique de la steppe Algérienne "

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 sécheresse 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 à réduire 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.

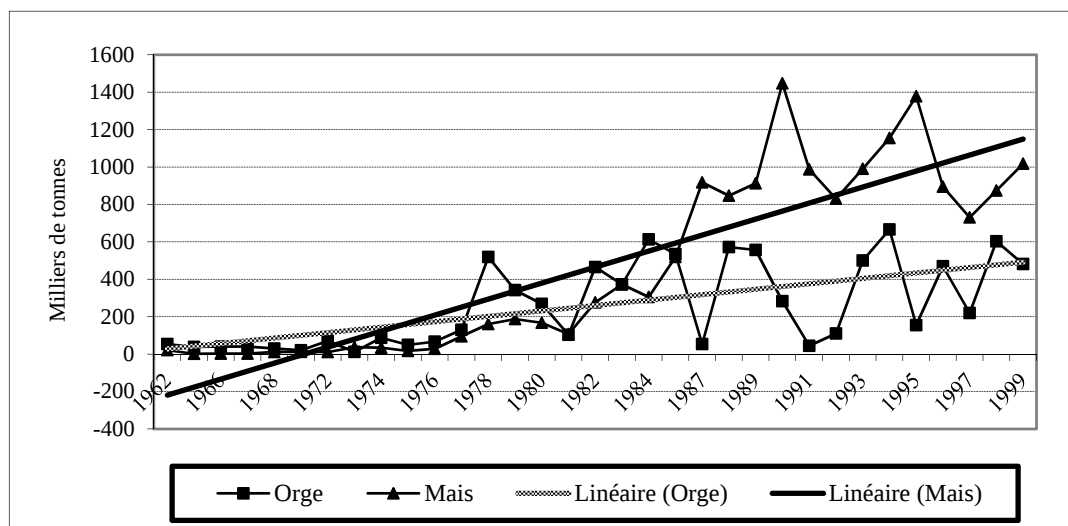


Figure 4 : Evolution des importations d'orge et de maïs depuis l'indépendance
(Source : Bensouiah, 2004).

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 (10^3 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 ; Tabet Aoul, 1998 ; Labani *et 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 ; Hirche *et 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).

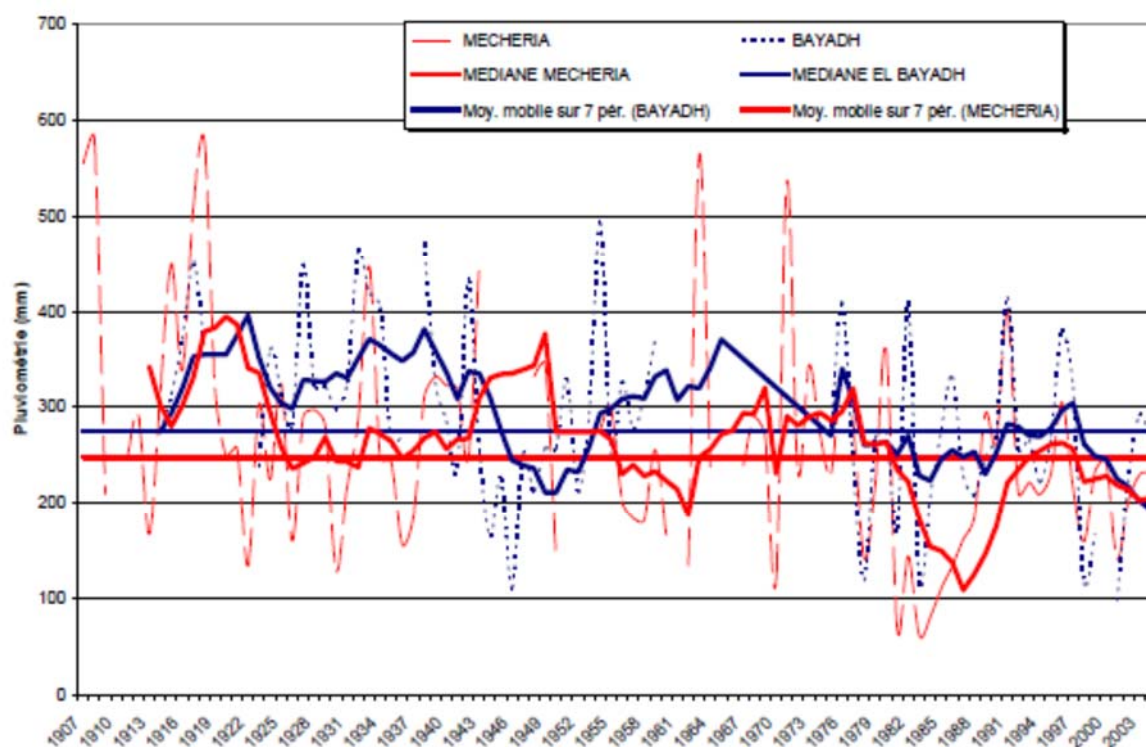


Figure 5 : Evolution de la pluviosité (1907-2003) dans le Sud Oranais (Méchéria et El Bayadh) (source : Hirche, 2007).

2 -4 Croissance de la population pastorale

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 ovin 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	17 299	17 503	17 588	18 293	18 909	20 000
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 éparse.
- la spéculation sur le marché de la viande ovine dont le prix au détail est passé 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 constituants des facteurs de dégradation et d'érosion des sols très importants (Montchause, 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).

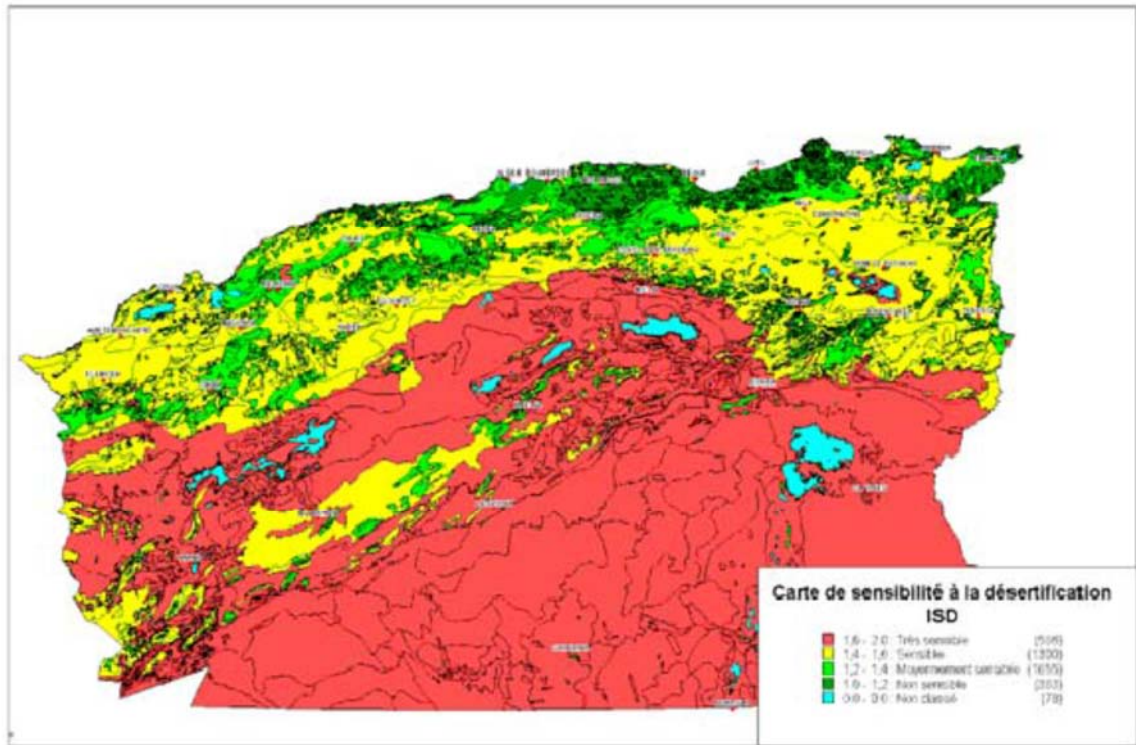


Figure 6 : Carte de sensibilité à la désertification (Source : DGF 2007).

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 événements 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.

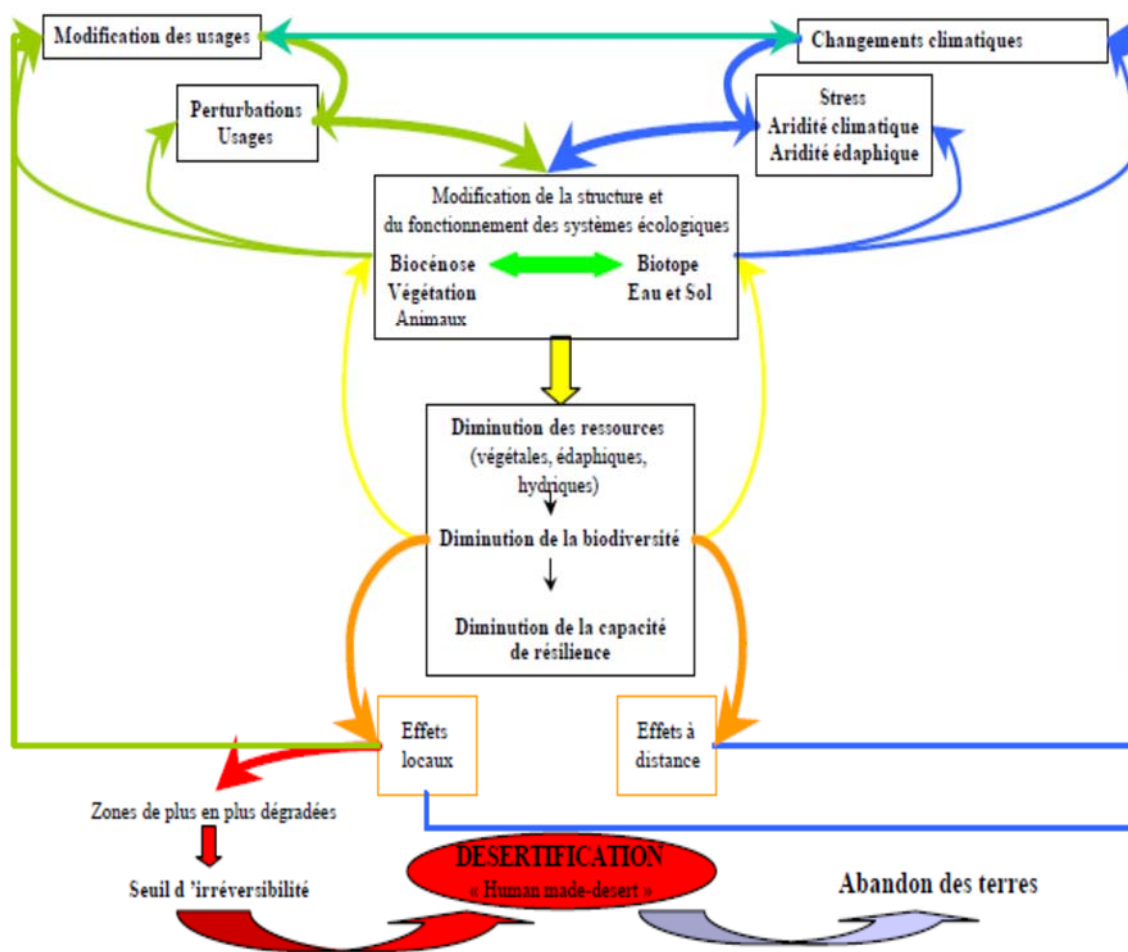


Figure 7 : Processus et mécanismes mis en jeu dans les phénomènes de dégradation des terres arides (Jauffret, 2001).

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. Destabilisé par la colonisation, désorganisé 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 3

*"Apport de la télédétection dans l'étude
de la végétation"*

1- Introduction

Le besoin croissant d'estimer, de prévoir, de surveiller et de gérer la végétation dans toutes les parties du monde et à différentes échelles (locale, régionale et globale) tend à faire ressortir la nécessité d'améliorer en permanence les méthodes de recueil systématique et périodique d'informations caractérisant la végétation. L'analyse et la combinaison de ces informations permettront par la suite de cartographier l'état de la végétation, de suivre les phénomènes évolutifs (naturels ou anthropiques) et d'accéder à certaines zones difficilement explorables.

2- Définition de la télédétection

La télédétection est l'une des techniques les plus utilisées dans les différentes recherches et études sur les milieux arides et semi-arides pour l'analyse du changement et la classification d'occupation du sol (Tucker *et al.*, 1986). Ferdinand (1996) l'a défini comme « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contacts matériels avec ceux-ci ». L'image satellite est une image numérique, c'est-à-dire un assemblage de pixels, ou surfaces élémentaires, référencés en ligne et colonnes formant un maillage régulier de la surface totale balayée par le capteur. Chaque pixel contient une somme d'informations codées par les valeurs des comptes radiométriques et les coordonnées en pixels.

La définition élaborée par la commission ministérielle canadienne de terminologie de la télédétection aérospatiale publiée au Journal Officiel canadienne le 11 décembre 1980 est : « la télédétection regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Ceci suppose l'acquisition d'informations à distance, sans contact direct avec l'objet détecté ». « La télédétection est un moyen d'appréhender les objets et d'étudier leurs propriétés spectrales, cela se fait en étudiant les caractéristiques des ondes électromagnétiques réfléchies ou émises par ces objets (fig. 8), elle est basée sur le principe que chaque objet absorbe, émet, diffuse et réfléchit des rayonnements qui lui sont propres et que nous pouvons enregistrer et analyser » (Deshayes *et al.*, 1990 in Terras 2001).

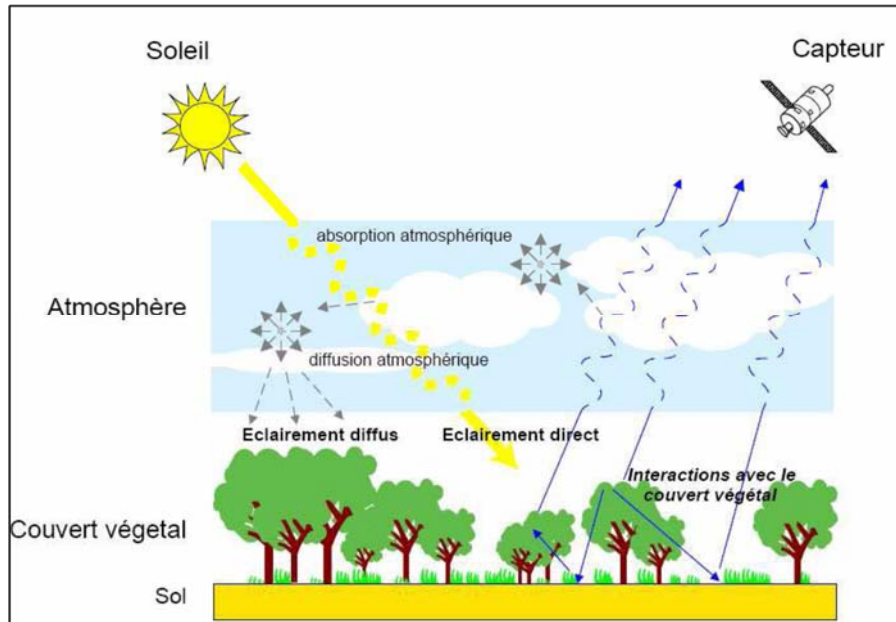


Figure 8 : Processus de la télédétection (Source : Bonn et Rochon, 1992)

2-1 Historique

Le premier vecteur utilisé en télédétection a été le ballon. En 1855, Nadar prend la première photographie aérienne de ballon et dépose en 1858 un brevet pour un "nouveau système de photographie aérostatique" permettant le "levé des plans topographiques, hydrographiques et cadastraux" ainsi que la direction des "opérations stratégiques par le levé des fortifications". Par la suite, le développement de la télédétection a été intimement lié à celui de l'aviation, et même si l'hélicoptère, le ballon ou le drone sont utilisés pour prendre des images, l'avion reste le porteur le plus répandu.

Depuis le début des années 60, des capteurs de télédétection sont régulièrement embarqués sur des satellites artificiels en orbite autour de la terre, couvrant une vaste gamme d'altitudes :

- des orbites très basses (200 à 400 km) pour des missions de courte durée (typiquement quelques jours) à bord de la navette spatiale par exemple ;
- des orbites de 500 à 1 500 km, polaires ou quasi polaires, les plus utilisées en observation de la terre (SPOT, LANDSAT, NOAA...) ;
- l'orbite géostationnaire, utilisée par des satellites météorologiques comme METEOSAT.

2-2 Principe de fonctionnement d'un système de 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, par exemple, l'utilisation des sols, par un capteur à distance installé sur différentes plates-formes (telles que l'avion, le satellite) en utilisant les bandes visibles, infrarouge et micro-onde. La perception et l'enregistrement du rayonnement naturel ou de la réflexion de l'énergie solaire des objets est appelée télédétection passive. La trace multi bande visible et infrarouge de l'information de surface du sol en est un

exemple. En revanche, lorsqu'il s'agit d'illuminer des objets précis puis de récolter l'information à partir de la réflexion de l'énergie émise par la plate-forme elle-même, le procédé s'appelle télédétection active, le radar en est un exemple.

Un système de télédétection fonctionne selon le principe de base suivant CCRS (2002) (fig.9) :

- source d'énergie ou d'illumination : à l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.
- interaction avec la cible : une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface.
- enregistrement de l'énergie par le capteur : une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.
- transmission, réception et traitement : l'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).
- interprétation et analyse : une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.
- application : la dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

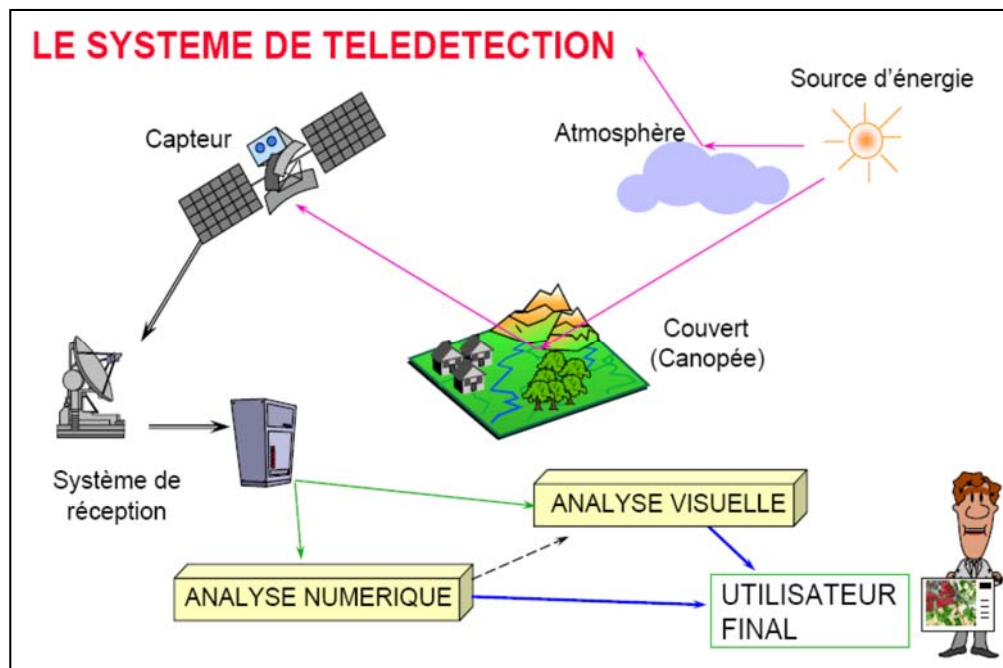


Figure 9 : Fonctionnement d'un système de télédétection (Tonon, 2009).

3- Objectif de la télédétection

La télédétection permet la production d'image ou de photographie qui, par l'interprétation des informations acquises, aboutit à des applications multiples et une meilleure gestion des ressources naturelles de notre planète :

- surveillance de l'environnement ;
- agriculture ;
- cartographie ;
- aménagement.

Les satellites, grâce à leur vision nouvelle des paysages ruraux, ont fait prendre conscience des possibilités immenses offertes par la télédétection dans la connaissance de l'agriculture et l'étude des paysages. Nous disposons là d'un nouvel outil de prospection qui peut être envisagé en termes complémentaires ou de substitution à une enquête classique au même titre que les photographies aériennes. Actuellement, l'imagerie satellite est devenue accessible par une grande souplesse dans son utilisation et son coût acceptable comparé aux techniques cartographiques traditionnelles (Sendra, 1997 *in* Terras, 2011).

3-1 Les éléments essentiels en télédétection

La télédétection est une méthode qui permet d'obtenir des informations sur des objets en recueillant et en analysant des données sans contact direct entre l'instrument utilisé et l'objet. Les éléments essentiels en télédétection sont :

- une plate-forme pour tenir l'instrument ;
- un objet cible à observer ;
- un instrument ou capture pour observer la cible ;
- l'information obtenue à partir des données de l'image et la manière dont cette information est exploitée et stockée.

3-2 Intérêt des images satellitaires dans l'étude du milieu naturel

La télédétection est basée sur des systèmes de capteurs optiques qui mesurent la quantité d'énergie solaire réfléchi par des types d'occupation du sol tels que des surfaces agricoles, des forêts, des marais ou autres. La quantité de cette énergie réfléchi se traduit par des variations de longueur d'onde qui résultent des propriétés physiques et chimiques des matériaux constituant la surface (Dubois *et al.*, 1997 *in* Kefifa, 2013).

Dans le spectre couvert par l'ensemble des canaux d'un système de capteur, ces variations peuvent former des signatures typiques qui, lorsqu'elles sont identifiées, peuvent être utilisées pour délimiter et cartographier des zones aux caractéristiques de réflectivité similaire (Ferdinand, 1996). De larges types de couvertures peuvent parfois être cartographiés de façon satisfaisante à une échelle locale avec une seule date d'acquisition d'image, mais la similarité des propriétés du

spectre de réflectance limite l'identification et la cartographie d'une plus grande gamme de classes d'occupation du sol telle que les communautés végétales naturelles. De plus, la confusion spectrale entre des types d'occupation du sol varie au cours des années : des classes qui apparaissent très similaires en été, peuvent devenir séparables à des stades antérieurs ou ultérieurs du cycle phénologique (Bensaid et Smahi, 2003).

L'augmentation de la résolution des satellites de seconde génération, des méthodes de positionnement géométriques avancées afin de pouvoir exploiter complètement les détails spatiaux disponibles. Les approches multi temporelles demandent également de s'affranchir des effets radiométriques avant d'entreprendre finalement les analyses de données (Bardinet, 1994 in Kefifa, 2013).

L'approche multi spectrale est également de plus en plus utilisée avec l'arrivée de ces capteurs de dernière génération. Elle se présente le plus souvent sous la forme d'indices multi spectraux qui combinent, par le calcul de plusieurs données issues de différentes plages de longueurs d'onde définissant les canaux du satellite utilisé. Ces indices sont souvent nommés « indices de végétation », car les premiers et plus nombreux, ont été élaborés afin de percevoir les changements de réflectance du couvert végétal causés par un déficit ou un surplus hydrique ou encore une maladie (Lillesand et Kiefer, 2000). D'autres, les « indices de différence d'eau », permettent de mettre en évidence les zones d'eau libre ou d'évaluer le contenu en eau de la végétation. L'ensemble de ces indices offre des outils faciles à calculer et applicables de manière instantanée à annuelle, et selon une large gamme d'échelles spatiales. Ces indices sont, pour la plupart, influencés à différents degrés par l'angle d'illumination et l'angle de vue. Ils subissent également les effets des changements de la couleur du sol ainsi que des conditions atmosphériques (Girard et Girard, 1999 in Kefifa, 2013).

La télédétection 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 comme la production primaire liée à la richesse spécifique, la distribution spatiale, ou encore la structure et la topographie (Bensaid et Smahi, 2003). La télédétection est ainsi un bon outil pour l'obtention de données reflétant les interactions entre l'homme et son environnement pour comprendre la relation entre l'occupation du sol et l'utilisation du milieu.

4- Les principaux satellites d'observation de la terre

Les satellites géostationnaires placés sur une orbite équatoriale à 35800 km sont généralement des satellites météorologiques. Les satellites de télédétection à défilement ont une orbite quasi-circulaire polaire à une altitude située entre 700 et 900 km. Ces satellites ont une orbite héliosynchrone, c'est-à-dire que le satellite survole une latitude donnée à une heure locale sensiblement constante d'une révolution à autre. Ceci permet de bénéficier d'un éclaircissement solaire assez peu variable. Le satellite américain LANDSAT, le satellite multinational ASTER, le satellite français SPOT et le satellite algérien ALSATI appartiennent à cette catégorie (Si Tayeb, 2006).

4-1 Présentation du satellite LANDSAT

Lancé en 1972, c'est le premier satellite civil d'observation de la terre. Il embarquait un capteur MSS (Multi Spectral Scanner) dont les pixels mesuraient environ 80 mètres de côté. Depuis, six autres satellites LANDSAT ont été envoyés en orbite.

La seconde génération de satellites LANDSAT fait son apparition en 1982 avec l'envoi de LANDSAT 4, qui embarqua un Thematic Mapper (TM) en plus du MSS. Les images LANDSAT MSS (Multi Spectral Scanner) et TM (Thematic Mapper) présentent l'avantage d'être acquises dans le monde entier et sur une période continue de plus de 16 ans.

Les capteurs TM détectent la radiation réfléctée à la surface de la terre dans sept bandes spectrales dans les longueurs d'ondes du visible et de l'infrarouge proche, moyen et thermique. La résolution des images TM (30 mètres) fournit suffisamment de détails pour permettre une gamme importante d'applications tout en gardant une scène suffisamment grande de 180 km de côté.

À partir de LANDSAT 7, le capteur devient ETM+ (Enhanced Thematic Mapper). Ses huit bandes spectrales sont semblables à celles de TM, sauf que la bande thermique 6 a une résolution améliorée de 60 m (contre 120 m dans TM). Il y a aussi une bande panchromatique complémentaire à la résolution de 15 m.

5-Le rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique se définit comme un spectre continu allant des rayons cosmiques aux ondes radioélectriques (fig. 10). L'œil humain ne peut voir qu'une plage limitée du spectre. Les satellites, en revanche, peuvent enregistrer une large plage de longueurs d'ondes. En effet, les longueurs d'onde employées en télédétection sont essentiellement le visible de 0,4 à 0,7 μm , le proche infrarouge de 0,7 à 1,3 μm , l'infrarouge moyen de 1,3 à 3 μm , l'infrarouge thermique de 3 à 15 μm et les hyperfréquences ou micro-ondes, passives et actives, de 1 millimètre au mètre (Soudani, 2005).

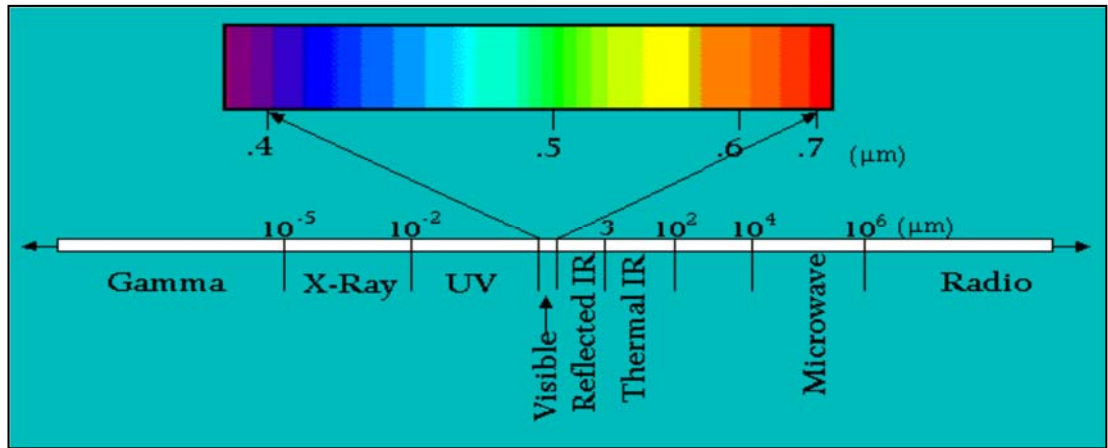


Figure 10 : Le spectre électromagnétique solaire (Soudani, 2005)

6- La signature spectrale (réponse spectrale)

Les capteurs utilisés en télédétection sont des radiomètres imageurs. En effet, ils mesurent des rayonnements et organisent ces mesures sous forme d'images. Ces images sont utilisées pour obtenir des informations sur les objets qu'elles représentent (c'est-à-dire sur les éléments du paysage). Or, le seul lien qui relie l'image à l'objet est le rayonnement émis ou réfléchi par cet objet et reçu par le radiomètre. La télédétection s'appuie donc avant tout sur une bonne connaissance des rayonnements électromagnétiques et de leur comportement au contact de la terre et à travers l'atmosphère (Polidori, 2000 in Kefifa, 2013).

L'analyse et l'interprétation des images de télédétection se font en fonction du comportement spectral qui est le produit de l'interaction du rayonnement et de l'objet à traiter (fig. 11). Les objets pouvant être traités par la télédétection sont divers.

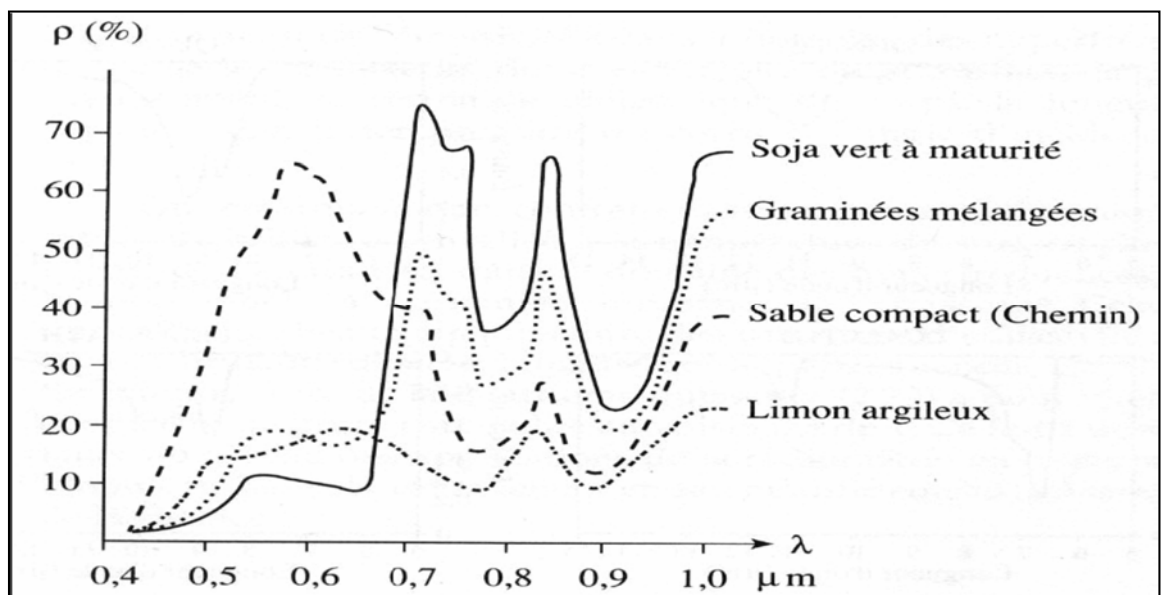


Figure 11 : Exemples de signatures spectrales (Bonn et Rochon, 1992)

6-1 La signature spectrale de la végétation

La réflectance d'un couvert végétal ne dépend pas seulement des propriétés d'absorption et de diffusion des feuilles, mais aussi de son architecture. Celle-ci varie selon la forme, la dimension, la distribution dans l'espace et la quantité des surfaces végétales. La distribution spatiale de la végétation sur le sol dépend du type de végétation, de la disposition des plantes et de leur stade de croissance. Au fur et à mesure que la végétation se développe, les effets des sols s'estompent (Cayrol, 2000). D'après Girard (2000), les végétaux chlorophylliens se caractérisent par des comportements particuliers dans les grands domaines spectraux. Dans le visible (0.4 -0.7 μm), le rayonnement est en majeure partie absorbé par les pigments foliaires (chlorophylle, carotène, xanthophylle, anthocyane) pour la photosynthèse (fig.12). Aussi, la réflectance est d'autant plus faible que la photosynthèse est importante. Les principaux pigments sont les chlorophylles a et b avec deux bandes d'absorption dans le bleu et le rouge (Huete, 1988). Dans le proche infrarouge, en fonction de la structure des tissus ainsi que de la structure générale de la canopée et de l'importance de la biomasse chlorophyllienne, la réflectance est plus ou moins forte. Dans ce domaine spectral, la végétation chlorophyllienne a toujours des valeurs de réflectance plus fortes que les autres objets (sols, eaux, minéraux). Dans l'infrarouge moyen réflectif, en fonction de la teneur en eau des tissus végétaux, la réflectance sera plus ou moins forte. Plus la teneur en eau est grande, plus la réflectance est faible.

Certains facteurs influençant le changement de la réflectance spectrale de la végétation, tel que la structure de la feuille (structure interne, surface de la feuille, contenu en eau, chlorophylle) la disparition des pigments chlorophylliens conduit à des réflectances plus fortes dans le visible.

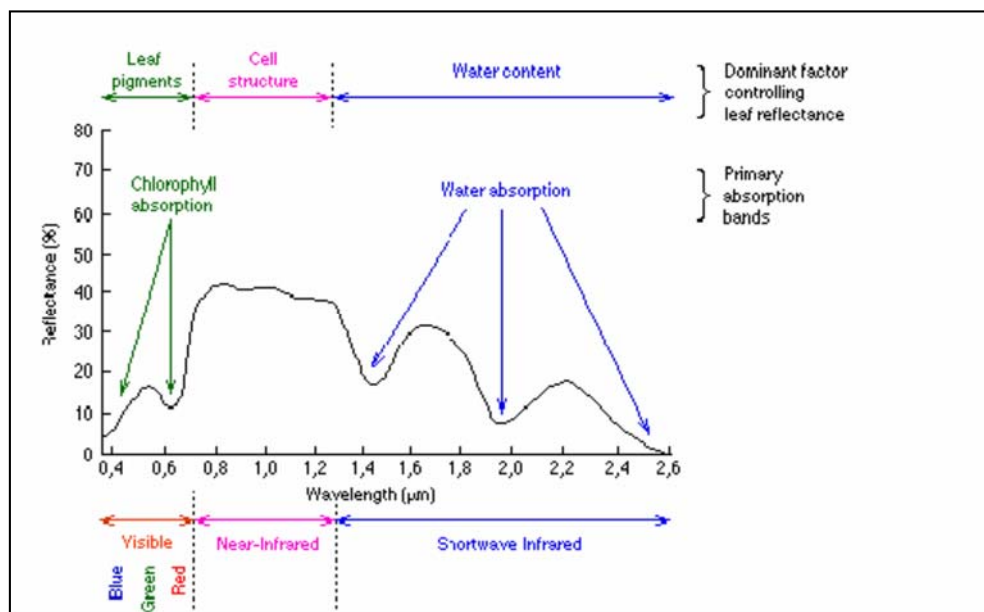


Figure 12 : Propriétés optiques des feuilles (Soudani, 2005)

6-2 La signature spectrale de sol

Le sol un milieu complexe constitué d'éléments minéraux et organiques (humus, végétaux, etc.), d'éléments liquides (l'eau) et de gaz (air, vapeur d'eau) qui tous ont une influence sur la réflectance du sol. Les bandes d'absorption dues à l'eau (1,4 et 1,9) sont présentes. Lorsque l'humidité du sol croît, nous observons une diminution de la réflectance sur l'ensemble des longueurs d'onde. Ce phénomène provient du fait que dans un sol sec, l'espace entre les particules est occupé par de l'air. La réflectance est alors liée à l'indice de réfraction des interfaces air-particules. Lorsque le sol est humide, une partie des microcavités est occupée par l'eau, l'indice de réfraction eau-particule étant plus faible que l'indice air-particule, la réflectance est alors plus faible (Huete, 1988).

Les trois facteurs les plus importants pour la réflectance de sols sont la structure, la texture et l'humidité (teneur en eau).

6-3 La signature spectrale de l'eau

L'eau a des propriétés optiques très différentes, l'énergie reçue est alors soit transmise, soit absorbée. Moins de 5% du rayonnement reçu est dans ce cas réfléchi dans le visible, et encore moins dans le proche infrarouge, l'eau a un coefficient d'absorption différent selon les longueurs d'onde, il est plus faible pour les radiations bleues et vertes qui pénètrent donc plus profond (Martin, 2000).

6-4 La réflectance

Le facteur de réflectance spectrale est égal au rapport du flux énergétique réfléchi par un élément de surface dans un cône dont le sommet se trouve sur l'élément de surface, au flux énergétique qui serait réfléchi dans un même angle solide par réflecteur diffusant parfait (surface blanche lambertienne) recevant le même éclairement (Girard, 2000).

7- Les indices de végétation

Approche empirique pour identifier et suivre l'évolution temporelle des couverts végétaux, ainsi que pour évaluer certains paramètres du couvert comme la biomasse aérienne chlorophyllienne, les indices de végétation sont calculés soit à partir de mesures de réflectance sur le terrain, soit de comptes numériques fournis par des données satellitaires. L'utilisation de l'indice de végétation permet de représenter la densité du couvert végétal (Laporte, 2002). Les données radiométriques peuvent être utilisées sous forme de canaux bruts ou d'indices combinant les canaux rouge et proche infrarouge à cause de la forte réponse spectrale du couvert végétal dans ce domaine spectral.

Plusieurs indices de végétation déduits à partir des mesures de réflectance ou de comptes numériques pour estimer le taux de recouvrement et identifier les types du couvert végétal et ont

été développés (tab.5) afin de caractériser la réponse spectrale de la végétation et diminuer l'effet des facteurs perturbateurs tels que le sol, la structure de la végétation et l'angle solaire.

Ces indices sont mathématiquement exprimés de manière à utiliser le contraste important entre ces deux bandes. Ce contraste résulte de la forte absorption du rayonnement dans le rouge et de la forte réflectance dans le proche infrarouge.

Tableau 5 : Les indices de végétation les plus utilisés

Dénominatio	Formule	Caractéristiques	Au
Différence	$R - \text{Pir}$	forte sensibilité aux variations atmosphériques	Monget 1980
Rapport	$\text{RVI} = \text{pIR}/R$ ou d'autres canaux Indice pigmentaire $\text{XS1}/\text{XS2}$	saturation aux forts indices, sensibilité à la contribution spectrale des sols et aux effets atmosphériques	Knipling 1970, Viollier <i>et al.</i> 1985
Indice de végétation normalisé	$\text{NDVI} = (\text{pIR} - R) / (\text{pIR} + R)$	sensibilité aux effets atmosphériques, gamme de variation plus faible, que le précédent, mais sensibilité aux variations angulaires de la visée, selon la position vis à vis du soleil "hot spot"	Rouse <i>et al.</i> 1974, Tucker 1979
Indice de végétation transformé	$\text{TVI} = \sqrt{(\text{NDVI} + 0,5)}$	essai d'élimination des valeurs négatives, stabilisation de la variance	Deering <i>et al.</i> 1975
Indice de végétation perpendiculaire	$\text{PVI} = a1 (\text{pIR}) - a2(R) + \text{constante}$	diminution de la contribution spectrale des sols, mais sensibilité à diverses caractéristiques des sols	Richardso n et Wiegand 1982
Chapeau à corne "tassel cap"	formule générale $a1(V) + a2(R) + a3(\text{pIR}) + a4(p \text{ IR})$	transformation orthogonale des 4 canaux pour réduire la sensibilité à la contribution spectrale des sols, sans pouvoir l'éliminer complètement	Kauth et Thomas 1976
issu du précédent : Indice de verdure	$\text{GR4} = -b1(V) - b2(R) + b3(\text{pIR}) + b4(p \text{ IR})$ pour canaux MSS		Jackson 1983
Indice de végétation ajusté au sol	$\text{SAVI} = [(1+L) (\text{pIR} - R)] / (\text{pIR} + R + L)$ avec $L = 0,5$ pour diminuer l'effet du sol	De nombreux indices sont issus de celui-ci pour minimiser l'effet du sol (TSAVI, MSAVI...)	Huete 1988
indice de végétation normalisé corrigé des effets atmosphériques	$\text{ARVI} = (\text{pIR} - \text{RB}) / (\text{pIR} + \text{RB})$ avec $\text{RB} = R - g(B - R)$ B et R réflectances dans le bleu et le rouge, g fonction du type d'aérosols	Diminue l'effet des aérosols contenus dans l'atmosphère sur le NDVI mais sensible à la contribution spectrale des sols	Kaufman et Tanre (1992)

(Source: Girard, 2000)

8- Les prétraitements des images satellitaires :

Les données satellitaires, après leur acquisition, sont stockées sous forme d'un fichier numérique. Avant leur exploitation sous forme d'images satellitaires, ils subissent deux types de corrections (Laporte, 2002) :

8-1 Corrections radiométriques

Ces opérations consistent en une correction radiométrique des données de réflectance du sol qui sont affectées par les effets de l'atmosphère (absorption et diffusion des gaz, aérosols et poussières).

8-2 Corrections géométriques

Les redressements géométriques s'avèrent, quant à eux, nécessaires pour intégrer les données spatiales dans des bases de données cartographiques. Les satellites et les avions enregistrent en effet une information d'une surface terrestre sphérique impliquant des déformations de l'image notamment sur les bords. L'opération de superposition de l'image à une projection cartographique donnée se nomme orthorectification. Suite à cette opération, l'affectation de coordonnées géographiques à chaque pixel de l'image ainsi obtenu se nomme géoréférencement.

L'image brute obtenue est toujours sombre, manque de contraste, dispose de comptes numériques peu étalés (25 % des valeurs possibles entre 0 et 255). Les traitements d'amélioration visuelle de l'image sont indispensables pour disposer d'une image utile facilement interprétable, il s'agit de : l'amélioration du contraste (intensité, teinte, saturation), amélioration de la définition des éléments géographiques, optimisation de la densité, rehaussement des structures linéaires...

9- La classification des données

L'objectif général des classifications est de traduire des informations spectrales en classes thématiques (d'occupation du sol, par exemple). La segmentation de l'image en classes thématiques est aussi appelée zonage, les stratégies de zonage sont multiples :

- approches par pixel (analyse multispectrale, segmentation d'indice) ;
- approche par zone (détection de contour, texture) ;
- approche par objet (analyse morphologique, détection de formes).

Deux types de méthodes de classification sont employés pour analyser les changements de milieu, la classification non supervisée et la classification supervisée.

La classification d'images satellitaires a pour objectif de produire des images thématiques, c'est-à-dire une image dont le contenu ne représente plus une mesure, mais une interprétation et une catégorisation de la nature des objets associés aux pixels. En analyse d'images de télédétection, la classification utilise des algorithmes adaptés pour donner une étiquette (label) à

un pixel de l'image pour traduire le type d'occupation de sol qu'il représente. On passe ainsi d'une valeur continue (correspondant à la mesure radiométrique) à une valeur discrète (correspondant à la nature de l'objet observé).

Quelle que soit la méthode de classification choisie, le processus comporte trois étapes :

- l'établissement des classes de signatures (segmentation) ;
- la classification des pixels en fonction de ces signatures (non dirigée, dirigée, multi temporelle) ;
- la vérification des résultats (matrice de confusion).

9-1 La classification non supervisée

Elle est effectuée sans prise en compte de données de terrain. Il s'agit d'un découpage entièrement mathématique des données radiométriques en un nombre de classes définies. Il existe des algorithmes de classification, composés de plusieurs itérations, permettant de créer des regroupements de pixels ayant des signatures spectrales similaires. L'utilisateur procède ensuite à la reconnaissance des classes créées par l'algorithme en affectant un nom et une couleur à chaque classe. Un des algorithmes de classification non supervisé est appelé « agrégation autour des centres mobiles ou méthode ISODATA » (Terras, 2011).

9-2 La classification supervisée

Le principe de la classification supervisée est de regrouper les pixels à des classes thématiques, basées sur une connaissance préalable de la zone à étudier. Les classes sont définies sur la base de zones d'apprentissage, qui sont des échantillons représentatifs des classes.

9-3 La classification multi temporelle

A pour objectif d'étudier, à partir de deux ou plusieurs images prises à des périodes différentes, l'évolution dans le temps de la valeur des pixels. Cette classification est notamment utilisée dans l'étude de la dynamique des couverts végétaux (études diachroniques).

Le tableau qui suit (tab.6), fait ressortir les avantages et les inconvénients des trois types de classifications :

Tableau 6 : Comparaison entre les trois types de classification (Mequignon *et al.*, 2005).

Méthode	Avantages	Inconvénients
Classification non dirigée	Utile pour réaliser une première segmentation des images en grands thèmes d'occupation du sol. Cette segmentation pourra être utilisée pour réaliser un masquage des thèmes non concernés par l'étude.	Le regroupement des valeurs de comptes numériques crée des classes dont la signification thématique est parfois difficile à identifier.
Classification dirigée	Les classes obtenues ont une signification thématique précise.	Le temps de réalisation est long en particulier pour le choix et la délimitation des zones d'apprentissage.
Classification multi-temporelle	Permet de bien caractériser les formations végétales notamment les modes de gestion des prairies.	Nécessite la disponibilité d'images à des périodes bien précises.

10- Les systèmes d'information géographiques (SIG) :

Un système d'information géographique est une application informatique composée du matériel informatique, du logiciel, des données, d'un administrateur de la base de données et d'une application thématique. Il permet de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser ainsi que de combiner de façon alphanumérique et graphique des données géographiques localisées dans l'espace.

Une définition a été adoptée lors du colloque de Strasbourg (1990) selon laquelle « un système d'information géographique est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace ». Il faut éviter une confusion courante : un logiciel SIG n'est pas un outil de cartographie assistée par ordinateur. C'est bien plus que cela, c'est un ensemble d'outils informatiques intégrés, qui permet de gérer des données qui peuvent être localisées.

L'évolution et la diffusion des SIG dans la science est à mettre en lien avec les développements de la technologie informatique. Depuis les années 1970, et plus particulièrement depuis le sommet de la terre à Rio de Janeiro en 1992, a lieu une prise de conscience des problèmes environnementaux à toutes les échelles.

Le développement des SIG est étroitement lié à celui de l'informatique. Nous distinguons trois périodes principales :

- **fin des années 1950- milieu des années 1970** : début de l'informatique, premières applications de cartographie automatique ;
- **milieu des années 1970- début des années 1980** : diffusion des outils de cartographie automatique/SIG dans les organismes d'État (armée, cadastre, services topographiques, etc.) ;
- **depuis les années quatre-vingts** : croissance du marché des logiciels, développements des applications sur PC, mise en réseau (bases de données distribuées, applications sur Internet).
- **depuis quelques années** : nous assistons à la banalisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur internet, calcul d'itinéraires routiers, utilisation de solutions embarquées liées au GPS...).

10-1 Domaines d'application du SIG :

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés. Citons cependant:

- militaire (gestion des infrastructures, itinéraires.....) ;
- marketing (localisation des clients, analyse du site) ;
- planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement) ;
- protection civile (gestion et prévention des catastrophes) ;
- transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires) ;
- forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture) ;
- géologie (prospection minière) ;
- biologie (études du déplacement des populations animales) ;
- télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles).

11- Le Global Positioning System (GPS):

Le GPS ou NAVSTAR (Navigation System by Timing And Ranging) est un système de radionavigation américain basé sur une constellation de satellites élaborés en 1970 et contrôlés par le département de la défense des États-Unis. Utilisable librement par toute personne munie d'un récepteur GPS (fig. 13), il informe sur la position, le temps et la vitesse sur une large étendue mondiale quelles que soient les conditions météorologiques ou le moment de la journée (jour et nuit) (Benmessaoud, 2009).

Ses domaines d'utilisation sont nombreux, entre autres : la mesure de position, la navigation (à pied, en bateau, en avion, en véhicule), mesure de temps, trajectographie, l'étude des déplacements des plaques tectoniques, la cartographie, etc. Le GPS est ainsi composé de trois parties : les satellites en orbite autour de la terre, des stations de contrôle et de suivi sur la terre et

l'appareil de réception d'un nombre illimité d'utilisateurs le récepteur de chaque utilisateur capte les signaux diffusés par les satellites et produit ainsi une localisation selon trois dimensions (latitude, longitude, altitude). Il calcule sa position par triangulation, en mesurant la distance entre lui-même et au minimum trois satellites. La composante spatiale du système est basée sur une constellation de 24 satellites placés en orbite quasi-polaire.



Figure 13 : Le GPS GARMIN 12XL.

Deuxième partie

"Etude expérimentale"

Chapitre 1

*"Caractérisation écologique de la zone
d'étude "*

1- Cadre géographique et physique

1-1 Situation géographique et administrative

C'est dans l'ensemble géographique des hauts plateaux telliens que se situe la wilaya de Saida, qui est limitée naturellement au sud par le Chott Chergui et la wilaya d'El Bayadh, au nord par la wilaya de Mascara, à l'est par la wilaya de Tiaret et à l'ouest par la wilaya de Sidi bel Abbès (fig. 14). Cette position lui donne un rôle de relais entre les wilayates steppiques au sud et les wilayates telliennes au nord. La wilaya de Saida présente deux domaines naturels bien distincts, l'un est atlasique Tellien au nord et l'autre est celui des hautes plaines steppiques au sud. Sa position entre le nord, la région steppique et présaharienne lui confère, un rôle de carrefour de transit et d'échanges et une fonction de relais pour le sud. Cette situation stratégique de la ville est confirmée par le passage d'importants axes routiers aux niveaux régional et national (route nationale n°6) (Labani, 2005).



Figure 14 : Localisation de la région d'étude (Saïda).

La wilaya de Saida est une région médiane entre le tell et la steppe, caractérisée par une vocation sylvo-agro-pastorale (D.P.A.T., 2011). Elle se divise en trois grandes zones naturelles classées du Nord au Sud comme suit :

- **zone agricole :** c'est la zone la plus arrosée, elle bénéficie d'une pluviométrie de 300 à 400 mm par an. Où est pratiquée une agriculture extensive avec une dominance de la céréaliculture à sec, l'élevage bovin et ovin.
- **zone agro-pastorale :** est une zone intermédiaire entre les deux zones agricole et pastorale, caractérisée par la monoculture céréalière, elle se distingue par des sols peu profonds et une pluviométrie moyenne entre 250 et 300 mm par an.

- **zone steppique** : qui se situe au Sud, c'est une zone de pastoralisme avec prédominance d'élevage ovin, elle reçoit une pluviométrie moyenne ne dépassant pas 250 mm par an.

2- Cadre géologie.

Bien que n'ayant pas d'influence directe sur la végétation, la géologie est à l'origine de la nature lithologique et des formes géomorphologiques (Djebaili, 1984). La géologie est le support de l'environnement et la base de compréhension du fonctionnement de tout écosystème à savoir : écoulement des eaux superficielles et souterraines, végétation et autres parties de l'environnement. Les données géologiques fournissent des indications précieuses sur la nature du substrat où se développe la végétation. Cette dernière répond d'une manière assez fidèle à la nature lithologique et aux formes géomorphologiques.

Le territoire de la wilaya de Saida est constitué essentiellement de terrains secondaires ; généralement de grès Jurassiques et Crétacés à dureté variable suivant le degré de consolidation de même que des couches calcaires, marneuses ou dolomitiques (fig. 15). Les dépressions et les vallées sont recouvertes de terrains d'origines continentales (fluviales et éoliennes) d'âge tertiaire (Mio-Pliocène) et quaternaire de manière étendue. Une formation plus ou moins épaisse de strate rougeâtre, sablo-argileuse d'âge Tertiaire où un recouvrement de croûte calcaire y est rencontrée de façon variable ; cet encroûtement représente une fossilisation de la surface topographique constituée par des alluvions tertiaires continentales (Lucas, 1952).

La région est aussi caractérisée par la présence de tufs et travertins calcaires correspondants à d'anciens griffons de source. La succession stratigraphique et lithologique est représentée par des formations allant du primaire au quaternaire avec toutefois des lacunes stratigraphiques de même que des variations latérales de faciès et d'épaisseurs. (Ourdas, 1983 ; Labani, 2005).

2-1 Le Quaternaire

Se distingue par des dépôts alluviaux de limons et de cailloutis (oued Saida) des couches calcaires concrétionnées. Il comble les grandes dépressions et vallées, constituées de travertins à végétaux (affleurement à Saida et à Tifrit) ou de limons plus ou moins sableux recouvrant les carapaces calcaires.

2-2 Le Tertiaire

Les terrains tertiaires datés du miocène et du pliocène sont essentiellement formés d'argiles sableuses et gypseuses avec des niveaux calcaires, des niveaux à graviers ou galets avec parfois des niveaux de bases grossières plus ou moins lenticulaires. L'ensemble peut atteindre une assez grande épaisseur comme à Chott Ech-cheroui (superficie sub-tabulaire). Il affleure également près d'Ain El Hadjar au nord du plateau de Hassasna et au nord de Saida.

2-3 Le Secondaire

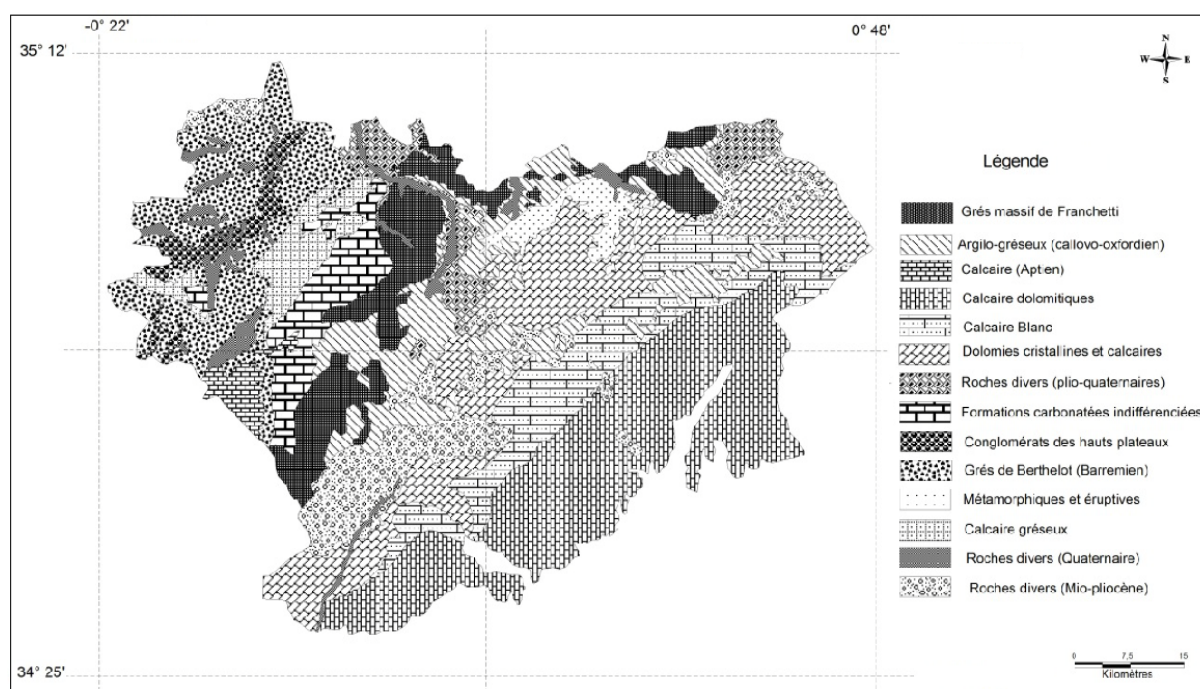
Il est représenté dans la région par une épaisse série sédimentaire, riche en formations carbonatées qui repose en discordance sur le socle primaire. Le jurassique inférieur débute au sommet par un toarcien marno-calcaire, qui change d'un endroit à un autre par exemple des marnes noduleuses (Ain Balloul) ou dolomitiques gris à rouge (Sidi Abdelkader) ou calcaires marneux (gorge d'Oued el Abd). Le domérien est constitué par des calcaires jaunâtres. Il est représenté à la base par un ensemble calcaire à concrétion et à stratification soulignée par des intercalations marneuses surmontées par une série dolomitique dont la base est constituée d'un ensemble de dolomies micro-cristalline (au nord d'Ain El Hadjar, oued Balloul et près de la cascade de Tifrit).

La lithologie demeure sensiblement constante avec une dolomite micro-cristalline grise à gris foncé où les faciès brechoïdes sont fréquents. Le trias de haut de la série débute par une formation grise-rougeâtre passant à des dolomies plus tendre dont l'épaisseur est assez importante dans la région de Saida. Cette formation est surmontée par un ensemble d'argiles rouges à concrétions ferrugineuses comprenant au sommet une forte intercalation de carbonate d'argile devenant progressivement blanchâtre. Il affleure près de Tiffrit, un membre basaltique avec trois coulées séparées par de minces passées calcaires marneuses plus ou moins dolomies verdâtres à rougeâtres associées à des tufs dolomitiques gris verdâtre clairs. La série se poursuit par des argiles siliceuses rouge et noire des poussées de gypse noir, des argiles gypseuses feuilletées, parfois même à des dolomies gréseuses à ciment gypseux. Les dépôts détritiques grossiers lenticulaires sont présents dans cette série avec conglomérat noir à rougeâtre à gros éléments volcaniques évoluant progressivement en un grès arkosique grossier (oued Tiffrit).

2- 4 Le Primaire

Il est représenté par les schistes et quartzites de Tifrit, cet ensemble ancien daté du Silurien très plissé affleure dans la vallée d'oued Tifrit et les vallées affluentes, c'est à l'intérieur de cet ensemble que l'on peut noter la présence d'intrusions granitique et granulitique ainsi que des coulées de laves basaltiques. La tectonique de la région se traduit par une tectonique souple soulignée dans la région par des plissements et des ondulations des couches des différentes formations géologiques ; et une tectonique cassante donnant naissance à des rejets assez importants. Une série de synclinaux et d'anticlinaux orientés sud-ouest nord-est y bien représentée. Les anticlinaux présentent une direction anticlinale principale et plusieurs directions anticlinales perpendiculaires à celle-ci dont la principale dirigée nord-sud passant par la vallée de Tifrit. La superposition de ces deux directions de plissement s'est traduite par la formation de vastes dômes à grands rayons de courbure, eux-mêmes subdivisés en dômes plus petits du fait des directions anticlinales secondaires, donnant séparément des cuvettes. Ces dômes et ces

cuvettes se remarquent d'ailleurs dans la topographie, car le relief a plus ou moins épousé leurs formes. Nous avons ainsi les doms de Tifrit, Ain Soltane, djebel Khenifer, djebel Sidi Youcef ...etc. Une grande cuvette s'étend au nord du plateau de Hassasna dans la région d'Oum-Djrane, oued Foufot, Tamesna et Tircine. Des structures faillées apparaissent à la périphérie des anticlinaux, elles correspondent à l'accentuation des mouvements de plissement dans des matériaux relativement cassants et rigides tels que les calcaires et dolomies. Les principales failles de la région s'alignent dans une grande direction l'une nord-est sud-ouest, l'autre nord-ouest donc plus ou moins perpendiculaire. Les failles périphériques s'incurvent d'ailleurs fréquemment, telle que la faille de Saida, on note ainsi de nombreuses failles droites de faibles rejets, sillonnant les formations calcaires dolomitiques en un réseau dense.



(Source : SATEC, 1976)

Figure 15 : Carte géologique de la wilaya de Saida

3- Cadre géomorphologique

La géomorphologie est considérée comme une expression synthétique de l'interaction entre les facteurs climatiques et géologiques.

La géomorphologie de la wilaya est composée essentiellement de versants au nord et des plateaux et dépressions au centre et au sud. Ces unités géomorphologiques et leur dynamique sont diverses (tab. 7). À l'exception du Sud de la wilaya où le paysage s'ouvre sur les hautes plaines steppiques, l'on se trouve partout ailleurs dans un domaine relativement montagneux constitué par les Djebels des Monts de Daia et de Saida. Il s'agit donc d'un contraste bien net entre le Sud et le Nord de la wilaya. La limite entre les deux milieux (nord, montagneux et sud steppique) se situe un peu au sud de la latitude de Moulay Larbi ; toutefois, une limite plus nette se distingue et correspond à la ligne de partage des eaux de petits djebels au nord de Moulay

Larbi et du djebel Sidi Youssef. De part et d'autre part de cette ligne l'écoulement des eaux se fait au nord dans le milieu montagneux et le régime hydrographique est de type exoréique. Le territoire de la wilaya n'a donc pas de caractère homogène, il se caractérise par une alternance de milieux très contrastés dont les grands ensembles sont au nombre de trois : milieu montagnard, les plateaux et le milieu steppique.

La majeure partie de l'espace steppique est occupée par une plaine plus ou moins plane. Elle est truffée de nombreuses petites cuvettes de dimension et d'origine différentes (Sebkha, Dayas...) dans lesquelles se perd un réseau hydrographique endoréique à éléments courts et inorganisés. Elle est couverte par une épaisse dalle calcaire lacustre d'âge poste miocène (Pouget, 1980).

Tableau 7 : Unités de paysage et géomorphologie

Relief	Unité de paysage morpho-litho-pédologique	Géomorphologie et géodynamique actuelle
Versants	Formation argilo-gréseuse et argileuse.	- Modelé : collines à pentes plus ou moins fortes, dissections assez fortes. - Dynamique : érosion actuelle dans les zones cultivées : ravinement, solifluxion, mouvements de masse.
	Formation sur dolomies cristallines et calcaires jurassiques.	- Modelé : versant de djebel à pente forte, roche affleurant ou sub-affleurant. - Dynamique : érosion négligeable sous forêts et broussailles.
	Formation sous grés massifs de Franchetii avec intercalations carbonatées et argilo-sableuses.	- Modelé : versants de djebel à pente forte avec corniches structurales gréseuses. - Dynamique : érosion négligeable sous forêts et broussailles.
	Sur formation éruptive de Tifrit.	- Modelé : versant de djebel à pente forte. - Dynamique : érosion négligeable sous forêts et broussailles.
Plateaux	Sur dolomies cristallines et calcaires.	- Modelé : plateau Karstique plus ou moins ondulé. - Dynamique : érosion chimique (dissolution Karstique).
	Sur dolomies cristallines et calcaires avec formations superficielles (altérites).	- Modelé : plateau Karstique plus ou moins ondulé. - Dynamique : érosion chimique (dissolution Karstique).
Dépressions et cuvettes	Sur dolomies cristallines et calcaires.	- Modelé : glacis d'érosion d'accumulation à pente faible, plus ou moins disséqués (pente forte localement) - Dynamique : ruissellement diffus, érosion en nappe.
	Sur terrasses et plaines alluviales.	- Modelé : accumulations alluviales anciennes ou actuelles. - Dynamique : transit alluvial, sapement de berges, atterrissement.

(Source : SATEC, 1976)

4- Orographie

Le cadre physique régional de la wilaya de Saida correspond aux conditions du tell occidental et des hautes plaines steppiques occidentales d'une manière générale. Les reliefs de la zone d'étude sont assez diversifiés (fig. 16), on y distingue des plaines, des plateaux et une zone montagneuse. Ces entités façonnent des milieux naturels découpant l'espace de la zone en unités physio-géographiques. Dans le détail, la wilaya de Saida est délimitée au plan naturel comme suit :

- à l'ouest et au nord-ouest par les Monts de Daia, successivement par les lignes de crêtes des Djebels Tazenaga, Tennfeld, Nser et El Assa.
- Au nord et nord-est par les monts de Saida, successivement par les lignes de crêtes des Djebels Yehres, Bel-Hadj, Bel Aoued, Mekhnez et Touskiret.
- à l'est, la limite correspond à l'extrémité Est du Djebel Sidi Youssef qui appartient normalement à l'ensemble orographique des Mont de Saida, mais qui s'en détache légèrement vers le Sud et qui s'inclinent lentement vers les hautes plaines steppiques.
- alors qu'au Sud et sud-ouest (le territoire de la wilaya s'ouvrant sur les hautes plaines steppiques), il n'existe pas de limites naturelles bien nettes.

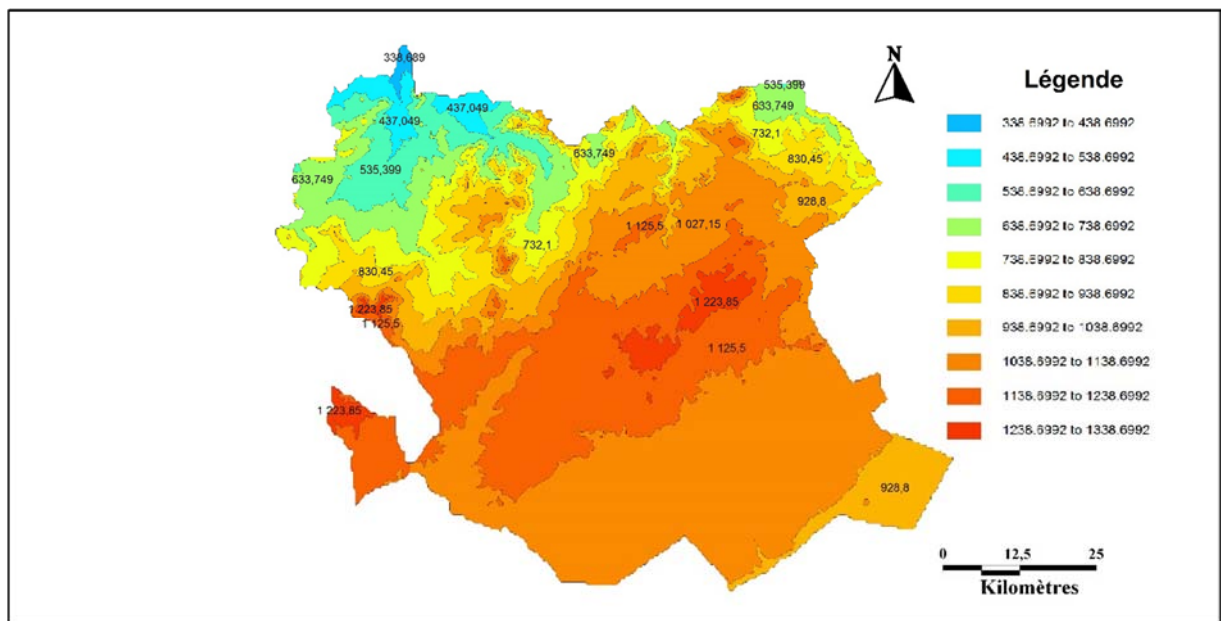


Figure 16 : Carte hypsométrique de la wilaya de Saida (réalisée à partir d'un MNT).

5- Les pentes

L'étude et la connaissance des pentes constituent un des éléments de base pour l'analyse des caractéristiques physiques qui déterminent l'aptitude des diverses zones. En effet, la potentialité et les limites d'utilisation du territoire dépendent dans leur majeur parti de la pente puisque celle-ci contribue à la détermination des possibilités d'érosion en relation avec d'autres

facteurs de mécanisation des cultures, des modalités d'irrigation, des possibilités de pâturage, de l'installation et le développement de la végétation de reforestation (Terras, 2011).

La classe de pente 0-3 % caractérise l'ensemble des fonds de vallées, les plaines et les plateaux (fig. 17). Cette classe témoigne la stabilité des terrains avec un risque d'érosion faible, elle couvre une superficie de 448 730 ha, soit 67 % de la superficie totale de la wilaya. Cette classe est présente essentiellement dans les communes steppiques (Sidi Ahmed, Maamora et Ain Skhouna) et dans les zones céréalières telles que Moulay Larbi, Hassasna, Ouled Brahim, Tircine et Ain El Hadjar.

À l'exception des zones steppiques, sur ces terrains, c'est la céréaliculture qui domine. La classe de pente 3-6 % caractérise les terrains de plateau ou de bas piedmonts de collines, elle occupe une superficie de 113 000 ha, soit 17 % de la superficie totale. Elle caractérise principalement la topographie des communes de Youb, Sidi Boubkeur, Doui Thabet, Hounet, Ouled Khaled, Saida et Ain El Hadjar. Les risques d'érosion sur ces terrains restent faibles à très faibles. Là aussi, c'est la céréaliculture qui domine l'occupation du sol. La classe de pentes 6-12 % caractérise le plus souvent les zones de piémonts qui sont le prolongement des massifs montagneux de la wilaya. Ce sont généralement des terrains de parcours et des terrains forestiers (maquis clairs), les risques d'érosion sont présents avec apparition des signes dus aux ruissellements diffus. Les terrains qui ont une déclivité de 12 à 25 % s'étendent sur presque 65 000 ha, soit 17 % de la superficie totale de la wilaya et occupent surtout les communes de Saida, Doui Thabet, Hounet, Sidi Amar, Ouled Khaled et Ain-El-Hadjar Terras, 2011).

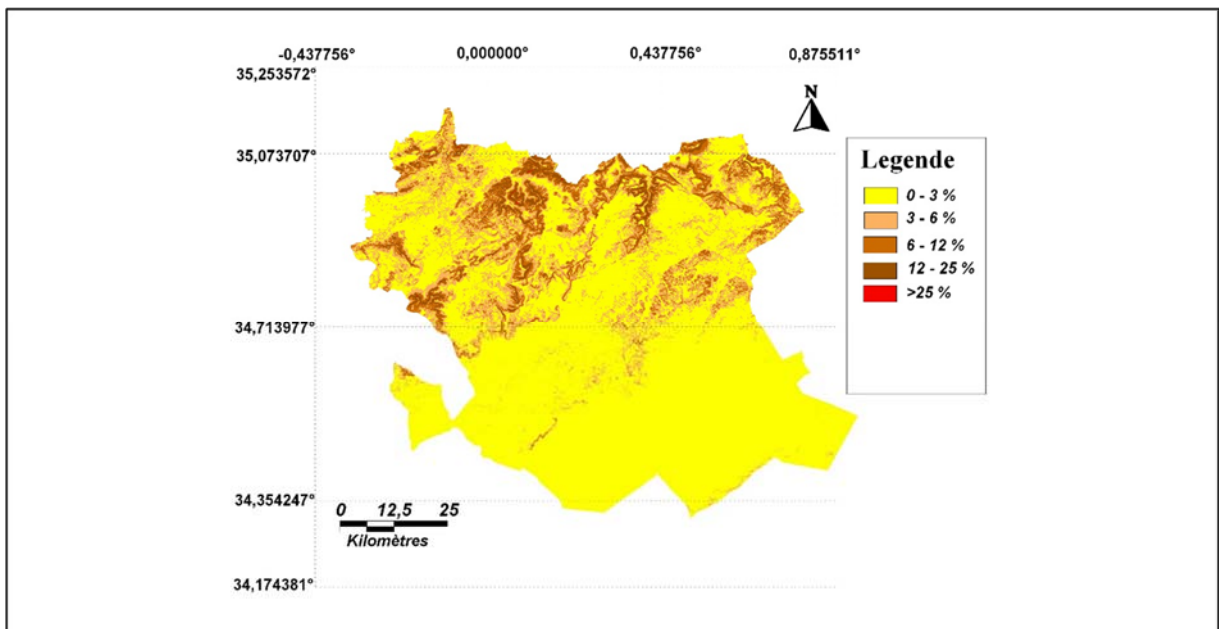


Figure 17 : Carte des pentes de la wilaya de Saida (réalisée à partir d'un MNT).

6- Hydrologie

L'hydrographie de la région permet de distinguer plusieurs bassins superficiels où l'écoulement se fait vers le nord, exception faite du bassin du Chott Echergui où l'écoulement se fait vers le sud (fig. 18). La nature essentiellement carbonatée des roches qui constituent la région d'étude a permis aux oueds de ces bassins de creuser des vallées très encaissées et des lits très profonds et étroits, leur solidité a favorisé la dissolution en profondeur donnant une véritable région Karstique. Lorsque les affleurements sont marneux ou argileux, le relief devient beaucoup plus mou, il s'agit des croupes très arrondies subissant un ruissellement intense et une forte érosion. À ce propos Deschamps (1973), note : « Étant donné la disposition du plateau de Saida, légèrement bombé au centre et descendant en pente douce vers ses bordures, l'hydrographie de la région permet d'y distinguer plusieurs bassins superficiels ».

- Bassin de l'oued Saida : il s'agit du haut cours de l'oued Saida, celui-ci prenant sa source près d'Ain El Hadjar (Ain-Tebouda sud-ouest de Ain El-Hadjar). La superficie du plateau dolomitique intéressée par ce bassin est d'environ 115 Km². L'oued est pérenne. À Sidi Amar, la superficie du bassin est de 560 Km². Ses nombreux affluents dont les plus importants sont oued Nazreg, Oued Massif, oued Taffrent sont alimentés également à partir de ressources de ruissellement sur les hauteurs des montagnes.

- Bassin de oued Tiffrit : Il s'agit du haut cours de l'oued Taria. L'oued Tiffrit prend sa source au plateau de Hassasnas avec l'oued Foufot, il présente un écoulement pérenne. La partie du plateau dolomitique couverte par ce bassin peut être évaluée à 600 Km². À Taria, il couvre 1806 Km². Il s'écoule dans une vallée assez profonde aux berges parfois escarpées, de nombreux affleurements viennent grossir l'écoulement de ces cours d'eaux tel que l'oued Belloul et l'oued Minouma. L'oued Berbour à l'ouest des montagnes, qui est un important apport des oueds Bouatrous, Fourhalzid, conflue avec l'oued Sefioun pour donner l'oued de Hounet.

- Bassin de l'oued El Abd : il s'agit du haut court de l'oued El Abd, celui-ci prend sa source au Djebel Derkmous. Il présente un écoulement pérenne. À Takhemaret, la superficie du bassin versant de l'oued El Abd est de 560 Km².

- Bassin du Chott Chergui : il s'agit de la bordure Nord de la dépression du Chott et la surface intéressant le plateau de Saida s'étend sur près de 250 Km². L'écoulement dans ce dernier bassin est endoréique (oued Falette), alors que dans les trois premiers, il est exoréique (Terras 2011).

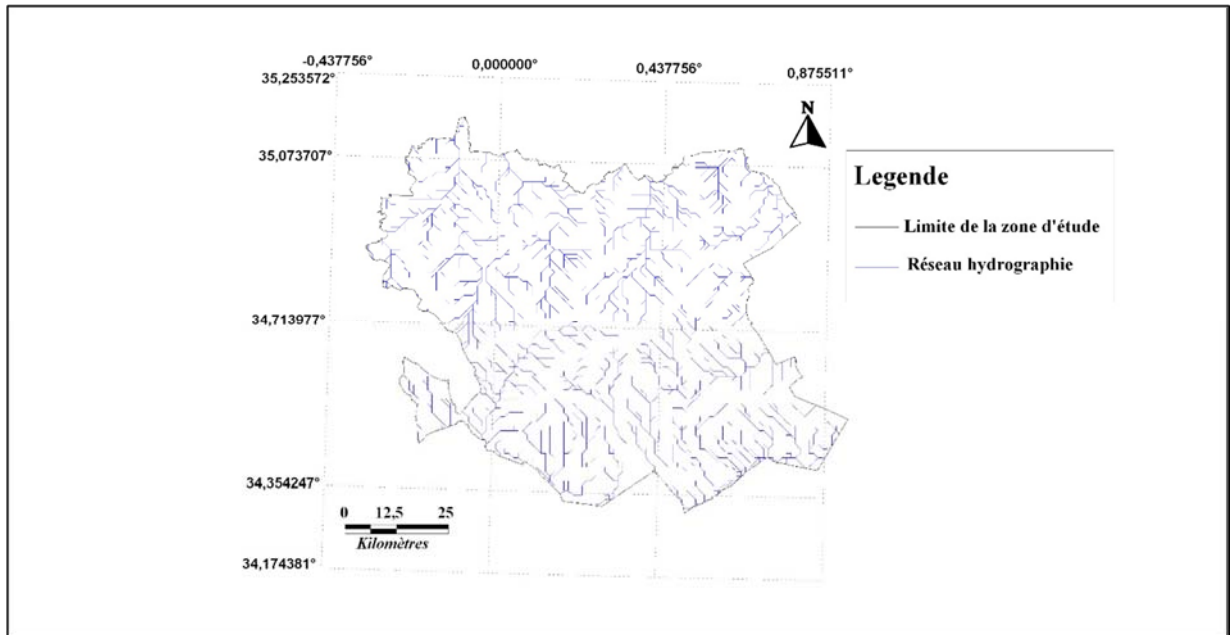


Figure 18 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Saida (Terras, 2011)

7- Cadre pédologique

Les principales zones de la wilaya sont caractérisées par différents types de sols décrits et répertoriés par l'étude de pédologie effectuée par la S.A.T.E.C (1976) et le B.N.E.D.E.R (1992). Notre région d'étude est dans son ensemble constituée par une diversité pédologique (fig. 19) dont la plupart des sols de la région rentrent dans la catégorie des sols fersiallitiques et bruns calcaires, ces sols présentent une liaison entre les oxydes de fer et les argiles. Les sols y sont classés en quatre groupes bruns rouges, alluviaux, hydromorphes et halomorphes.

On distingue six grands types de sols :

7- 1.1 les sols alluviaux

Ils comprennent les sols alluviaux de plaine ou de terrasse alluviale, les sols remaniés de dayate Zreguet, les sols alluviaux de bordure de chott et les sols alluviaux de lits d'oueds.

7- 1.2 les sols bruns

Parmi ces sols, nous distinguons les sols bruns calcaires largement étendus au nord de la wilaya et les sols bruns à caractère vertique de Moulay Larbi.

7- 1.3 les sols bruns rouges

Parmi ces sols, nous distinguons les sols bruns rouges à horizon humifère, les sols bruns rouges méditerranéens à texture légère, les sols bruns rouges méditerranéens sous formations steppiques.

7- 1.4 les lithosols

Sont assez étendus et se retrouvent sur presque tous les versants dénudés. Ils sont peu épais (moins de 20 cm généralement) et très morcelés.

7- 1.5 les sols halomorphes

Nous les trouverons dans la zone du Chott Chergui, peu épais, à texture limoneuse et portent une végétation halophile. Ils sont aussi de peu d'intérêt pour la mise en valeur agricole.

7- 1.6 les sols hydromorphes

Ils sont exclusivement localisés dans la zone steppique. Leur texture est lourde et ils sont peu profonds (entre 20- 50 cm). Ces sols sont mis à profit par les éleveurs pour y faire des emblavures de céréales.

7- 2 La répartition des sols

La répartition des sols obéit aux conditions générales qui régissent le milieu naturel. Orographie, lithologie, occupation du sol et climat, agissent ensemble tant dans l'évolution des sols que dans leur extension spatiale. Une plus grande diversité de sols se trouve dans la partie tellienne de la wilaya de Saida, alors que dans la partie steppique, au sud de la wilaya, seuls les sols alluviaux de dayate ou de lit d'oued ont une valeur agronomique acceptable quand ils ne sont pas affectés par l'hydromorphie ou la salinité.

7- 2.1 les sols de plaines et vallées

Dans les petites plaines du nord de la wilaya (Branis, Hounet) et les vallées plus ou moins encaissées (Tifrit, Saida, Berbour ...) les sols alluviaux sont dominants et occupent les parties basses et planes. Ils sont quelquefois associés à des sols bruns rouges méditerranéens (plaine de braniss) ou des sols rouges sableux (plaine de Hounet) ou encore des sols bruns ou des lithosols, qui les surplombent à partir des collines douces. Ces sols constituent le meilleur potentiel et acceptent une grande diversité des cultures, notamment les cultures irriguées à cause d'un drainage naturel satisfaisant, dans les vallées en l'occurrence.

7- 2.2 les sols de montagne

La plus grande partie des sols cités précédemment se retrouve en milieu montagneux. Cependant, il y a un ordonnancement naturel dans leur répartition, dû encore à leur condition de développement. Sur les hauts versant quand la végétation naturelle offre une bonne couverture et de bonnes conditions pédogénétiques (cas de la forêt dense au nord de la wilaya) s'installent les rendzines. Une fois cette végétation naturelle dégradée, la place est laissée à des rendzines dégradées.

7- 2.3 les sols des plateaux telliens et des hautes plaines steppiques

Les sols de la commune de Moulay Larbi et de Hassasna sont bruns et profonds, mais affectés par de l'hydromorphie de surface. Ils sont néanmoins de bons sols convenant tout particulièrement aux cultures céréalières. Les autres sols sont répartis dans la zone steppique

(sols rouges, sols alluviaux, hydromorphes et halomorphe) n'offrent pas un grand intérêt agronomique à moins de mesures de mise en valeur importantes.

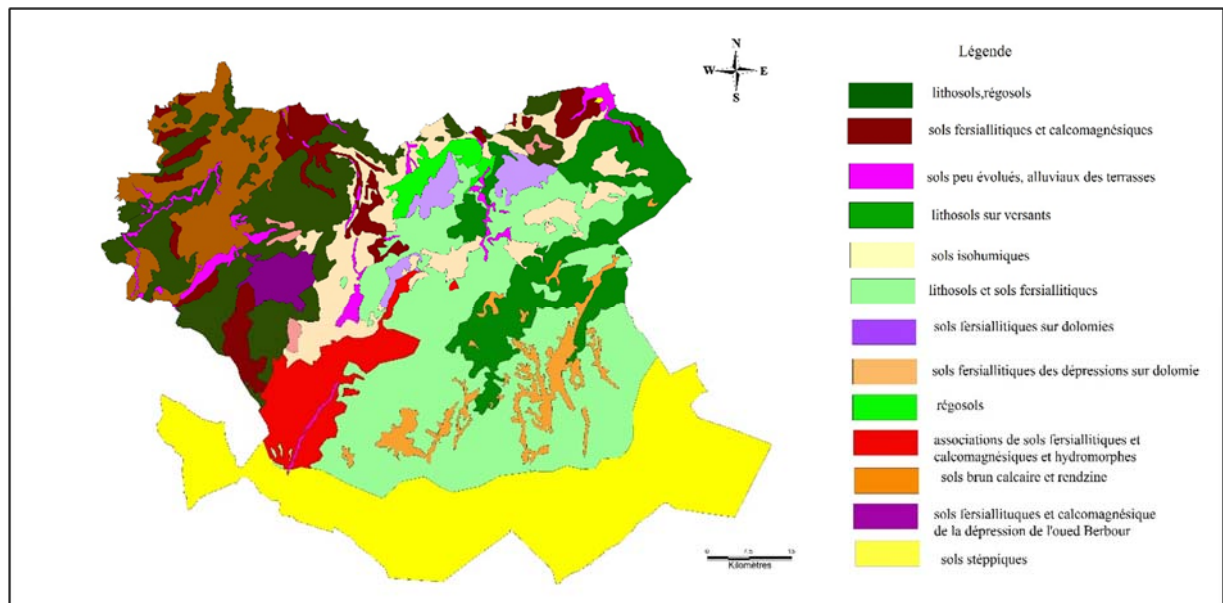


Figure 19 : Carte des sols de la wilaya de Saida (source : SATEC ,1976)

8- Caractères floristiques

8-1 Espace forestier

Les terres forestières représentent 156 401 ha, soit 23,12 % de la superficie totale de la wilaya (D.P.A.T., 2011). Ces terres forestières comprennent les formations forestières naturelles qui regroupent les forêts denses, les forêts claires, les maquis denses et les maquis clairs (fig. 20). Ces formations sont totalement localisées dans la partie tellienne de la wilaya où se trouvent les communes de Doui Thabet, Sidi Boubkeur, Youb et Balloul. Les terres forestières constituées de forêts de pin d'Alep, de thuya de berberie, de genévrier oxycèdre et de chêne vert ; de formations basses comme la garrigue, le maquis et le matorral ou les broussailles avec les essences secondaires comme la filaire, le lentisque, le genêt, le doum, le Diss et l'alfa. Les forêts occupent 7.5 % des superficies forestières. L'essence dominante dans ces forêts est le pin d'Alep essentiellement pur ou en association avec le Thuya.

L'espace forestier offre deux zones distinctes :

- une zone du *Pinetum halepensis* : groupement dominant au nord-ouest de la wilaya, il est composé de formations forestières où domine le pin d'Alep et son cortège floristique commun dans tout l'étage bioclimatique semi-aride avec une densité claire caractérisée par une absence quasi-totale de régénération naturelle. Avec la tendance vers une sécheresse prolongée et sous l'action conjuguée de la pression humaine, animale et des incendies, ces formations forestières sont menacées dans leur existence (Labani, 2005 ; terras 2011 ; Kefifa 2013), situées dans les monts de Dhaya et les monts de Saïda, les forêts domaniales de Tendfelt, Djaafra et Fenouane, Doui-Thabet sont les plus importantes.

- une zone du *Quercetum illicis* : dominée par le chêne vert qui arrive à coloniser totalement des espaces surtout dans la zone de Hassasna. Cette formation arrive à se maintenir grâce à la faculté de rejeter de souches, mais l'âge avancé des taillis soumis en plus à des coupes et des agressions permanentes ne permet pas une pérennité de cette formation. C'est une zone qui n'arrive pas à s'intégrer ni économiquement ni écologiquement dans le territoire pour diverses raisons (Labani, 2005).

Le patrimoine forestier est composé par les essences suivantes :

- Pin d'Alep avec 54 740 ha, soit 35 %.
- Chêne vert avec 46 920 ha, soit 30 %.
- Thuya de berbérie avec 15 640 ha, soit 10 %.
- Chêne kermès avec 7 820 ha, soit 5 %.
- Genévrier oxycèdre avec 7 800 ha, soit 5 %.
- Les autres essences forestières totalisent 23 000 ha, soit 15 % (Labani, 2005).

8-1.1 les matorrals

Ces formations représentent 16,98 % des superficies forestières dans les monts de Saïda. Ils sont essentiellement composés de chêne vert, chêne kermès, thuya et oléastre. Ces formations forestières concernent particulièrement les communes de Doui Thabet (8,66 %), Ain Soltane (9,82 %), Balloul (12,24 %) et Sidi Boubkeur qui prime avec 69,27 % des superficies de maquis.

8-1.2 les travaux de repeuplement

Ils restent encore très limités par rapport aux besoins réels des formations végétales dégradées. Les travaux de repeuplements ont été surtout effectués sur les maquis clairs comme dans les communes de Sidi Boubkeur, Ouled Khaled, Hassasna, Ouled Brahim, Ain Soltane. Dans la région de Youb, les travaux de repeuplement ont été réalisés sur des forêts claires surtout dans les communes de Doui Thabet, Ain El Hadjar et Sidi Amar. (Labani, 2005).

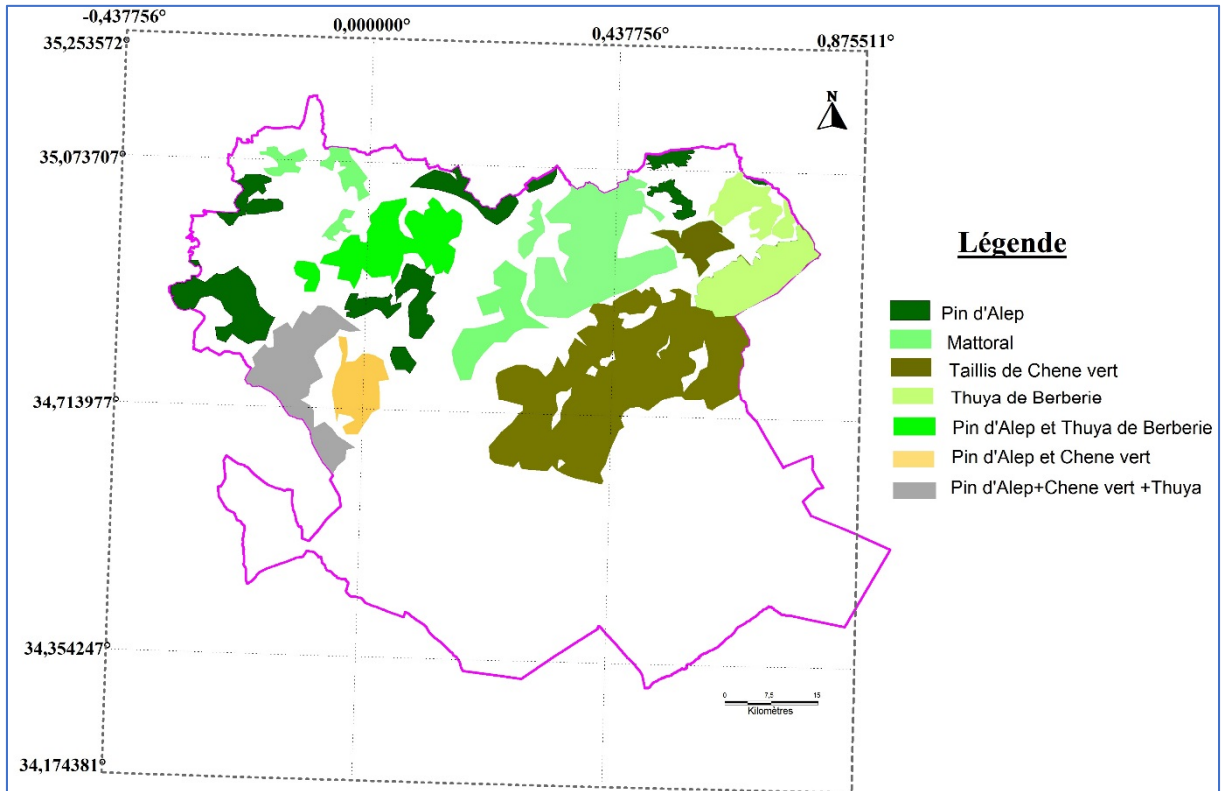


Figure 20 : Carte des formations forestières (Terras, 2011)

8-2 Espace steppique

Dans les hautes plaines sud oranaises, l'aridité du climat ne permet pas le développement d'un couvert végétal capable de protéger la surface du sol. La plupart des espèces, en ce milieu aride, ont acquis des caractéristiques biologiques et morphologiques particulières leur permettant de surmonter toutes les conditions défavorables du milieu. Malgré le faible taux de recouvrement, la végétation steppique constitue une ressource naturelle de grande importance notamment dans la protection du sol contre le phénomène de l'érosion éolienne et dans la structuration des horizons superficiels du sol. Selon FAO (1960) toutes éliminations ou dégradation du tapis végétal ou des résidus végétaux qui protègent le sol sont la cause principale de l'érosion éolienne.

La végétation naturelle de cette zone est caractérisée par une physionomie de steppe sauf dans les montagnes où subsistent les restes de forêts primitives abattues par l'homme à base de *Pinus Halepensis* et *juniperus phoenicea*. En dehors de ces espèces forestières, l'aspect de la steppe change avec le gradient pluviométrique et la nature du sol. La steppe dans la région d'étude est dominée par les formations végétales suivantes :

- steppe à alfa (*Stipa tenacissima*) ;
- steppe à armoise blanche (*Artemisia herba Alba*) ;
- steppe à sparte (*Lygeum spartum*) ;
- steppe à halophytes ;
- les plantations pastorales et forestières.

8-2.1 steppes à alfa (*Stipa tenacissima*)

L'alfa est une plante pérenne qui est capable de résister aux aléas climatiques et aux conditions sévères de sécheresse tout en maintenant une activité physiologique même au ralenti (Aidoud et Touffet, 1996). Les steppes à alfa occupent les espaces à bioclimats semi-arides à hiver frais et froid et dans l'étage aride supérieur à hiver froid. Elles colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1800 mètres d'altitude. Cette steppe couvre quatre millions d'hectares en Algérie sur les hauts plateaux, de la frontière marocaine à la frontière tunisienne ; à l'ouest, elle déborde jusque dans le Tell, atteignant le littoral ; au centre, elle couvre quelques milliers d'hectares dans le Sahara. Selon (Nedjraoui, 1981) la production de l'alfa peut atteindre 10 tonnes de matière sèche par hectare (MS/ha) mais la partie exploitable est de l'ordre de 1 000 à 1 500 kg MS/ha. Sur le plan pastoral, elle est qualifiée par la plupart des auteurs (Nedjraoui, 1981 ; Aidoud et Touffet, 1996 ; Abdelguerfi et Lahouar, 1996 et Kadi-Hanifi, 1998) comme une espèce médiocre et de faible valeur énergétique (0.3 à 0.5 UF 5/kg MS).

L'alfa joue un rôle très important dans le maintien du sol et de sa protection contre le phénomène de l'érosion éolienne et les accumulations de sable au cours des périodes de sécheresse et de déficit hydrique du sol. La plupart des travaux de recherche réalisés dans la steppe ont confirmé la régression spectaculaire de l'alfa (Nedjraoui, 1981 ; Djebaili, 1984 ; Benabdeli, 1989 ; Aidoud et Touffet, 1996 ; Kadi-Hanifi, 1998). Pourtant, l'alfa a pu résister à la fois à la pression anthropique et aux aléas climatiques. L'exploitation de l'alfa remonte à 1870 où furent expédiées 42 000 tonnes vers l'Ecosse. Ainsi, dix ans plus tard les exportations atteignaient les 80 000 tonnes et elle s'établissait autour de 110 000 tonnes dans les années qui précédèrent la guerre.

Les steppes à alfa couvrent 39 536 ha, soit presque 6 % de la superficie totale de la wilaya (B.N.E.D.E.R., 1992). Elles se localisent essentiellement dans la zone contact tell-steppe. Ces parcours présentent trois niveaux de dégradation : le premier, faiblement dégradé avec un taux de recouvrement variant entre 60 et 70 %, il occupe 8 049 ha, soit 1,2 % de la superficie totale et sont localisés essentiellement dans la commune de Maâmora ; le deuxième, moyennement dégradé avec un taux de recouvrement variant entre 30 et 40 %, sa superficie est estimée à 30 000 ha, soit 4,5 % de la superficie totale. Ils sont répartis sur toute la zone steppique au sud de la wilaya. Le troisième, fortement dégradé avec un taux de recouvrement variant entre 10 % et 20 %. Ces surfaces sont très limitées dans l'espace et connaissent une très faible étendue. Elles sont présentes seulement dans la commune de Sidi Ahmed avec 1,19% du total du territoire de la commune (Labani, 2005).

8-2.2 steppe à armoise blanche : (*Artemisia herba alba*)

Les steppes à armoise blanche (*Artemisia herba-halba*) couvrent 129 513 ha, soit 19,44 % de la superficie totale de la wilaya (B.N.E.D.E.R., 1992). Elles sont localisées au sud, notamment dans la commune de Maamora où elles occupent une superficie de 54 021 ha, soit 43,16 % de la superficie de cette commune. Ces formations se rencontrent sur les sols à texture argilo-limoneuse couvrant les zones d'épandage, les dépressions et les glacis encroûtés avec une pellicule de glaçage en surface. Ils sont associés généralement au *Lygeum spartum*, *Helianthemum sp*, *Astragalus sp*. Et en cas de surpâturage aux *Atractylis sp*. et *Noaea micronata*.

L'armoise blanche est localisée dans les étages arides supérieurs et moyens à hiver frais et froid avec des précipitations oscillant entre 100 et 300 mm. Elle s'étale dans les zones humides (zone d'épandage) et sur un substrat limono-sableux ou sur un sol argileux dans les fonds des dépressions non salées (Benabadji *et al.*, 1996 ; Saidi et Mehdadi 2015). C'est une espèce qui a une bonne valeur fourragère. La phytomasse consommable varie avec la saison, elle est faible à la fin de l'hiver et au début du printemps.

La production primaire varie de 300 à 4 500 kg MS/ha avec une production annuelle totale de 1 000 kg MS/ha (Nedjraoui 1981 ; Djebaili *et al.*, 1989 ; Saidi, 2012). 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, en été et en hiver où elle constitue des réserves importantes. L'armoise est une espèce bien adaptée à la sécheresse et à la pression animale, en particulier ovine. Le type de faciès dégradé correspond à celui de *Peganum harmala* dans les zones de campement et autour des points d'eau.

8-2.3 les steppes à sparte (*Lygeum spartum*)

Occupant les glacis d'érosion encroûtés recouverts d'un voile éolien sur sols bruns calcaires, halomorphes dans la zone des chotts. L'espèce *Lygeum spartum* ne présente qu'un faible intérêt pastoral (0,3 à 0,4 UF/kg MS), mais avec une productivité pastorale moyenne de 150 UF/ha/an. 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 pouvoir de régénération, leur diversité floristique et de leur productivité relativement élevée en espèces annuelles et petites vivaces, elle est de 110 kg MS en moyenne. (Djebaili *et al.*, 1989 ; Nedjraoui, 2004). Le sparte est localisé surtout dans la commune de Ain Skhoua et le sud de la commune Maamora.

8-2.4 les steppes à halophytes

Elles occupent dans le Chott Ech Chergui une superficie de 4 795 ha, soit à peine 0,72 % de la superficie totale de la wilaya. En réalité, ces terrains constituent de très pauvres parcours, car ils sont composés essentiellement de plantes des terrains salés telles que *Salicornia sp.*, *Salsola sp.* et *Suaeda sp.* On les rencontre notamment dans les communes de Ain Skhoune et Maâmora (Labani, 2005 ; Kefifa, 2004).

8-2.5 les plantations

Différentes structures étatiques (HCDS, GCA, Conservation des Forêts) ont engagé des opérations de plantations d'arbres fourragers et forestiers dans le cadre des programmes mis en œuvre par le ministère de l'Agriculture. Les plantations fourragères ont été réalisées en particulier à base d'*Atriplex canescens*, *Atriplex numélaria* et d'*Atriplex halimus*, par contre les plantations forestières ont été réalisées à base de *Pinus halepensis* et de *Tamarix articulata*. (Abdeslam, 2012).

Les premières plantations d'*Atriplex* datent des années 1980, mais les grandes superficies ont été réalisées entre l'année 1994 avec le lancement du programme d'aménagement pastoral « les grands travaux » et 2010 dans le cadre du programme « PPDRI », entre ces deux programmes plusieurs d'autres ont succédé (Relance économique 2001, F.L.D.D.P.S. 2002, P.D.A.R. 2003...etc.). La superficie totale de ces parcours est estimée à 50 000 Ha, localisés dans la région steppique au sud de la wilaya (H.C.D.S, 2012). Ces plantations se caractérisent par une strate arbustive monospécifique (*Atriplex halimus*, *Atriplex numélaria* ou *Atriplex canescens*) et une strate herbacée diversifiée composée d'un mélange d'espèces pérennes (*Artemisia herba-halba*, *Lygeum spartum*, *Noaea micronata*) et d'espèces annuelles (*Helianthemum sp.*, *Astragalus sp.*, *Atractylis sp.* etc.) (Henni et Mehdadi, 2012, Henni, 2013).

9- Cadre Phytogéographie

La région d'étude fait partie du secteur oranais (Fig. 21), ce secteur appartient à l'empire holarctique, à la région méditerranéenne, sous-région eu-méditerranéenne, domaine maghrébin méditerranéen (Quézel et Santa, 1962).

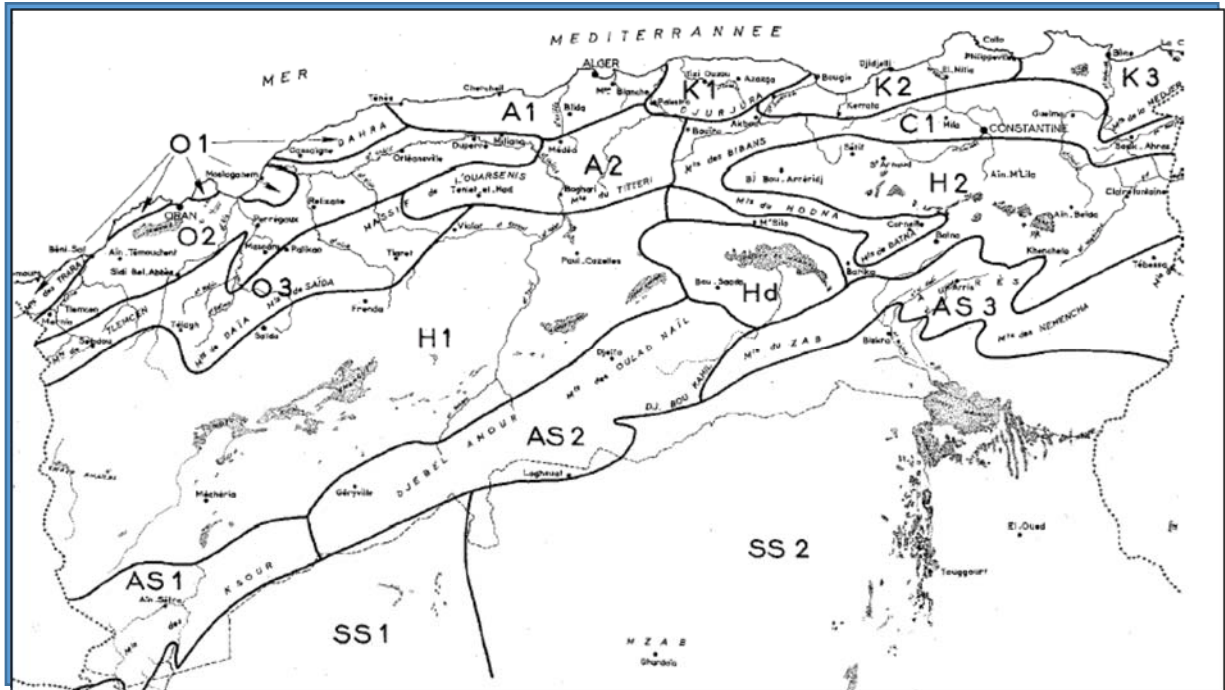


Figure 21 : Carte des principaux territoires biogéographiques d'Algérie.
(D'après Quézel et Santa 1962 et 1963).

A1: Sous-secteur littoral ; **A2:** Sous-secteur de l'Atlas Tellien ; **AS1:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien oranais ; **AS2:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien algérois ; **AS3:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien constantinois ; **C1:** Secteur du Tell constantinois ; **H1:** Sous-secteur des Hauts Plateaux algérois et oranais ; **H2:** Sous-secteur des Hauts Plateaux constantinois ; **Hd:** Sous-secteur du Hodna ; **K1:** Sous-secteur de la grande Kabylie ; **K2:** Sous-secteur de la petite Kabylie ; **K3:** Sous-secteur de la Numidie (de Philippeville à la frontière tunisienne) ; **O1:** Sous-secteur des Sahels littoraux ; **O2:** Sous-secteur des plaines littorales.

Chapitre 2

*"Caractérisation climatique et
bioclimatique de la zone d'étude"*

1- Cadre climatique

Le climat joue un rôle prépondérant dans le développement, la répartition et l'individualisation des êtres vivants (Ramade, 1984). Certains éléments du climat traduisent des propriétés indispensables à la vie des plantes : les précipitations, la température ; ce sont des facteurs limitatifs quand leurs valeurs avoisinent certains seuils minimums ou maximums ; c'est le cas des précipitations dans les régions arides, de la température dans les montagnes, sous les hautes latitudes ou dans les régions continentales. Cependant, le climat de l'Algérie septentrionale appartient à ceux de la Méditerranée, c'est un climat de transition entre la zone tempérée et la zone tropicale, il est caractérisé par deux saisons bien tranchées, celle des pluies et celle de la sécheresse. La période des pluies coïncide avec celle du froid, alors que la saison chaude correspond à la période sèche estivale (Seltzer, 1946 ; Kadik, 1987 ; le Houérou 1995 ; Benabadji et Bouazza, 2000).

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.8).

Tableau 8 : Situations des stations météorologiques (ONM)

Station	Latitude	Longitude	Altitude	Période d'observations
Saïda	34° 53' N	00° 09' E	750 m	1983-2013
Ain Skhouna	34° 30' N	00° 50' E	1005 m	

1- 1 Les précipitations

La concordance relativement étroite entre la pluviosité générale et la répartition des grandes biocénoses, suffit à démontrer l'importance du facteur eau sur la localisation des êtres vivants. Cette relation est fortement reconnaissable à l'échelle régionale, locale ou stationnelle. Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat (Le Houerou *et al.*, 1977). Elles sont elles-mêmes sous la dépendance de la température qui règle l'intensité de l'évaporation au niveau des surfaces marines. (Ozenda, 1982).

Dans les hautes plaines, les précipitations moyennes annuelles sont généralement comprises entre 100 et 400 mm (fig. 22) ; ces isohyètes correspondent respectivement aux limites sud de l'alfa et de la culture extensive du blé. L'irrégularité des années pluvieuses et des années sèches, la variation annuelle des précipitations en sont les traits dominants (Djellouli et Djebaili, 1984).

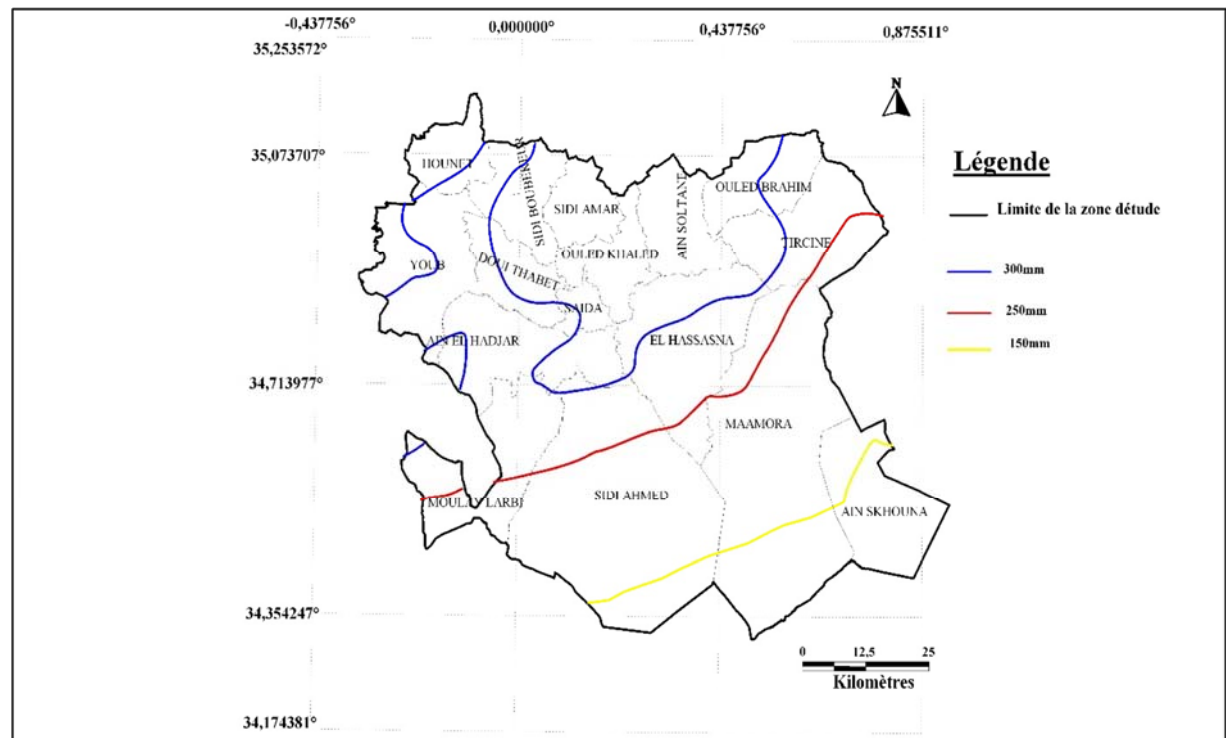


Figure 22 : Carte des isohyètes de la wilaya

La wilaya reçoit en moyenne une pluviométrie annuelle de l'ordre de 363 mm. Dans sa partie nord et 185 dans sa partie sud (O.N.M., 2014 ; I.N.R.F., 2014). La tranche pluviométrique diminue du nord vers le sud. Les données climatiques indiquent que la saison des pluies s'étale sur la partie nord de septembre à mai, avec un maximum en automne et en hiver où la zone reçoit plus de 67 %, ce sont les mois d'octobre (41 mm) et novembre (44 mm) qui reçoivent le plus grand volume de pluie (tab. 9). Pour la partie sud, la saison des pluies s'étale aussi 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.

Tableau 9 : Moyennes mensuelles de la pluviométrie

Station	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Saida	38	36	40	36	31	12	6	12	23	41	44	34
Ain Skhoua	18.4	12.8	21.8	18.8	19.2	9.9	4	6.6	17.4	24.3	17.1	14.3

(Source: O.N.M.-Rebahia, I.N.R.F Ain Skhoua 2014)

1- 1.1 Régime saisonnier des précipitations

Pour le végétal, l'eau est celle disponible durant son cycle de développement, autrement dit la répartition des pluies est plus importante que la quantité annuelle des précipitations. Selon Despois (1955) l'étude du régime des pluies est plus instructive que de comparer des moyennes ou des totaux annuels.

La répartition saisonnière des précipitations est particulièrement importante pour le développement des plantes annuelles au niveau des parcours steppiques. Si les pluies d'automne et de printemps sont suffisantes, les annuelles peuvent constituer une réserve fourragère considérable pour le cheptel, ce qui dispense les éleveurs des charges additionnelles dues aux compléments d'aliments.

Le régime saisonnier est de type A>H>P>E pour la zone nord et sud de la wilaya (fig. 23, 24). La pluviométrie est très importante en automne avec un cumul des trois mois (octobre, novembre et décembre) de l'ordre de 129 mm pour la station de Rebahia et 55.7 mm pour la station de Ain Skhouna, suivi par l'hiver avec un cumul de 114 mm pour la station de Rebahia et 53 mm pour la station de Ain Skhouna. Pour le printemps, le cumul de la saison est de 79 mm la zone nord et 48 pour la zone sud. Cette pluviométrie atteint son minimum en été qui présente un cumul de l'ordre de 41 mm et 28 mm respectivement pour les deux zones nord et sud.

Du fait que les quantités des pluies les plus conséquentes sont reçues au cours de l'automne et l'hiver et le printemps pour la zone sud, chose qui contribue à la constitution d'une réserve fourragère non-négligeable à base d'annuelles durant le printemps au niveau de la zone Steppique.

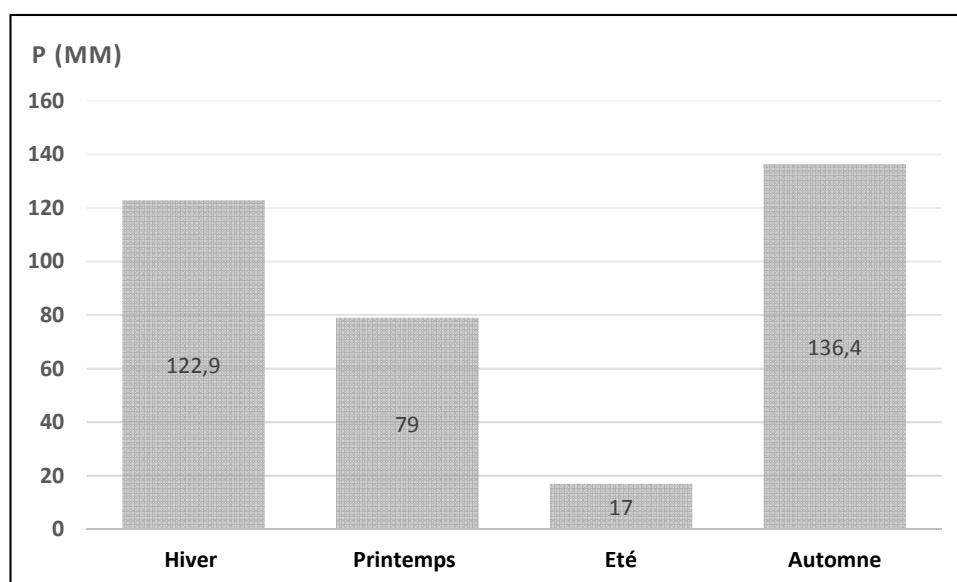


Figure 23 : Histogramme du régime saisonnier (Station de Rebahia).

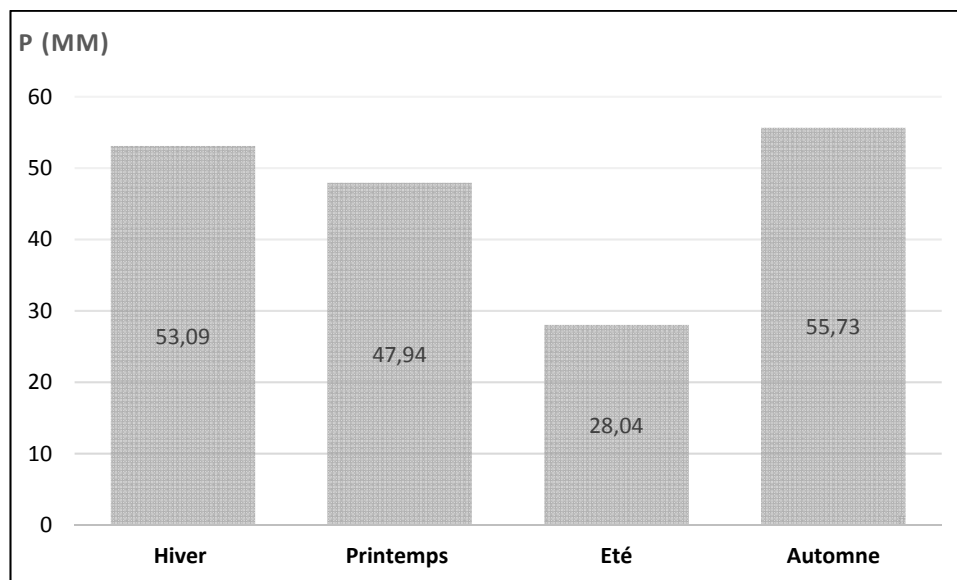


Figure 24 : Histogramme du régime saisonnier (Station de Ain Skhouna).

1- 2 Les températures

La température joue un rôle déterminant dans la vie du végétal, c'est le second facteur agissant sur la végétation. Elle représente un facteur limitant de toute première importance. Elle contrôle, en effet, l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ozenda 1982 ; Ramade, 1984).

Dans la partie nord de la région de Saida les températures oscillent moyennement entre 8 et 27°C. Ce sont les mois de juillet et août qui enregistrent les températures les plus élevées avec 27°C. 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. D'autre part, les valeurs enregistrées par la station de Ain Skhouna représentative de la partie sud de la wilaya montrent que la région steppique se caractérise par une température basse en Hiver par rapport à la partie nord de la wilaya. En effet, la comparaison des températures moyennes mensuelles enregistrées entre 1983 et 2013 par la station de Saida et la station de Ain Skhouna (fig.25) révèle une élévation de 1,5°C durant le mois de juillet dans la partie nord par rapport à la partie sud et une diminution de 6,5°C durant le mois de mars dans la partie sud par rapport à la partie nord de la wilaya.

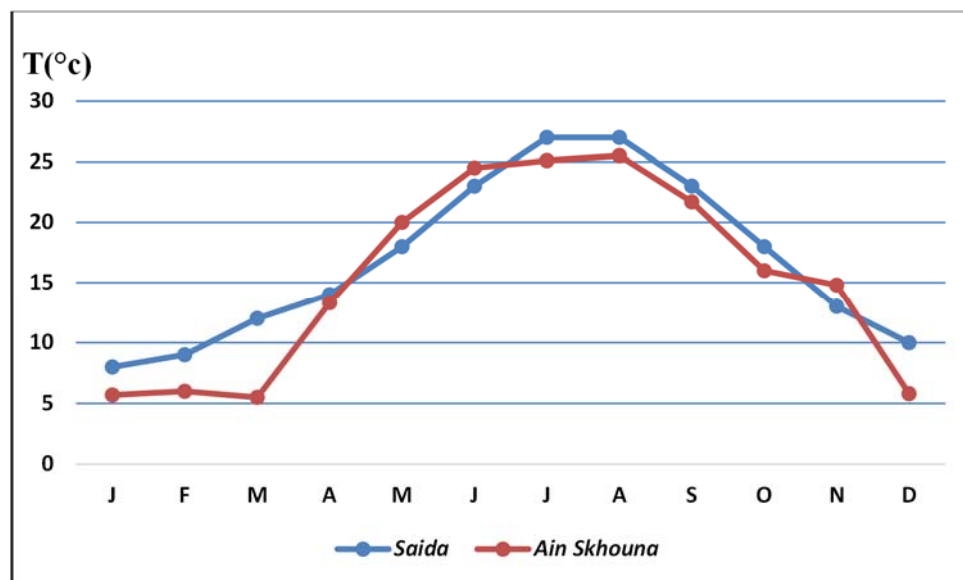


Figure 25 : Variation des températures moyennes mensuelle des deux stations Rebahia et Ain Skhouna entre 1983 et 2013

Selon Sauvage (1963), il est important en écologie de tenir compte du fait que la vie végétale se déroule entre deux extrêmes thermiques, que l'on peut à une première approximation assimiler à la moyenne des minimums du mois le plus froid (m) et la moyenne des maximums du mois le plus chaud (M).

Daget (1977) donne les valeurs remarquables suivantes de m :

- m comprise entre 3°C et 7°C, les gelées sont faibles mais régulières ;
- m comprise entre 0°C et 3°C, les gelées sont fréquentes ;
- m inférieur à 0°C, les gelées sont très fréquentes.

Tableau 10 : Répartition mensuelle des températures moyennes, minimales et maximales (Rebahia -1983 à 2013)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T.M (°C)	8	9	12	14	18	23	27	27	23	18	13	10	16.83
M (°C)	14	15	18	21	26	32	<u>36</u>	<u>36</u>	30	25	18	15	23.83
m (°C)	<u>3</u>	<u>3</u>	5	7	10	15	18	19	15	12	7	4	9.83
M-m (°C)	11	12	13	14	16	17	18	17	15	13	11	11	--

1-2.1 Les températures maximales et minimales

Les températures maximales moyennes mensuelles au niveau de la station de Rebahia varient entre 14 °C en janvier (mois le plus froid) et 36 °C en août (mois le plus chaud de l'année) (tab.10). Il ressort de ces données que le mois de juillet et août sont généralement les plus chauds de la région sur une période de 30 ans. Toutefois, d'après l'agence nationale des ressources hydriques (A.N.R.H., 2004), en période estivale, les maxima absolus peuvent atteindre les 42°C

à 47°C en temps de sirocco. Durant la période hivernale et sous l'influence continentale, les températures saisonnières, s'abaissent parfois en dessous 0°C, d'où l'apparition de phénomène de gelé et de verglas.

La moyenne des minima du mois le plus froid (m) de l'année revêt une importance prépondérante pour la végétation en climat méditerranéen. Elle est à la base de plusieurs classifications définissant les variantes éco-climatique. Généralement en région méditerranéenne, c'est surtout le stress thermique hivernal qui a une répercussion plus sensible sur le couvert végétal et ses conditions de vie (Daget, 1982 ; Le Houérou, 1989). Dans la station de Rebahia, au cours de la période (1983-2013), la valeur de (m) enregistrée est de l'ordre de 3°C durant les mois de janvier et février. Il en résulte un hiver de la région de type tempéré ($3 < m < +7$) au sens Emberger.

1-2.2 Les amplitudes thermiques moyennes extrêmes

L'amplitude thermique est définie par la différence entre les moyennes des maximums extrêmes d'une part et des minimums extrêmes d'autre part. Elle représente un facteur essentiel dans la classification thermique des climats. L'amplitude thermique extrême (M-m) semble varier dans le même sens que la continentalité. Sur cette base Debrach (1953) s'est proposé une classification thermique des climats, quels que soient leurs types :

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

Dans la station de Rebahia, au cours de la période 1983-2013, l'amplitude thermique extrême (M-m) est de l'ordre de 33 °C, cette valeur permet de situer la station de Rebahia dans un climat semi-continental, ce qui confirme l'influence atténuée du Sahara.

1- 3 Les vents

Le vent est un autre facteur écologique qui ne saurait être négligé surtout dans les zones arides. C'est surtout en hiver (de décembre à mars) que les vents sont les plus fréquents. Selon l'O.N.M (2014), les vents ont une vitesse moyenne de 2,66 m/s annuellement (tab.11), c'est des vents secs et froids en hiver provoquant une diminution de la température et de l'humidité des sols et des végétaux.

Tableau 11 : La moyenne annuelle de jour de vent (1983 -2013)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Vent moyen M/s	2.8	2.8	2.8	3	2.8	2.8	2.6	2.6	2.3	2.6	2.3	2.6	2.66

(Source : station métrologique Rebahia 2014)

Dans la région de Saida, les vents sont très violents surtout de la direction Nord (tab. 12), leurs violences causent des dégâts. Les vents nord-ouest sont aussi importants, les vents chauds de l'hémisphère sud dominant aussi, c'est le Sirocco (vent chaud et sec), ils sont responsables par leurs actions de dessiccation, de propagation du feu, de l'accroissement de l'évaporation associée à la sécheresse estivale très prononcée et longue dans la région. Ils soufflent avec une moyenne de 16 jours par an (tab. 13). Ils sont aussi partiellement néfastes pour les cultures annuelles avant récolte (surtout entre avril et juin).

Tableau 12 : Fréquence des directions des vents

Direction	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Fréquence en %	14.7	2.2	1.4	2.9	10.6	3.2	7.2	8.9

(Source : station Métrologique Rebahia2014)

Tableau 13 : Nombre moyenne de jour de sirocco (1983-2012).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Station de Saida	0	0	1	1	2	3	3	3	1	2	0	0

(Source : station Métrologique Rebahia 2014)

1-4 Les gelées

Ce paramètre est utile à le savoir, car il a une incidence sur le cycle végétatif des cultures, les gelées sont fréquentes en steppes. Selon les données de l'office national de météorologie, la période de gelées s'étale moyennement sur une période de 39 jours répartis sur six mois dans l'année, soit de novembre à avril (station de Rebahia) sachant que c'est au mois de décembre, janvier et février qu'elle intervient avec force (tab. 14).

Tableau 14 : Nombre mensuel de jours de gelée

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cumul
Nbre de jours	12	10	4	2	0	0	0	0	0	0	2	9	39

(Source : station métrologique Rebahia 2014)

1-5 L'humidité relative

Pour l'ensemble de la zone, l'humidité relative dépasse annuellement les 50 %, elle est plus élevée pendant la période froide qu'en saison chaude (tab. 15). L'humidité relative est un paramètre appréciable, car elle a un rôle important dans l'atténuation des effets excessifs des périodes de grande sécheresse.

Tableau 15 : Humidité mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité moy %	69	67	64	61	58	47	39	41	53	60	67	71

(Source : station métrologique Rebahia. 2014)

1-6 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). Le pouvoir évaporant de la station de Rebahia est très élevé. Bien que nous possédions seulement des données sur une période de 12 années (1998-2009) extirpées de la thèse de Kefifa (2013), 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. 26). Marquée par l'irrégularité, l'évaporation se caractérise par des variations importantes (3357 mm en 2000 et 1325 mm en 2007).

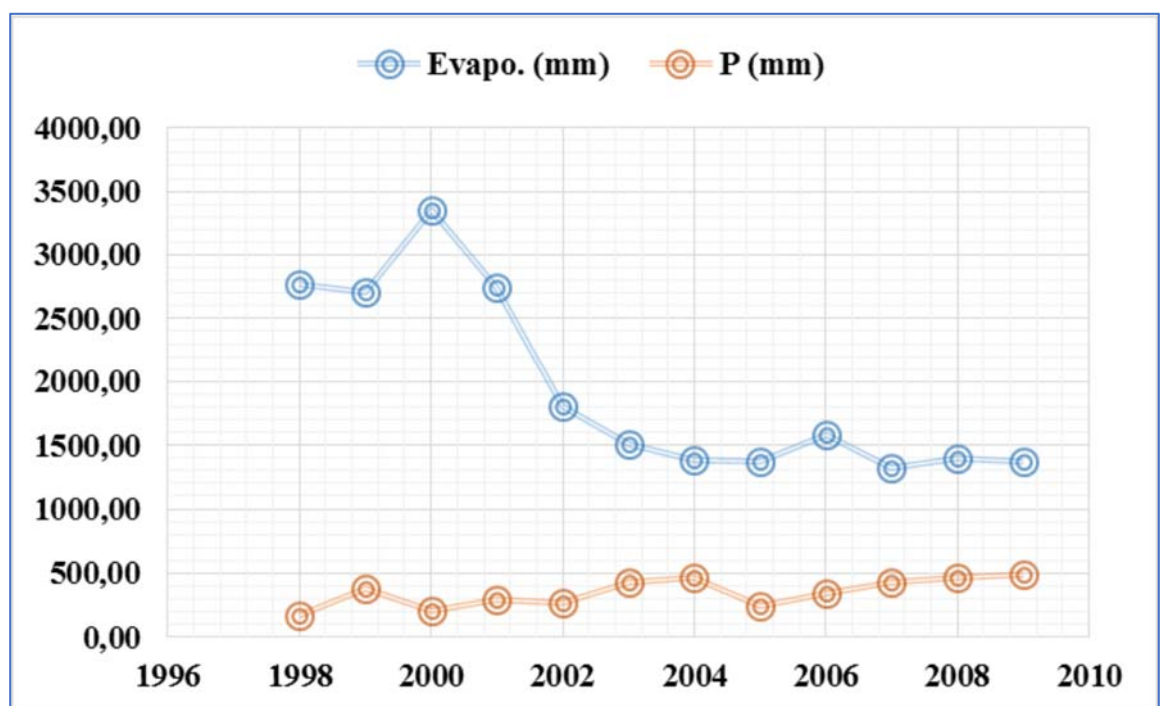


Figure 26 : Courbes de variations interannuelles de l'évaporation et des précipitations (Période 1998-2009)

2- 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 Gaussen (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.

2-1 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).

$$S = PE/M$$

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

Les résultats obtenus permettent de classer la région d'étude dans un climat méditerranéen a été sec avec un indice de 1,14 pour la zone nord représentée par la station de Rebahia, et un indice de 0,81 pour la zone sud représentée par la station de Ain Skhouana.

2-2 Quotient pluviométrique d'Emberger

Le botaniste Emberger (1930) a proposé un quotient pluviothermique (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 :

$$Q_3 = 3,43 P / (M-m)$$

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 16 : Classification des deux stations de référence selon le quotient d'Emberger

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q_3	Etage bioclimatique
Saïda	363	36	3	37.73	Semi-aride à hiver frais à tempéré
Ain Skhouana	185	34	1	18.72	Aride à hiver frais

En rapportant ces valeurs dans le climagramme d'Emberger (fig. 27), il ressort que la wilaya de Saida est présente dans un étage bioclimatique aride à hiver frais sur la partie sud (station de Ain Skhouana) par rapport à la partie nord de la wilaya (station de Rebahia) qui présente un étage bioclimatique semi-aride à hiver frais à tempéré (tab. 16).

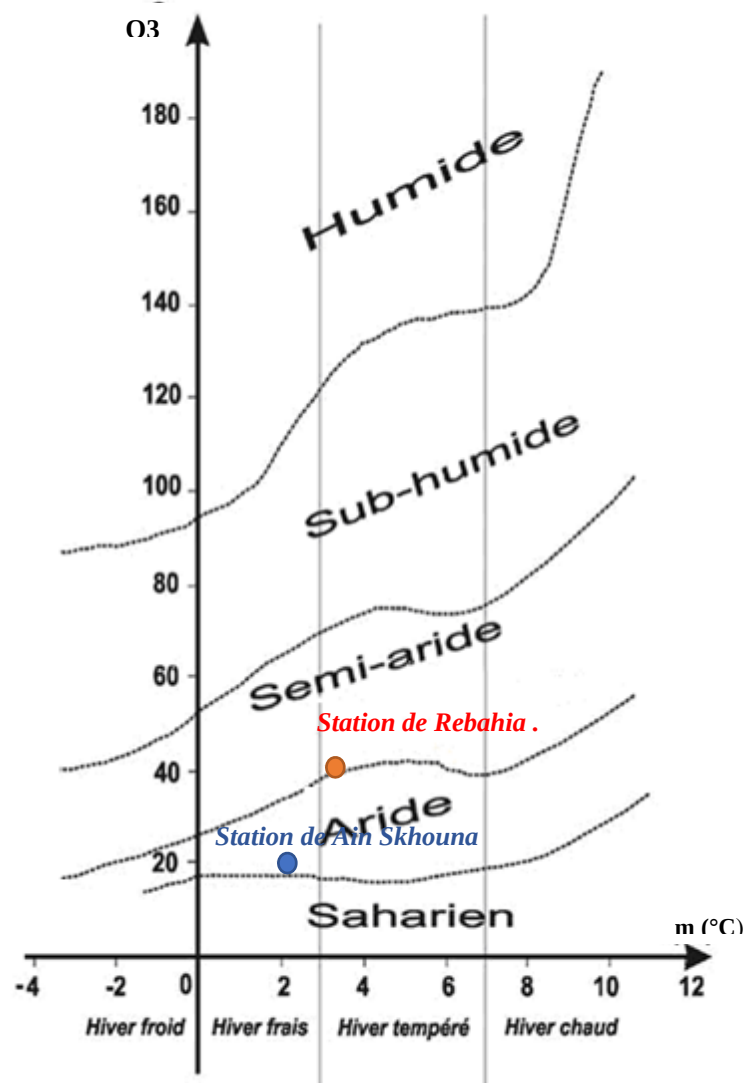


Figure 27 : Détermination du type de climat d'après le climagramme d'EMBERGER

2-3 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 17 : Indice d'aridité de Demartonne

Station	P (mm)	T (°c)	I	Type de climat
Rebahia	363	16,83	13,53	Semi-aride
Ain Skhouna	185	15.32	7.3	Aride

Le calcul de l'indice de De Martonne, permet de classer la région de Saida dans l'étage semi-aride et celle de Ain Skhouna dans l'étage bioclimatique aride (tab. 17).

2-4 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Selon Bagnoul et Gaussen (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.

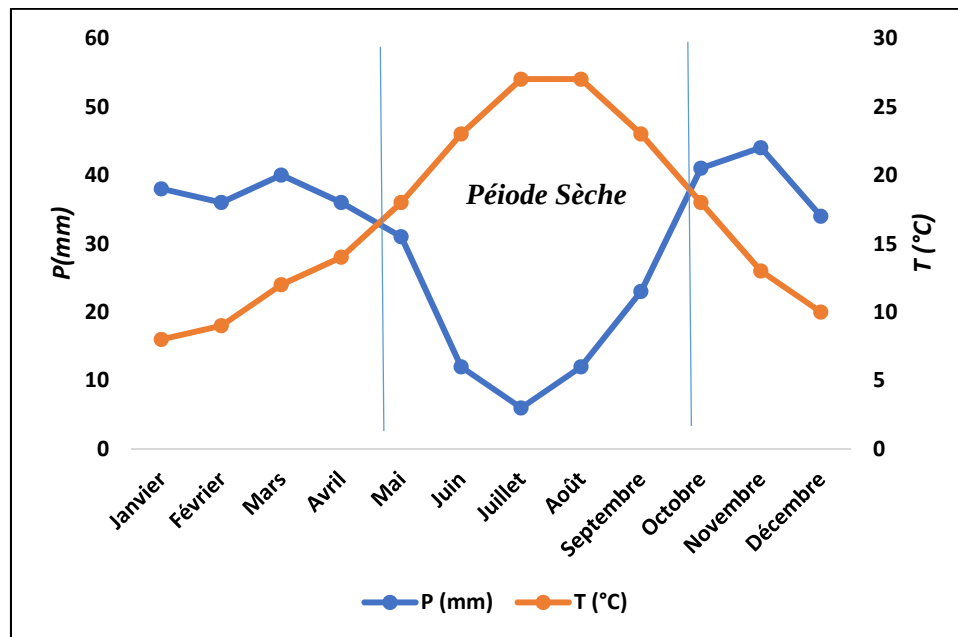


Figure 28 : Diagramme Ombrothermique de la station de Rebahia.

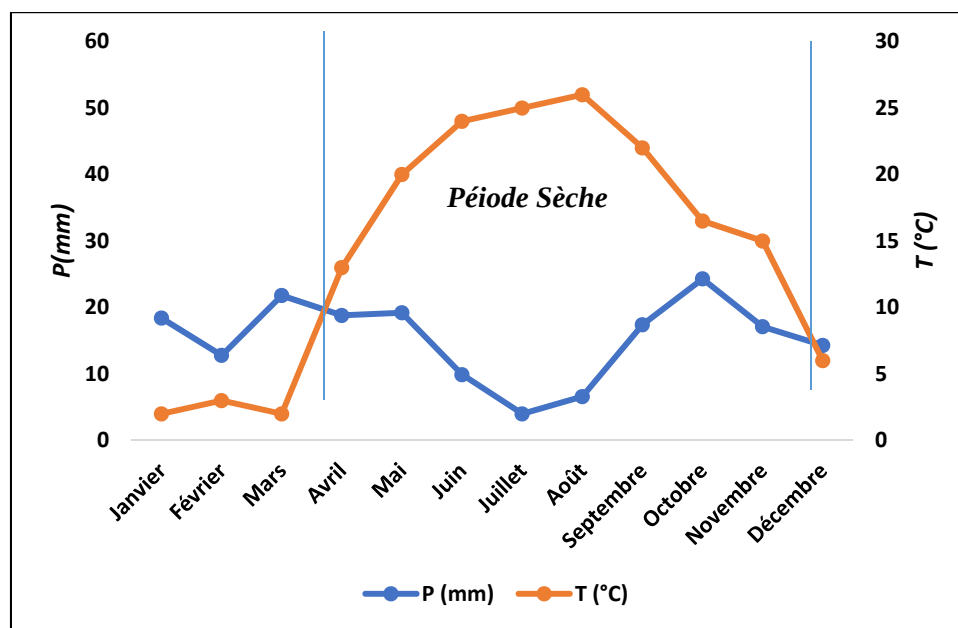


Figure 29 : Diagramme Ombrothermique de la station de Ain Skhouna

D'après le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour les deux stations, il ressort que notre région est caractérisée par une saison sèche qui s'étend sur une période de 05 mois (de mai à octobre) pour la partie nord (fig. 28), et une période de 08 mois (d'avril à novembre) pour la partie sud (fig. 29).

2-5 Conclusion

À la lumière des résultats obtenus en utilisant les différents indices bioclimatiques, la région d'étude présente un climat méditerranéen typique des hautes plaines steppiques algériennes appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais à tempérer dans la partie nord et aride à hiver frais dans la partie sud, avec des précipitations faibles et une grande irrégularité intermensuelle et interannuelle (224 mm sont enregistrées durant l'année 1988, et 517 mm pour l'année 2012 pour la station de Rebahia). Les régimes thermiques sont relativement homogènes, mais très contrastés de type continental (Le Houerou, 1995).

Nous distinguons deux périodes contrastées, une période humide et froide, l'autre sèche et chaude. Les précipitations estivales sont souvent des pluies torrentielles et les températures présentent des amplitudes importantes. Le mois de janvier est le mois le plus froid durant toute l'année (5.5°C) pour la partie nord et mars (5.5°C) pour la partie sud, le mois de juillet et août sont les mois les plus chauds pour les deux zones (25.5°C à 27°C). Le vent est de direction dominante NW avec une présence du vent chaud (sirocco) pendant la période estivale qui peut accélérer le phénomène de l'érosion éolienne dans les zones dépourvues de couvert végétal. Le déficit hydrique est très important (1573 mm enregistré au niveau de la station de Rebahia) il s'étale sur une période de 5 à 8 mois de la partie nord vers la partie sud (période critique pour la végétation).

Enfin, cette analyse met en évidence l'existence d'un gradient d'aridité nord-sud perceptible par la dégradation progressive des conditions climatiques.

Chapitre 3

"Matériel et méthodes"

1- Introduction

Le diagnostic phytoécologique des parcours steppiques que nous proposons d'établir sur la wilaya de Saida est basé sur une étude des formations d'armoise blanche. L'approche phytoécologique repose sur l'utilisation conjointe des critères floristiques et écologiques pour caractériser la végétation et par la suite, les potentialités du milieu. Malgré les difficultés d'approche liées à son caractère pluridisciplinaire, cette méthode a donné lieu à des contributions non négligeables (Dagnelie, 1956 ; Duchaufour *et al.*, 1958 ; Bartoli, 1966) qui se sont développées depuis ces dernières années sous forme de travaux d'équipe et grâce au développement de l'outil informatique (Long, 1975).

Cette méthode qui est basée sur l'inventaire écologique de la végétation est devenue l'instrument du diagnostic phytoécologique du milieu naturel, elle peut remplacer les études purement phytosociologiques considérées comme étant de moindre intérêt pour les applications à l'aménagement du milieu rural (Chouieb, 2004 in Abdeslam, 2012).

2- Méthodes d'investigation

L'élaboration d'une méthodologie pertinente en accord avec les termes de cette étude a exigé une connaissance en profondeur de la région et de la problématique de la biodiversité dans ses différentes composantes et ses écosystèmes. Les tournées de reconnaissance ont constitué la première étape de cette étude.

Les investigations de terrain ont été effectuées au cours de trois campagnes successives (2013, 2014 et 2015). Sur le terrain, la première chose à faire avant d'implanter un relevé, est de procéder à un examen préliminaire de l'ensemble de l'emplacement, en explorant le terrain dans plusieurs directions pour déterminer les limites d'une zone floristiquement homogène, c'est-à-dire une surface n'offrant pas d'écart de composition floristique appréciable dans ses différentes parties (Guinochet, 1967).

L'analyse floristique du territoire délimité, basée sur l'exécution de relevés floristiques a été conduite selon les principes de la méthode « sigmatiste » (Braun-blanquet et Furrer, 1913 ; Braun-Blanquet, 1951 ; Guinochet, 1967 et 1973).

Une détermination valide des espèces ne peut être faite que sur un échantillon complet, c'est-à-dire qu'il faut avoir l'individu entier, avec ses organes souterrains, ses fleurs et ses fruits. À cet effet, pour être pleinement rentables, les observations ont été faites au moment de l'optimum floristique, c'est-à-dire quand la végétation est en plein développement et la plus facile à observer.

Les ouvrages suivants ont été utilisés pour la détermination des taxons :

- Flore du Sahara (Ozenda, 1977).
- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (Quézel et Santa, 1962-1963).

Les sept stations choisies sont réparties sur les quatre communes du sud de la wilaya de Saida comme suit (tab. 18) :

- Commune de Moulay Arbi : 01 station ;
- Commune Sidi Ahmed : 02 stations ;
- Commune Maamora : 03 Stations ;
- Commune Ain Skhoua: 01 station.

3- Échantillonnage et choix des stations

Afin de répondre à l'objectif de cette étude, nous avons suivi la méthode phytosociologique stigmatisée de Braun-Blanquet (relevés floristiques), basée selon Béguin *et al.* (1979), sur le principe que l'espèce végétale et l'association végétale, sont considérées comme les meilleurs intégrateurs de tous les facteurs écologiques (climatiques, édaphiques, biotiques et anthropiques) responsables de la répartition de la végétation. Selon Guinochet (1954), lorsqu'on fait des relevés, on se livre à un échantillonnage dirigé.

Daget *et al.* (1970), précisent que la zone expérimentale d'observation doit être aussi homogène que possible afin de réduire dans les inventaires et les comparaisons, les variations dues aux facteurs du milieu.

L'exploitation de la carte thématique élaborée à partir des données satellitaires (carte de végétation) constitue pour cette étape la référence de base dans le travail de reconnaissance et d'échantillonnage de terrain. En effet, c'est la distribution des groupements d'armoise sur le terrain qui va guider l'emplacement des placettes d'échantillonnage.

Au terrain, notre choix s'est orienté vers un échantillonnage systématique, en délimitant la superficie de chaque station à quatre Ha, à l'intérieur du quelle nous avons effectué des relevés phytocéologiques selon un maillage de 85 m (fig. 30); ce type d'échantillonnage nous a permis de bien répartir nos relevés et localiser facilement leur emplacement sur le terrain, en tenant compte l'homogénéité floristique et écologique de chaque station, trois relevés pédologiques et neuf relevés de mesure de la phytomasse ont été choisis à l'intérieur de chaque station. Le choix des stations a été fait par rapport à la répartition des formations d'armoise blanche, c'est-à-dire, nous avons essayé de cibler des stations de façon d'échantillonner et de couvrir au maximum possible les formations d'armoise blanche dans la zone d'étude.

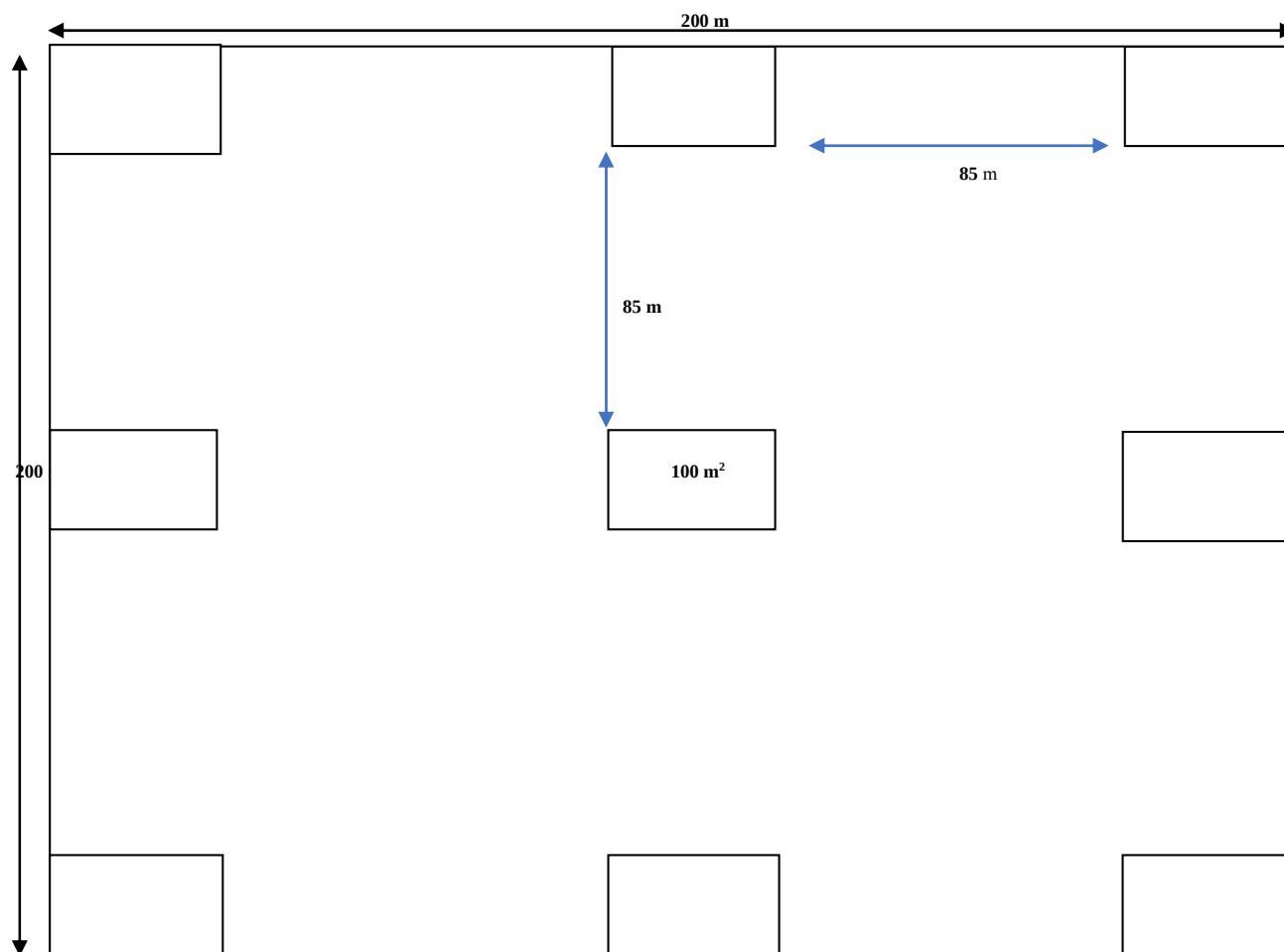


Figure 30 : Schéma de répartition des relevés floristiques à l'intérieur de chaque station.

Tableau 18 : Localisation et caractéristiques des stations

N° Station	Commune	Station	Coordonnées GPS	Etat de la végétation dans la station	Taux de recouvrement (%)
01	Moulay Larbi	Hasba	N 34°29'31.7" W 000°02'53.7"	Dégradée	22
02	Sidi Ahmed	Sfid	N 34°29'03.4" E 000°00'54.0"	Bien venante	53
03		Bordj El May	N 34°25'40.6" E 000°22'28.9"	Moyennement dégradée	32
04	Maâmora	Oued Halouf	N 34°36'50.2" E 000°27'12.7"	Bien venante	51
05		Rdjem El Ogab	N 34°39'19.0" E 000°37'58.4"	Moyennement dégradée	46
06		Mekmen	N 34°38'44.2" E 000°36'28.7"	Moyennement dégradée	48
07	Ain Skhouna	El Zaouia	N 34°30'38.7" E 000°49'39.6"	Dégradée	28

4- Réalisation des relevés

Un relevé est conçu comme étant un ensemble d'observations écologiques et phytosociologiques qui concernent un lieu déterminé (Gounot, 1969). Lors de chaque relevé, les paramètres ci-dessous ont été notés :

- les informations d'ordre général : le numéro de relevé, les coordonnées GPS, la topographie, l'altitude, la surface du relevé le taux de recouvrement.
- les paramètres floristiques : il s'agit de la liste complète des espèces affectées de leur coefficient d'abondance-dominance (densité et contribution de l'espèce au recouvrement global de la végétation), et de sociabilité (la tendance au regroupement des individus d'une espèce) selon l'échelle de Braun Blanquet (Gillet *et al.*, 1991) :

Selon Ozenda (1982), le choix du nombre de relevés est fonction d'une exploration préliminaire au cours de l'étude sur le terrain. Il précise qu'un groupement ne peut être décrit correctement que par un nombre de relevés suffisamment grand, tout en se maintenant dans la limite des possibilités matérielles de comparaison. Dans chaque station, nous avons échantillonné 09 relevés floristiques, les critères fondamentaux de choix d'emplacement et de limites du relevé sont l'homogénéité floristique et l'homogénéité écologique de la station. Cette dernière doit être homogène vis-à-vis des contrastes du milieu, tels que : exposition, lumière, microtopographie, humidité du sol..., et les observations très fines à ce niveau. À l'intérieur de la surface choisie du relevé, il ne doit pas y avoir de variations significatives de composition floristique.

4-1 Aire minimale

Un relevé ne sera considéré comme représentatif de l'individu d'association étudiée que s'il est effectué sur une surface au moins égale à l'aire minimale, autrement dit une surface suffisamment grande pour contenir la quasi-totalité des espèces présentes sur l'individu d'association (Guinochet, 1973). En effet, une surface trop petite rendrait le relevé fragmentaire et non-représentatif, puisqu'il ne contiendrait qu'une partie limitée du cortège floristique habituel de la communauté considérée. En même temps, une surface trop grande rendrait le relevé hétérogène, avec le risque de contenir une proportion trop importante d'espèces des individus d'association adjacents (Gillet, 2000). Plus formellement, Gillet *et al.* (1991), précisent qu'il s'agit d'une surface minimale à partir de laquelle une aire-échantillon peut être considérée comme statistiquement représentative et renfermer une proportion suffisante (au moins 80 %) des espèces de son ensemble spécifique maximal.

Djebaili (1978) utilise une aire minimale égale à 100 m² pour l'ensemble de la steppe, alors que Aidoud-Lounis (1984) adopte, pour sa part 32 m² d'aire minimale, tout en notant les espèces des alentours du relevé dans les limites imposées par le respect de l'homogénéité. Pour notre cas, nous avons adopté une aire minimale de 100 m² en se référant à Djebaili (1978).

5- Etude floristique

Les indices écologiques sont nombreux et généralement dépendant les uns des autres. L'application des indices écologiques, notamment la richesse, le paramètre de pondération (abondance, dominance), la sociabilité, le type biologique et le type biogéographique permettent de mieux caractériser la flore des différentes stations d'étude.

Pour faciliter les études quantitatives et qualitatives, dans chaque station, nous avons échantillonné 09 relevés de 100 m² dans lesquels nous avons appliqué les différents relevés floristiques, à partir desquels ont été déterminés :

5-1 La richesse floristique

Dahmani (1997) souligne que l'analyse de la richesse floristique des différents groupements, de leurs caractères biologiques et chorologiques permettraient de mettre en évidence leur originalité floristique, leur état de conservation et par conséquent leur valeur patrimoniale. La diversité floristique est exprimée par le calcul de la richesse floristique où les catégories des espèces qui ont été évaluées par station.

Pour comparer la richesse floristique des stations, nous avons utilisé l'échelle de Daget et Poissonnet (1991), adoptée aux régions sahariennes comme suit :

- Flore très pauvre, lorsqu'il y a moins de 10 espèces ;
- Flore pauvre, lorsqu'il y a de 11 à 20 espèces ;
- Flore moyenne, lorsqu'il y a moins de 21 à 30 espèces ;
- Flore assez riche, lorsqu'il y a moins de 31 à 40 espèces ;
- Flore riche, lorsqu'il y a moins de 41 à 50 espèces ;
- Flore très riche, lorsqu'il y a plus de 51 espèces.

5-2 Le recouvrement

Le recouvrement global est un paramètre très important qui représente un bon indicateur de l'état de la végétation et de la surface du sol. Il se mesure par la méthode des points-quadrats. Selon Daget et Poissonnet (1971), cette méthode consiste à tendre un décamètre à ruban entre deux piquets et de descendre une aiguille métallique verticalement dans la végétation tous les 10 cm le long du ruban, ce qui permet d'obtenir 100 points de lecture. À chaque point de lecture est noté le type de contact (espèce végétale, litière, pellicule de battance, cailloux, voile éolien...). Le recouvrement global (Rec) est donc calculé de la manière suivante : $\text{Rec (\%)} = b/a \times 100$, avec b = nombre des points où la végétation est présente, a = nombre total de points échantillonnés.

Le recouvrement basal est un autre paramètre très utilisé dans les études phytoécologiques. D'après Gounot (1969), le recouvrement basal (appelé surface terrière dans les ouvrages de dendrométrie forestière) est la surface occupée par les parties aériennes des individus de l'espèce au niveau du sol, au sein de chaque parcelle, la mesure du recouvrement se fait par :

- le recensement du nombre de touffes existantes.
- la mesure du diamètre de la petite, moyenne et de la grande touffe afin d'avoir le diamètre moyen.

Il est exprimé par unité de surface (m^2 ou ha) et se calcule par la formule suivante : $R = \pi \cdot (D/2)^2$, où (D) est le diamètre de la touffe. Il a été utilisé pour évaluer le recouvrement des touffes d'espèces herbacées dominantes (Armoise blanche, Sparte, Noaea...).

5-3 Mesure de la phytomasse

La phytomasse est la quantité de végétation par unité de surface à un instant donné. Elle s'exprime en Kg de matière sèche à l'hectare ; elle comprend :

- la phytomasse aérienne : partie aérienne de la plante (tiges, feuilles, fruits).
- la phytomasse souterraine : partie souterraine de la plante (racines, rhizomes, bulbes).

Pour l'évaluation de la phytomasse aérienne, il existe deux méthodes qui sont : méthode directe et méthode indirecte.

A)- Méthode directe : la végétation coupée au ras du sol sur une surface donnée (aire minimale) est mise dans des sacs en papier ou en tissu fin et numérotés. La première étape du traitement des récoltes est d'en effectuer la pesée, qui doit se faire dès la récolte pour avoir la masse à l'état frais avant que commence la dessiccation naturelle ; ensuite sécher les échantillons dans l'étuve jusqu'à poids constant soit à une température de :

- 105°C pendant 24h.
- 80°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

Pour chaque échantillon, nous disposons de sa masse avant dessiccation et de sa masse après dessiccation, c'est-à-dire deux séries de valeurs correspondant à la production de la matière sèche (Daget et Godron, 1995).

B)- Méthode indirecte : cette méthode est dite de corrélation, allométrique, ou alors d'analyse de dimension. C'est la relation entre la phytomasse et les mesures des paramètres tels que la densité, la hauteur, le diamètre, le recouvrement ou les contributions spécifiques des espèces (Aidoud et touffet, 1996). Selon Lemée (1978), dans les cas des arbres et des formations forestières, les chercheurs élaborent des relations allométriques entre le volume du bois et des paramètres dimensionnels, en général, le diamètre (D) et la hauteur (H), puis ils passent des volumes aux masses par établissement de la densité spécifique.

La mesure de phytomasse nous permet de comparer la productivité des stations, afin de connaître dans lequel d'entre eux la contribution du couvert végétal à la protection du sol et l'offre fourragère sont les plus importantes. Pour notre cas, la mesure de la phytomasse des herbacées a concerné la partie aérienne de la végétation (phytomasse épigée) selon la méthode directe (la coupe des parties aériennes des plantes herbacées pérennes et annuelles présentes dans une placette de 1

m²). Les échantillons sont ramenés au laboratoire pour être séchés afin d'en déterminer le taux de matière sèche après séchage à l'étuve, à 105°C pendant 24 heures.

5-4 Abondance-Dominance

L'abondance exprime la proportion relative des individus d'une espèce donnée dans le relevé, tandis que la dominance est la surface couverte par cette espèce. Pratiquement, nous estimons conjointement les deux caractères abondance et dominance, car ils sont évidemment liés l'un à l'autre. Pour les apprécier, nous utilisons l'échelle mixte de Braun-Blanquet (1951).

+ : Recouvrement et abondance très faible

1 : Espèce abondante, recouvrement faible

2 : Espèce très abondante et recouvrement > 5 %

3 : Recouvrement de 25 % à 50 %

4 : Recouvrement de 50 % à 75 %

5 : Recouvrement > 75 %

5-5 Sociabilité

La sociabilité exprime le mode d'organisation et de regroupement ou non des individus au sein de la communauté. La sociabilité est un élément analytique concernant cette organisation, elle est souvent en relation avec le type biologique des espèces, elle varie aussi pour une même espèce selon les conditions du milieu et les processus écologiques (Gillet, 2000). Braun-Blanquet *et al.* (1952) ont proposé une échelle d'estimation de la sociabilité de 1 à 5 :

1 : individus isolés ;

2 : individus en groupes ;

3 : individus en troupes ;

4 : individus en colonies ;

5 : individus en peuplements denses.

5-6 Caractérisation biologique

Dans cette classification, c'est l'aspect général du végétal qui sert de critère de différenciation. Les types biologiques ou formes de vie ont été distingués en fonction de leur adaptation à la saison défavorable, froide ou sèche.

Selon la classification de Raunkiaer (1934) qui est basée sur la position des bourgeons de rénovation du végétal par rapport au sol, nous pouvons distinguer les 05 types biologiques suivants :

- **les Phanérophytes (Ph)** : arbres, arbustes et végétaux ligneux dont les bourgeons sont à plus de 50 cm du sol,
- **les Chaméphytes (Ch)** : végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons sont à moins de 25 cm du sol.
- **les Hémicryptophytes (He)** : végétaux herbacés dont les bourgeons sont à la surface du sol.
- **les Géophytes (Ge) ou cryptophytes** : végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons se situent dans le sol, à l'apex des organes souterrains de réserve.
- **les Thérophytes (Th)**: végétaux herbacés annuels qui passent la mauvaise saison sous forme de graines et qui réalisent leur cycle entier en une année au maximum.

5-7 Caractérisation biogéographique

La biogéographie a pour but de structurer l'ensemble de la distribution de la biodiversité. Elle étudie la répartition des végétaux à la surface du globe et les causes de cette répartition ainsi que les relations existantes entre les espèces ou communautés végétales d'une part et la géographie, les caractéristiques mésologiques (climat et sols) et biologiques (ensemble des organismes vivants) d'autre part.

Un territoire phytogéographique est défini par le degré d'originalité de sa flore et de sa végétation. Selon Quézel (1983), la diversité biogéographique de l'Afrique est due essentiellement aux modifications climatiques que la région a subies depuis le Miocène.

En se basant sur des critères géographiques, climatiques et botaniques, Cosson (1862, 1879) a défini, pour l'Algérie, quatre régions botaniques. Cette subdivision permet de distinguer une "région méditerranéenne" correspondant à la partie tellienne du pays ; une "région montagneuse" constituée par les hauts sommets des deux Atlas (tellien et saharien) ; une "région des hauts plateaux" englobant les vastes étendues steppiques et une "région saharienne" qui s'étend du piémont sud de l'Atlas Saharien jusqu'aux confins méridionaux du pays. Par la suite, Lapie (1909) subdivise l'Algérie en "domaines" eux-mêmes subdivisés en "secteurs" à leur tour fractionnés en "districts". Ces subdivisions sont reprises et légèrement modifiées par les principaux auteurs qui ont abordé la phytogéographie algérienne et nord-africaine (Maire, 1926 ; Quézel et Santa, 1962-1963 ; Barry *et al.*, 1976 ; Quézel, 1978).

6- Etude du sol

La répartition des espèces et leur réunion en groupements sont essentiellement sous la dépendance et la disponibilité de l'eau et par suite des caractères physiques du sol et de la topographie (Ozenda, 1982).

Selon Pouget (1980), l'étude du sol comme facteur édaphique et de la végétation permet de déterminer d'une part les caractéristiques du sol et de son environnement immédiat (topographie) dont l'action est déterminante sur la végétation (approche phytoécologique), d'autre part, l'influence de la communauté végétale sur le sol dans les conditions climatiques actuelles (approche pédogénétique).

6-1 Méthodologie

Trois profils pédologiques ont été réalisés dans chaque station ; les méthodes utilisées sont celles proposées dans le manuel d'analyse des sols établis par Aubert (1978).

Pour chaque relevé, nous avons adopté la méthode suivante :

- ✓ mesure de l'épaisseur de la couche meuble (de la surface jusqu'à la dalle calcaire)
- ✓ nous avons prélevé un échantillon que nous avons mis dans un sac codé
- ✓ les échantillons du sol sont séchés à l'air libre pendant quelques jours.
- ✓ après dessiccation, la terre est tamisée à l'aide d'un tamis mécanique à mailles de 2 mm de diamètre pour séparer les parties fines des grossières.

6-1.1 Analyses physico-chimiques du sol

Les principaux paramètres mesurés et méthodes utilisées sont :

- ✓ texture (pipette ROBINSON)
- ✓ salinité (conductivimètre)
- ✓ matière organique (méthode ANNE)
- ✓ humidité (séchage à l'étuve à 105°C pendant 24 H)
- ✓ pH (pH-mètre)
- ✓ calcaire total (calcimètre de BERNARD)

Selon leur teneur en calcaire, les sols sont classés en cinq classes (Lozet et Mathieu, 1990)

:

- ✓ sols très faiblement calcaires avec un taux de $\text{CaCO}_3 < 2 \%$.

- ✓ sols faiblement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 2 à 10 %.
- ✓ sols moyennement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 10 à 25 %.
- ✓ sols fortement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 25 à 50 %.
- ✓ sols très fortement calcaires avec un taux de $\text{CaCO}_3 > 50$ %.

7- Exploitation et traitement des données

À partir des données récoltées sur le terrain, des indices de biodiversité peuvent être calculés pour mettre en évidence des différences significatives (entre deux milieux ou deux gestions par exemple).

7-1 Indices de biodiversité

7-1.1 Indice de diversité de Shannon

Le calcul de l'indice de Shannon est réalisé sur la liste globale des espèces inventoriées à partir des relevés floristiques dans les sept stations.

L'indice de Shannon (H') permet d'avoir aisément une meilleure idée sur l'état de la diversité biologique d'un observatoire à un autre. Il est exprimé par la formule suivante (Frontier *et al.*, 2008):

$$H' = - \sum_{i=1}^{i=S} p_i \cdot \log_2 p_i$$

Avec p_i : abondance de l'espèce i / abondance totale ; il correspond soit au nombre d'individus de l'espèce i (N_i) rapporté au nombre total d'individus de l'ensemble des espèces (N) ou encore, il correspond à la contribution spécifique d'une espèce calculée le plus souvent par des relevés linéaires. La valeur de H' varie de 1 (une seule espèce) à $\log S$ (toutes les espèces ont la même abondance).

7-1.2 Indice d'équitabilité de Pielou

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'équitabilité de Pielou (E) qui permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces).

$$E = H' / H' \text{ max}$$

7-1.3 Indices de similarité

Il s'agit des coefficients de similarité de Sorensen et de Jacquard. Leur utilisation, dans les travaux de phytosociologie est fréquente. Ils permettent de caractériser objectivement et quantitativement le degré de ressemblance de deux listes d'espèces (Gounot, 1969).

$$\text{(Sorensen, 1948)} \quad I_s = \frac{2c}{a+b}$$

$$\text{(Jaccard, 1901)} \quad I_s = \frac{c}{a+b-c}$$

Où :

c : nombre d'espèces communes aux listes a et b

a : nombre d'espèces dans la liste a

b : nombre d'espèces dans la liste b

7-2 Techniques numériques d'analyse des données

Parmi les méthodes numériques qui ont fait leurs preuves dans le domaine d'étude de la végétation, il y a les analyses multivariées : analyse factorielle des correspondances (AFC) et la classification hiérarchique ascendante (CHA). L'objet de ces méthodes est de résumer l'information d'un tableau de données en lui donnant une écriture simplifiée sous forme graphique tout en utilisant les calculs d'ajustement qui font appel à l'algèbre linéaire (fig. 31). Elles permettent de traiter en un minimum de temps un nombre important de relevés floristiques.

7-2.1 Analyse factorielle des correspondances

L'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.) est une technique d'analyse très appropriée pour la détermination des groupements végétaux, elle est utilisée pour discriminer de manière objective des entités de végétation. Selon Gharzouli (2007), le tableau phytosociologique brut constitue une matrice de départ tout à fait propice à l'A.F.C. ». Cette analyse offre la particularité de fournir un espace de représentation commun, sur une même carte factorielle, les relevés qui se ressemblent ainsi que les espèces associées à un même groupe de relevés se trouvent regroupées.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) offre la possibilité d'une interprétation écologique des résultats, sans le préalable d'une connaissance précise de groupements végétaux. Dans l'analyse, les variables écologiques intégrées en variables supplémentaires, n'altèrent pas les regroupements d'espèces, ni de relevés ; ils servent d'ailleurs aux phytosociologues pour mettre en évidence les groupements végétaux eux-mêmes (Pouget, 1980). Les résultats de l'AFC conduisent

parfois à regrouper certaines classes d'un même facteur, car au départ, chacune d'elles ne correspond pas obligatoirement à un seuil écologique.

Bonin et Taton (1990) précisent que le nuage des points « relevés » dans cette analyse montre une structuration indépendante de la valeur phytosociologique des espèces, chacune d'entre elles apporte son lot d'informations au cours du traitement.

L'analyse factorielle des correspondances permet d'individualiser de façon plus objective et statistiquement plus fiable les groupements végétaux (Ramade, 2004).

Pour l'ensemble de ces traitements, seul le caractère « présence -absence » des espèces a été considéré. Soulignons, que l'étude de la composition floristique reste purement qualitative tant qu'on utilise que le critère présence-absence, elle devient semi-quantitative dès qu'on travaille en abondance-dominance ou en % de recouvrement (Gillet *et al.*, 1991).

7-2.2 La classification hiérarchique ascendante

La classification hiérarchique ascendante (CHA) est une méthode de classification complémentaire qui intervient comme aide à l'interprétation de l'AFC, elle vient ainsi à améliorer les limites qui dans l'AFC, paraissent arbitraires. Elle est basée sur des distances réelles et fournit des résultats assez précis. Cette analyse a pour objet de classer les individus d'un ensemble donné par similitude et de créer à chaque étape une partition obtenue en agrégeant les éléments les plus proches. Cette similitude est estimée par critère de proximité. Elle permet la détection et la détermination efficace de groupes homogènes d'individus et de variables en les représentants sur un dendrogramme (arbre de classification) (Djebaili, 1984 ; Boucheneb, 1999).

Nous avons eu recours à la classification hiérarchique ascendante comme aide complémentaire à l'interprétation de l'analyse factorielle. Cette technique permet d'éviter les erreurs et les subjectivités dans la discrimination des ensembles de relevés (Bouxin, 2004).

L'utilisation de ces méthodes avec des logiciels (STATISTICA 6.0) nécessite le codage des variables pour faciliter la lecture des différents plans factoriels. Les taxons sont codés avec trois lettres, les deux premières lettres du nom de genre suivies d'une lettre du nom d'espèce.

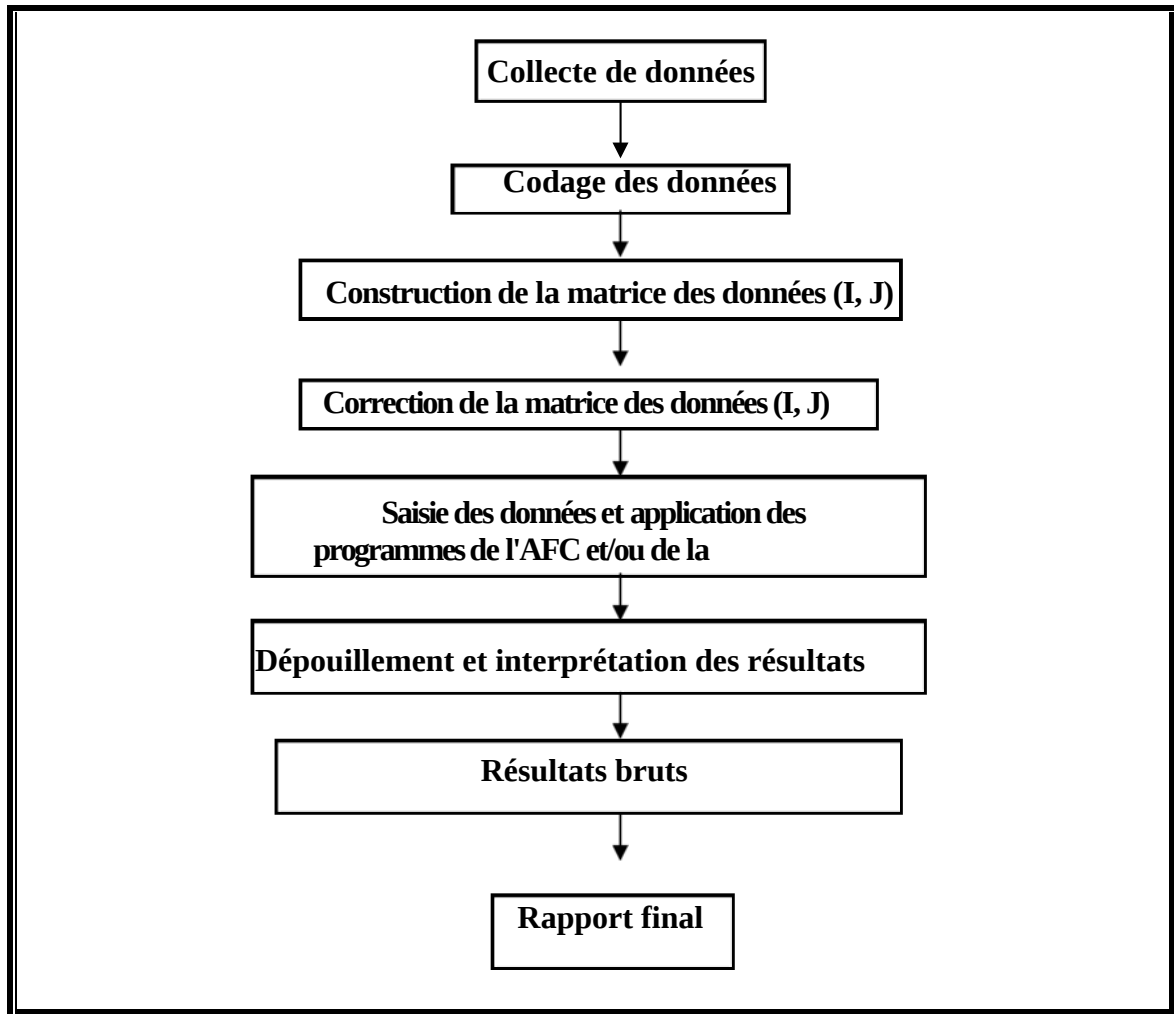


Figure 31 : Organigramme du traitement par l'AFC (Aafi, 1995)

8-Matériels utilisés pour la l'élaboration de la carte thématique

- Logiciel (ENVI) Environment for Vizualizing Images : le logiciel ENVI offre une très bonne visualisation des données et l'analyse des images ayant des tailles et des formats différents et peut tourner sur les plates-formes suivantes (Kefifa, 2013) :

- Les plates-formes UNIX (SUN, DEC, IBN, SGI et HP), LINUX.
- Microsoft Windows avec toutes ses versions.

Les développeurs du logiciel ENVI sont des scientifiques qui participent actuellement aux recherches concernant la télédétection ; ce qui fait de lui un produit en développement perpétuel et qu'il soit ainsi enrichi par des fonctions multiples relatives à des problèmes et des thématiques variées.

La force du logiciel ENVI réside dans son approche de traitement d'image qui combine les techniques du (file-based) et (band-based) avec des fonctions interactives. Lorsqu'un fichier d'image est ouvert chaque bande est stockée dans une liste puis elle peut être manipulée par toutes les fonctions du système. Si plusieurs fichiers sont ouverts en même temps, on peut sélectionner les bandes qui vont être traitées.

ENVI affiche ces bandes en 8 ou 24 bit. Son groupe de fenêtres d'affichage consiste en trois niveaux d'agrandissement (normal image Windows, zoom Windows et scroll Windows). Il permet de multiples superpositions facilitant ainsi la composition des images dans les différentes fenêtres d'affichage.

L'extraction et le lien (Link) spatial /spectral des données multi-bandes et hyper spectrales donnent à l'utilisateur une nouvelle façon de voir les données à haute résolution. ENVI offre aussi des outils interactifs pour visualiser et analyser des données vecteurs et des données attributives des SIG.

ENVI inclut toutes les fonctions de base pour le traitement d'image. Comme les outils de l'analyse spectrale, la transformation des données, le filtre, la classification et la correction géométrique. ENVI ne limite pas le nombre de bandes spectrales à traiter, c'est pourquoi ses outils sont utilisés pour les données multi-spectrales et hyper spectrales. Il inclut, également plusieurs fonctions permettant l'analyse des données radar.

En général, le logiciel dispose essentiellement de tous les outils nécessaires au traitement d'images dans différentes disciplines et permet pour chacun d'implémenter sa propre stratégie d'analyse.

-Logiciel MAPINFO version 8.0 française : MapInfo Version 8 .0 offre la possibilité de travailler très facilement sur des entités vectorielles et rasters. Il travaille, comme toutes les versions, avec des couches et chaque couche contient les fichiers *.TAB, *.MAP, *.ID, *.DAT et *.IND. Pour ouvrir une couche, on sélectionne une table *.TAB. Pour travailler avec plusieurs couches, nous devons ouvrir plusieurs tables et nous pouvons ainsi combiner plusieurs couches différentes (Kefifa, 2013).

Après l'ouverture des couches, le style de représentation est standard. Pour différencier la représentation des couches, on choisit la couche, puis dans le menu contrôle des couches, on charge le style. On peut définir la couleur, la ligne et l'épaisseur. En plus, nous avons la possibilité d'ajouter des étiquettes aux noms d'objets. Après la fermeture des tables, toutes les informations de représentation sont perdues. Pour enregistrer ces informations, on doit enregistrer le document en *.WOR, ainsi le document contient les tables enregistrées et la représentation graphique définie.

Avec l'analyse thématique, nous pouvons réaliser différentes représentations graphiques, par couleur, par tailles...etc.

- Le logiciel EXCEL version 2010 (structure des données de terrain en tableurs).
- Le logiciel ARCGIS version 9.3 (habillage des cartes élaborées).
- PC sous Windows XP Professionnel.
- Cartes d'état-major et Topographique 1/100 000 de la zone d'étude.
- Un GPS de marque GARMIN XL 12 (géoréférencement des stations sur terrain).

Troisième partie

"Résultats et discussion"

Chapitre 1

*"Analyse spatiale des caractéristiques floristiques
et édaphiques des formations d'Armoise blanche "*

1- Introduction

La flore algérienne a été estimée à environ 3139 espèces en 1962 par Quézel et Santa, parmi laquelle 700 espèces sont endémiques à l'Algérie. Selon Médail et Quézel (1997), sur les 3139 espèces végétales présentes en Algérie, 1904 d'entre elles sont des espèces steppiques totalisant un pourcentage voisin de 60 %. 1570 espèces sont communes avec la Tunisie, 1825 avec le Maroc, ce qui identifie évidemment le continuum végétal maghrébin et les continuités floristique et biogéographique le long des domaines de l'Afrique du Nord.

Le présent chapitre vise l'évaluation de l'état contemporain des caractéristiques du couvert végétal des formations d'armoise blanche en mettant en exergue les particularités physico-chimiques du sol.

2- La richesse floristique

Le Houérou (1995) écrit « il est bien évident pour qui a parcouru les steppes que leur homogénéité apparente cache une grande hétérogénéité dans le détail qui ne peut s'expliquer par la seule variation zonale et systématique de l'aridité du climat ou par la rigueur des températures hivernales ».

D'après Aidoud (1989), la richesse floristique en zone aride dépend essentiellement des espèces annuelles, des conditions du milieu et de la corrélation de l'ensemble des caractères (climat, édaphisme et exploitation).

Selon Daget et Poissonet (1991), la richesse floristique est une notion qui rend compte de la diversité de la flore, c'est-à-dire du nombre de taxons inventoriés, dans la station examinée ; dans la théorie générale de la diversité biologique, développée par l'écologue britannique Hill, il s'agit du nombre de diversité d'ordre zéro. La richesse floristique n'implique aucun jugement de valeur sur la production ou les potentialités de la végétation ; en d'autres termes, la richesse floristique est indépendante de la richesse de la végétation.

Cette classification range les richesses floristiques dans l'ordre suivant :

- raréfiée, lorsqu'elle a moins de 5 espèces
- très pauvre, entre 6 et 10 espèces
- pauvre, entre 11 et 20 espèces
- moyenne, entre 21 et 30 espèces
- assez riche, entre 31 et 40 espèces
- riche, entre 41 et 50 espèces
- très riche, entre 51 et 75 espèces
- particulièrement riche, au-dessus de 75 espèces

Les listes floristiques établies ont été dressées à partir des relevés exécutés au niveau des stations d'échantillonnage. L'analyse floristique de la zone d'étude permet de comptabiliser 77 espèces réparties sur la zone d'étude.

En se référant à la classification de Daget et Poissonet (1991), on peut dire :

station 1 : présente une flore assez riche ;

station 2 : présente une flore pauvre ;

station 3 : présente une flore moyenne ;

station 4 : présente une flore riche ;

station 5 : présente une flore riche ;

station 6 : présente une flore assez riche ;

station 7 : présente une flore assez riche ;

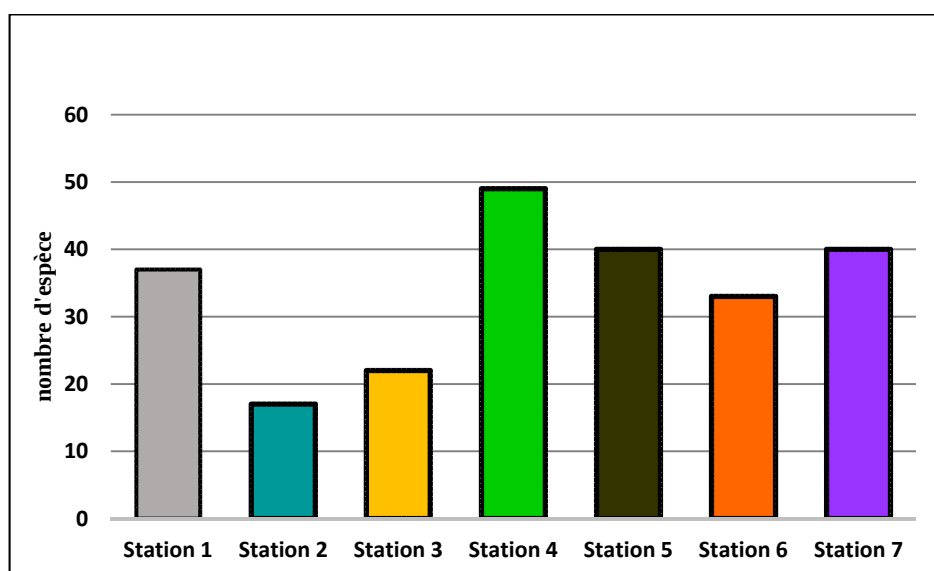


Figure 32 : Richesse floristique au niveau de chaque station

Notre contribution dans l'étude des formations d'armoise blanche à travers la zone steppique de la wilaya de Saïda, fait ressortir une richesse floristique considérable (fig.32).

3- Inventaire floristique

Les listes des espèces inventoriées dans les 07 stations échantillonnées et leurs indices d'abondance-dominance et de sociabilité moyens sont portées sur le tableau 19, nous avons opté pour des indices moyens pour chaque station au lieu de présenter les détails pour chaque relevé, et ce, suite à la difficulté de présentation de ces listes dans le corps du texte, les listes complètes des relevés avec les leurs indices d'abondance-dominance et de sociabilité sont de ce fait portées en annexes. Ces listes montrent que le nombre total d'espèces dans la zone d'étude s'élève à 77 espèces. *Artemisia herba alba* est l'espèce dominante dans l'ensemble des stations, avec un coefficient d'abondance dominance qui varie entre 2 et 4. Le couvert végétal de ces stations est composé essentiellement de théophytes.

Tableau 19 : Indices d'abondance-dominance et de sociabilité moyens des espèces recensées dans les sept stations

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7
<i>Artemisia herba alba</i>	2.1	4.1	2.1	4.1	3.1	3.1	2.1
<i>Agropyron repens</i>	--	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Aizoon hispanicum</i>	--	--	--	--	--	+1	--
<i>Alyssum linifolium</i>	--	--	+1	+1	--	--	--
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	+1	--	--	+1	+1	--	+1
<i>Arnebia decumbens</i>	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	--	--	--	--	+1	--	--
<i>Astragalus cruciatus</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1
<i>Astragalus incanus</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Atractylis cancellata</i>	--	--	--	+1	+1	+1	+1
<i>Atractylis carduus</i>	--	--	--	--	+1	--	+1
<i>Atractylis humilis ssp Caespitosa</i>	+1	--	--	+1	+1	+1	+1
<i>Atractylis serratuloides</i>	+1	--	+1	--	--	+1	+1
<i>Atriplex glauca</i>	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Atriplex halimus</i>	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Brachypodium Distachyum</i>	--	--	--	--	+1	--	--
<i>Bromus rubens</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Bupleurum Semicompositum</i>	--	--	--	--	+1	--	+1
<i>Carduncellus pinnatus</i>	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Ceratocephalus falcatus</i>	+1	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Diploaxis Pitardiana</i>	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Echium pycnanthum ssp eu-pycnanthum</i>	+1	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Echium pycnanthum ssp humile</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1
<i>Erodium triangulare</i>	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Eruca vesicaria</i>	--	--	--	+1	--	+1	--
<i>Euphorbia falcata</i>	--	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Evax pygmaea</i>	--	--	--	--	+1	--	--
<i>Filago spathulata</i>	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1
<i>Hedypnois cretica</i>	+1	--	--	+1	+1	--	+1
<i>Helianthemum apertum</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Helianthemum hirtum</i>	--	--	--	+1	--	--	+1
<i>Helianthemum pilosum</i>	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Helianthemum virgatum</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	--
<i>Herniaria hirsuta</i>	+1	+1	+1	+1	--	--	+1
<i>Hordeum murinum</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Iris sisyrinchium</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Koelpinia linearis</i>	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Koeleria pubescens</i>	+1	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Lappula spinocarpos</i>	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Lappula Redowskii</i>	+1	--	--	+1	--	+1	--
<i>Launea nudicaulis</i>	+1	--	--	+1	+1	--	+1
<i>Leontodon hispidulus</i>	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Limonium echioides</i>	+1	--	--	+1	+1	--	--
<i>Lomelosia stellata</i>	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Lotus creticus</i>	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Lygeum spartum</i>	1.1	+1	+1	--	+1	--	1.1
<i>Malva aegyptiaca</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	--
<i>Medicago minima</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1

<i>Medicago truncatula</i>	--	--	--	+1	+1	--	--
<i>Micropus bombycinus</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	--
<i>Minuartia campestris</i>	--	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Muricaria prostrata</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Noaea mucronata</i>	1.1	+1	+1	--	+1	+1	+1
<i>Nonnea micrantha</i>	+1	--	--	+1	--	--	--
<i>Onopordon arenarium</i>	--	--	--	+1	--	--	+1
<i>Orobanche levis</i>	--	+1	+1	+1	--	--	--
<i>Paronychia arabica</i>	--	+1	--	--	+1	+1	+1
<i>Peganum harmala</i>	+1	--	--	--	--	--	+1
<i>Plantago albicans</i>	+1	--	+1	+1	+1	--	+1
<i>Poa bulbosa</i>	+1	--	+1	+1	--	+1	--
<i>Salsola vermiculata</i>	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Salvia verbenaca</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Scabiosa arenaria</i>	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Schismus barbatus</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Senecio gallicus</i>	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Silene setacea</i>	--	--	--	--	+1	+1	--
<i>Silybum marianum</i>	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Spergularia diandra</i>	--	--	--	--	--	+1	--
<i>Stipa parviflora</i>	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1
<i>Stipa tenacissima</i>	1.1	--	--	--	--	--	--
<i>Suaeda fruticosa</i>	--	--	--	--	--	--	1.1
<i>Thapsia garganica</i>	+1	+1	--	+1	--	--	--
<i>Thesium humile</i>	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Thymeleae microphylla</i>	--	--	1.1	--	--	--	1.1
<i>Thymus munbyanus</i>	--	--	--	--	+1	--	--
<i>Trigonella polycerata</i>	+1	--	--	+1	--	--	--
Total espèces par station	37	17	22	49	41	33	40
Total espèces dans la zone d'étude				77			

3-1 Les espèces communes

Par leur présence dans tous les relevés, les espèces *Artemisia herba alba*, *Astragalus incanus*, *Iris sisyrinchium*, *Hordeum murinum*, *Schismus barbatus* s'imposent comme des espèces dominantes et caractéristiques majeures des formations d'armoise blanche de la région steppique de la wilaya de Saida (tab. 20). Les espèces communes et présentes dans plus d'un relevé représentent 51 espèces (soit 66 %). Selon Djebaili (1984), c'est l'impact des différentes actions anthropozoogènes notamment l'exploitation pastorale qui sont les motifs qui ont tendance à uniformiser la flore.

Les espèces exclusives représentent 26 espèces (soit 34 %) de la flore recensée. Les espèces rencontrées que dans une station devraient permettre de faire ressortir ses caractères distinctifs (Aidoud, 1983)

Tableau 20 : Espèces communes et espèces exclusives

	Espèces	Nbre	%
Espèces communes aux sept stations	<i>Artemisia herba alba</i> , <i>Astragalus incanus</i> , <i>Iris sisyrinchium</i> , <i>Hordeum murinum</i> , <i>Schismus barbatus</i>	05	7
Espèces communes Aux six stations	<i>Astragalus cruciatus</i> , <i>Bromus rubens</i> , <i>Echium pycnanthum</i> ssp <i>humile</i> , <i>Filago spathulata</i> , <i>Helianthemum apertum</i> , <i>Malva aegyptiaca</i> , <i>Stipa parviflora</i> , <i>Muricaria prostrata</i> , <i>Noaea mucronata</i> , <i>Salvia verbenaca</i>	10	13
Espèces communes Aux cinq stations	<i>Atractylis humilis</i> ssp <i>Caespitosa</i> , <i>Helianthemum virgatum</i> , <i>Herniaria hirsuta</i> , <i>Lygeum spartum</i> , <i>Micropus bombycinus</i> , <i>Plantago albicans</i>	06	8
Espèces communes aux quatres stations	<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i> , <i>Atractylis cancellata</i> , <i>Atractylis serratuloides</i> , <i>Ceratocephalus falcatus</i> , <i>Echium pycnanthum</i> ssp <i>eu-pycnanthum</i> , <i>Hedypnois cretica</i> , <i>Koeleria pubescens</i> , <i>Launea nudicaulis</i> , <i>Paronychia arabica</i> , <i>Poa bulbosa</i>	10	13
Espèces communes à trois stations	<i>Agropyron repens</i> , <i>Euphorbia falcata</i> , <i>Lappula Redowskii</i> , <i>Limonium echioides</i> , <i>Minuartia campestris</i> , <i>Orobanche levis</i> , <i>Thapsia garganica</i> ,	07	9
Espèces communes à deux stations	<i>Alyssum linifolium</i> , <i>Atractylis carduus</i> , <i>Bupleurum Semicompositum</i> , <i>Eruca vesicaria</i> , <i>Helianthemum hirtum</i> , <i>Medicago truncatula</i> , <i>Nonnea micrantha</i> , <i>Onopordon arenarium</i> , <i>Peganum harmala</i> , <i>Silene setacea</i> , <i>Thymeleae microphylla</i> , <i>Trigonella polycerata</i> .	12	16
Espèces exclusives	<i>Aizoon hispanicum</i> , <i>Arnebia decumbens</i> , <i>Asphodelus tenuifolius</i> , <i>Atriplex glauca</i> , <i>Atriplex halimus</i> , <i>Brachypodium Distachyum</i> , <i>Carduncellus pinnatus</i> , <i>Chrysanthemum coronarium</i> , <i>Diploaxis Pitardiana</i> , <i>Erodium triangulare</i> , <i>Evax pygmaea</i> , <i>Helianthemum pilosum</i> , <i>Koelpinia linearis</i> , <i>Lappula spinocarpos</i> , <i>Leontodon hispidulus</i> , <i>Lomelosia stellata</i> , <i>Lotus creticus</i> , <i>Salsola vermiculata</i> , <i>Scabiosa arenaria</i> , <i>Senecio gallicus</i> , <i>Silybum marianum</i> , <i>Spergularia diandra</i> , <i>Stipa tenacissima</i> , <i>Suaeda fruticosa</i> , <i>Thesium humile</i> , <i>Thymus munbyanus</i> .	26	34

3-2 Indices de similarité

Dans le but d'évaluer le changement de la composition floristique entre les stations, nous avons calculé l'indice de similarité entre chaque station (tab 21).

Tableau 21 : Indices de similarité entre les listes floristiques des stations

Indice de Sorensen								Indice de Jaccard						
	St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	St 6	St 7	St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	St 6	St 7
St 1	1	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	--
St 2	0,55	1	--	--	--	--	--	0,38	1	--	--	--	--	--
St 3	0,64	0,56	1	--	--	--	--	0,47	0,39	1	--	--	--	--
St 4	0,90	0,39	0,47	1	--	--	--	0,82	0,24	0,31	1	--	--	--
St 5	0,71	0,48	0,5	0,65	1	--	--	0,56	0,31	0,34	0,48	1	--	--
St 6	0,68	0,48	0,54	0,63	0,73	1	--	0,52	0,31	0,37	0,46	0,58	1	--
St 7	0,62	0,45	0,58	0,47	0,61	0,48	1	0,45	0,29	0,4	0,3	0,44	0,32	1

Une comparaison entre les différentes stations en utilisant les coefficients de similitude de Sorensen et Jaccard montre une variation entre la composition des stations. Les plus grandes valeurs de similarité enregistrées sont celles entre la station 1 et la station 4 (indice de Sorensen 0.90 et 0.82 pour l'indice de Jaccard), ce qui signifie que plus de 80 % du cortège floristique est commun entre ces deux stations. Cette forte similitude s'expliquerait par le fait qu'elles offrent généralement les mêmes conditions écologiques, notamment les conditions climatiques et les propriétés physicochimiques du sol où elles se développent. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées entre les deux stations 2 et 4, (indice de Sorensen 0.39 et 0.24 pour l'indice de Jaccard). Les espèces pour ces deux stations sont totalement différentes indiquant que les différentes conditions de l'habitat déterminent un « turn-over » des espèces importantes (De Bello *et al.*, 2007).

4- Phytodiversité

Le concept de diversité comporte deux notions qui doivent être considérées de façon simultanée. La première concerne le nombre d'unités systématiques présentes dans un écosystème donné, la seconde se rapporte à la façon dont les individus des diverses espèces se répartissent (Akpo *et al.*, 1999).

4-1 Composition systématique

Au total, vingt-quatre familles botaniques sont déterminées dans la zone d'étude (tab. 22). Le plus grand nombre d'espèces appartient à la famille des Astéracées avec dix-huit espèces, soit un taux de 23,68% de la totalité des taxons. Les Poacées sont aussi importantes et viennent juste en seconde position avec dix espèces (13.15 %), les Fabacées, les Caryophyllacées et les

Boraginaceae se présentent avec six espèces chacune (10,64 %) et viennent en troisième position, suivit des Cistaceae, les Brassicaceae et les Amaranthaceae avec quatre espèces et un taux de 5,26% chacune, les Lamiaceae, les Apiaceae et les Caprifoliaceae avec deux espèces et un taux de 2,63 %. Le reste des familles à savoir : les Thymelaeaceae, Xanthorrhoeaceae, Orobanchaceae, Euphorbiaceae, Ranunculaceae, Plumbaginaceae, Nitrariaceae, Malvaceae, Aizoaceae, Iridaceae, Santalaceae, Géraniaceae et les Plantaginaceae, sont moins représentées avec une seule espèce seulement soit un taux de 1,33 % de pour chacune.

Tableau 22 : Les familles botaniques recensées dans la zone d'étude

Famille	Genres	Espèces	Famille	Genres	Espèces
<i>Asteraceae</i>	15	18	<i>Orobanchaceae</i>	1	1
<i>Poaceae</i>	9	10	<i>Euphorbiaceae</i>	1	1
<i>Fabaceae</i>	4	6	<i>Ranunculaceae</i>	1	1
<i>Caryophyllaceae</i>	6	6	<i>Plumbaginaceae</i>	1	1
<i>Boraginaceae</i>	4	6	<i>Nitrariaceae</i>	1	1
<i>Cistaceae</i>	1	4	<i>Malvaceae</i>	1	1
<i>Brassicaceae</i>	4	4	<i>Aizoaceae</i>	1	1
<i>Amaranthaceae</i>	3	4	<i>Iridaceae</i>	1	1
<i>Lamiaceae</i>	2	2	<i>Santalaceae</i>	1	1
<i>Apiaceae</i>	2	2	<i>Caprifoliaceae</i>	2	2
<i>Thymelaeaceae</i>	1	1	<i>Geraniaceae</i>	1	1
<i>Xanthorrhoeaceae</i>	1	1	<i>Plantaginaceae</i>	1	1
Total				65	77

D'après l'analyse de la composition systématique des différentes espèces inventoriées dans les sept stations, les deux familles des Astéraceae et des Poaceae sont les plus dominantes dans toutes les stations. Selon Ozenda (1977), ces deux familles s'adaptent bien aux zones arides et semi-arides et elles sont très répandues dans toute la steppe et l'Atlas saharien. Selon ce même auteur, elles représentent avec les fabaceae 35 % à 40 % de la flore du secteur saharien. Ces deux familles sont parmi les plus riches en genres et en espèces dans la composition taxinomique de la flore steppique ibéro-maghrébienne et sont bien représentées en régions méditerranéennes (Le Houérou, 1995). En troisième position, ce sont les fabaceae qui dominent en particulier dans les stations 1, 2 et 4 entre 12 et 14 % (tab. 23). Il faut noter que sur 24 familles recensées ces trois familles (Asteraceae, les Poaceae et les Fabaceae) représentent à elles seules plus de 50 % de la flore étudiée pour l'ensemble des stations à l'exception de la station 6 et la station 4 (47 % et 48 % respectivement). Ensuite, les Caryophyllaceae, Boraginaceae, Cistaceae et les Brassicaceae se présentent avec des taux qui fluctuent d'une station à l'autre (entre 2 % et 13 %). Les autres

familles sont faiblement représentées avec un taux qui ne dépasse pas les 5 %, à l'exception des *Amaranthaceae* qui présente un taux de 10 dans la station 7 (dont la plupart des espèces de cette famille sont des halophytes), cela est justifié par la situation de cette station en bordure du Chott Chergui.

Tableau 23 : Répartition des familles sur les stations

Station	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5		Station 6		Station 7	
Famille	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%	Nbr	%
<i>Asteraceae</i>	8	22	3	18	3	14	11	22	10	24	6	19	14	35
<i>Poaceae</i>	8	22	4	24	6	27	7	14	8	20	6	19	5	13
<i>Fabaceae</i>	5	14	2	12	2	9	6	12	4	10	3	9	3	8
<i>Caryophyllaceae</i>	1	3	2	12	1	5	2	4	3	7	4	13	3	8
<i>Boraginaceae</i>	3	8	1	6	0	0	5	10	2	5	2	6	0	0
<i>Cistaceae</i>	2	6	0	0	2	9	4	8	2	5	2	6	3	8
<i>Brassicaceae</i>	1	3	0	0	2	9	4	8	1	2	2	6	1	3
<i>Amaranthaceae</i>	1	3	1	6	1	5	0	0	1	2	1	3	4	10
<i>Lamiaceae</i>	1	3	0	0	1	5	1	2	2	5	1	3	1	3
<i>Apiaceae</i>	1	3	1	6	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0
<i>Thymelaeaceae</i>	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	1	3
<i>Xanthorrhoeaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
<i>Malvaceae</i>	1	3	1	6	0	0	1	2	1	2	1	3	0	0
<i>Orobanchaceae</i>	0	0	1	6	1	5	1	2	0	0	0	0	0	0
<i>Euphorbiaceae</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	1	3	0	0
<i>Ranunculaceae</i>	1	3	0	0	0	0	1	2	1	2	1	3	0	0
<i>Plumbaginaceae</i>	1	3	0	0	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0
<i>Nitrariaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
<i>Aizooaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0
<i>Iridaceae</i>	0	0	1	6	1	5	1	2	1	2	1	3	1	3
<i>Santalaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
<i>Caprifoliaceae</i>	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
<i>Geraniaceae</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
<i>Plantaginaceae</i>	1	3	0	0	1	5	1	2	1	2	0	0	1	3

4-2 Les types biologiques

La classification des espèces selon les types biologiques de Raunkiaer (1905-1934) s'appuie principalement sur l'adaptation de la plante à la saison défavorable et met l'accent sur la position des bourgeons hibernants par rapport à la surface du sol, en s'efforçant de classer ensemble les plantes de formes semblables. Raunkiaer part, en effet, du raisonnement que les plantes, du point de vue biologique, sont avant tout organisées pour traverser la période critique du cycle saisonnier, qui peut être l'hiver à cause du froid ou l'été à cause de la sécheresse.

Floret et Pontanier (1982) ont signalé que Raunkiaer a conçu sa classification en fonction de la façon qu'ont les espèces de passer la période froide, dans les zones présentant une saison froide marquée.

Notons qu'une même espèce sous conditions stationnelles différentes, du climat par exemple, peut apparaître sous l'aspect de plusieurs types biologiques différents.

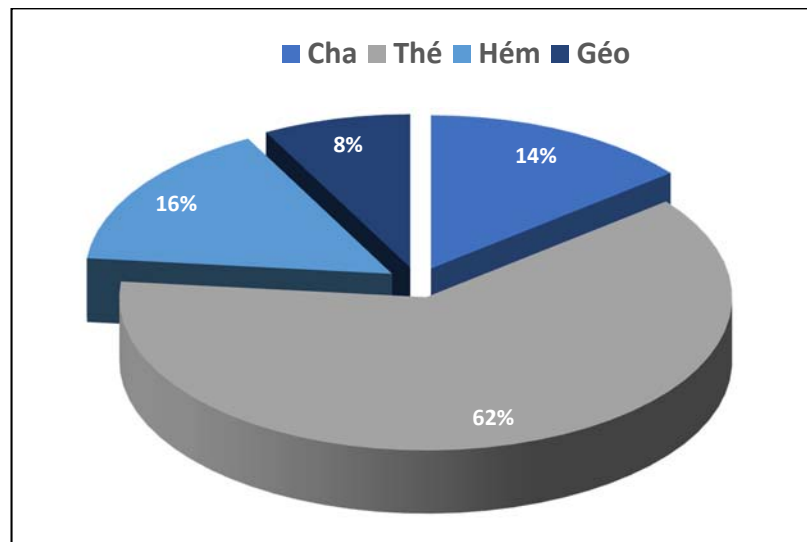


Figure 33 : Spectre biologique de la zone d'étude

La coexistence de nombreux types biologiques, dans une même station, accentue sans doute une richesse floristique stationnelle, la proportion des divers types biologiques traduit très souvent le degré d'évolution d'un groupement au sein d'une série de végétation. Selon les conditions de milieu, un type biologique prend souvent le pas complètement sur les autres (Floret et Pontanier, 1982).

L'analyse du spectre biologique de la zone d'étude, représentée dans la figure 33 montre une nette dominance des thérophytes avec un taux de 62 % (48 espèces) de la végétation étudiée.

Selon plusieurs auteurs (Barbero *et al.*, 1990 ; Kadi Hanifi, 2003 ; Latreche, 2004 ; Arabi *et al.*, 2015), en milieu steppique, nous assistons à la disparition progressive des phanérophytes aux dépens des autres types comme les thérophytes et les chamaephytes, plus adaptés aux conditions écologiques rigoureuses. Ils développent les meilleures stratégies d'adaptation. Le taux très élevé des thérophytes (62 %) s'explique par les conditions édaphiques (sol léger, peu profond) et surtout microclimatiques : période de sécheresse très longue durant l'année. Aidoud (1983), souligne que dans les hauts plateaux algériens, l'augmentation des thérophytes est en relation avec un gradient croissant d'aridité. S'ajoutant à ça une grande pression anthropique exercée sur ce milieu, Floret et Pontanier (1982) signalent que plus un système est influencé par l'homme (surpâturage, culture), plus les thérophytes y prennent de l'importance.

L'origine de l'extension des thérophytes est due en grande partie :

- soit à l'adaptation, à la contrainte du froid hivernal (Raunkiaer, 1934 ; Ozenda, 1963) ou à la sécheresse estivale (Nègre, 1966 ; Daget, 1980).
- soit aux perturbations du milieu par le pâturage, les cultures, etc. (Grime, 1977).

La thérophytisation résulte donc de l'action synergique des facteurs édaphiques, d'aridité et l'anthropisation. Selon Quézel (2000), la "thérophytisation" est un stade postérieur à la "steppisation". C'est l'envahissement généralisé par les espèces annuelles. Ces espèces à forte production de graines, sont favorisées par un cycle biologique court qui leur permet d'occuper le sol durant les brèves périodes favorables à leur développement.

Après les thérophytes, se positionnent les hémicryptophytes et les chamaephytes ces deux types présentent des taux comparables (16 % et 14 % respectivement). Les hémicryptophytes sont présentées avec 12 espèces, en effet, les taux des hémicryptophytes chutent dans les milieux où nous observons une dégradation des conditions écologiques générales, liées au climat et aux perturbations induites par l'action de l'homme et de ses troupeaux (Quézel, 2000).

La chamaephytisation a pour origine le phénomène d'aridisation (Raunkiaer, 1934), les chamaephytes s'adaptent mieux à la sécheresse estivale et aux forts éclaircissements lumineux (Danin et Orshan, 1990). Les chamaephytes avec 11 espèces occupent le troisième rang. Selon Dahmani (1997), le nombre des chamaephytes reste toutefois moins important que celui des thérophytes et des hémicryptophytes sauf en milieu nettement aride. Quézel (2000) ajoute aussi que la chamaephytisation est assimilée à la présence d'espèces épineuses, non palatables et délaissées par le bétail (*Atractylis*, *Noaea*...).

Les géophytes occupent la dernière position et présentent un faible taux (8 %). Ceci rejoint les propos de Barbero *et al.* (1989) selon lesquels les géophytes régressent et disparaissent dans les pelouses et les zones steppiques.

Nous notons l'absence des phanérophytes dans l'ensemble des stations. Kadi Hanifi (2003) confirme que les phanérophytes sont toujours relégués au dernier rang des types biologiques dans les formations steppiques d'Algérie.

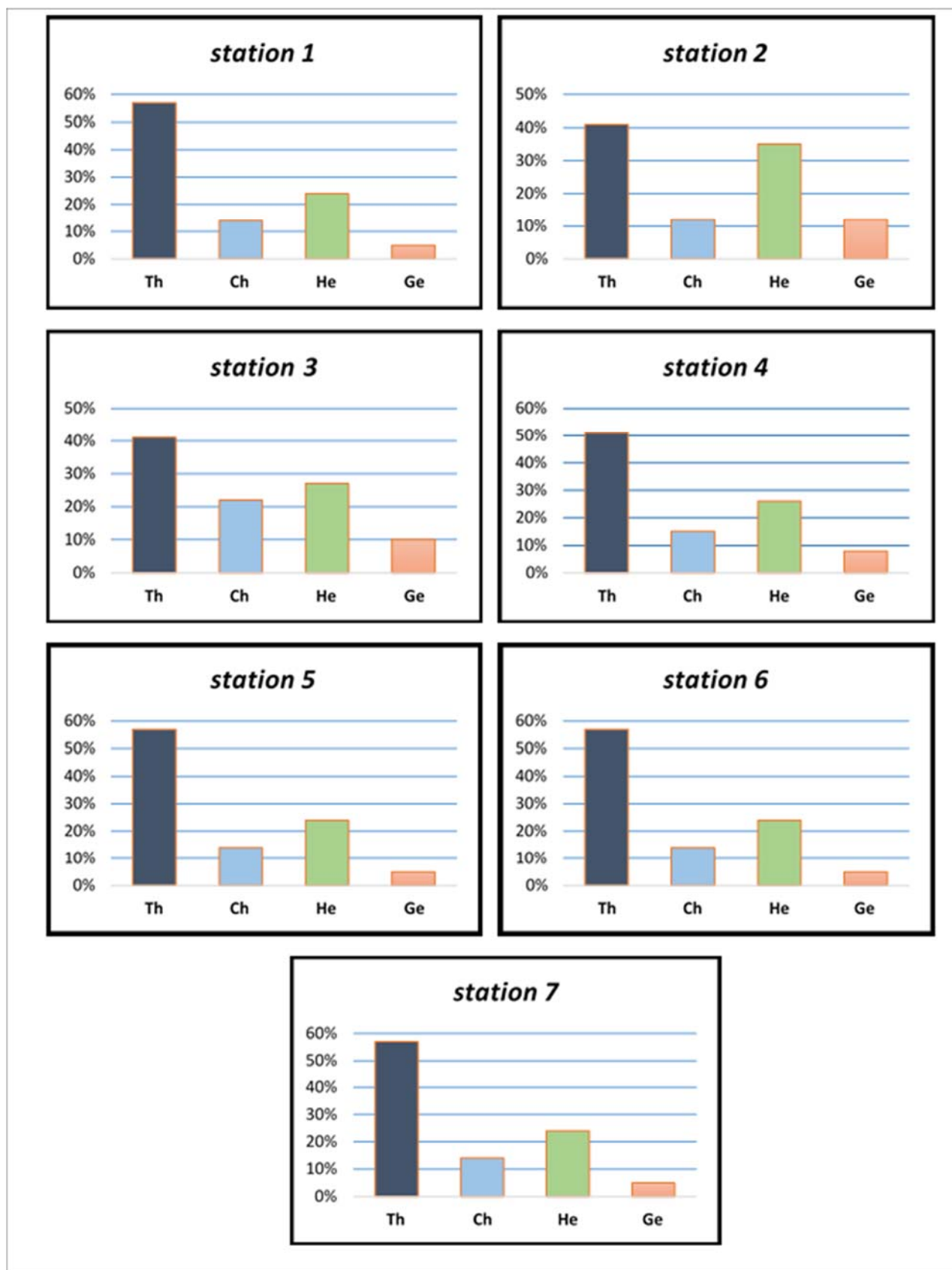


Figure 34 : Répartition des types biologiques dans chaque station.

A l'échelle stationnelle la répartition des types biologiques suit le schéma suivant :

- Station 1: Th > He > Ch > Ge.
- Station 2: Th > He > Ge > Ch.
- Station 3: Th > Ch > He > Ge.
- Station 4: Th > He > Ge > Ch.
- Station 5: Th > He > Ch > Ge.
- Station 6: Th > Ch > He > Ge.
- Station 7: Th > Ch > He > Ge.

L'analyse du spectre biologique des sept stations (fig.34) montre que la proportion des diverses catégories de types biologiques est variable d'une station à l'autre. Les résultats obtenus, témoignent d'une variation significative entre les types biologiques, cette variation est surtout quantitative et non qualitative. Elle concerne essentiellement les deux types hémicryptophytes et chamaephytes. À l'exception de la deuxième et la troisième station où le taux des thérophytes est respectivement 42 % et 41 %, ce type dépasse les 50 %, et domine nettement le reste des stations étudiées, cette dominance traduit bien le caractère steppique de la région est la résultante de l'effet de l'aridité et de la forte pression exercée par l'homme et son bétail sur ce milieu (Chaalane *et al.*, 2015). Les géophytes qui occupent la dernière position dans la plupart des stations, devance les chamaephytes dans les stations 2 et 4.

4-3 Phytogéographie

La mise en place des flores d'une région est due à trois actions conjuguées (Quèzel, 1995) : les changements climatiques, le transport à longue distance par le vent et les oiseaux et les modifications du modèle géographique.

Dans l'Afrique du Nord, la géographie botanique a de bonne heure attiré et retenue l'attention. Il y a peu de contrées en effet où la végétation montre un rapport aussi étroit avec le climat, où les associations végétales aient un caractère aussi tranché. Les expressions mêmes de Tell, de steppes et du Sahara, traduisent des faits de la géographie botanique (Augustin, 1926).

Quèzel (1983) a expliqué l'importance de la diversité biogéographique de l'Afrique méditerranéenne par les modifications climatiques durement subies dans cette région depuis le Miocène ce qui a entraîné des migrations d'une flore tropicale.

La composition du spectre général montre une prédominance de l'élément méditerranéen par rapport aux autres (tab. 24). Cet élément (44,84 %) doit en grande partie sa composition de 55,40 % à celle des thérophytes, 15,11 % d'hémicryptophytes, 14,38 % de phanérophytes, 8 % de chaméphytes et 7,20 % de géophytes.

Tableau 24 : Phytogéographie des espèces inventoriées dans la zone d'étude

N	Espèces	Type Biogéographique
1	<i>Artemisia herba alba</i>	Esp. des Canaries à l'Egypte, Asie Occ.
2	<i>Bupleurum Semicompositum</i>	Méd
3	<i>Chrysanthemum coronarium</i>	
4	<i>Eruca vesicaria</i>	
5	<i>Leontodon hispidulus</i>	
6	<i>Limonium echioides</i>	
7	<i>Erodium triangulare</i>	
8	<i>Medicago truncatula</i>	
9	<i>Plantago albicans</i>	
10	<i>Filago spathulata</i>	
11	<i>Hedypnois cretica</i>	
12	<i>Suaeda fruticosa</i>	
13	<i>Thapsia garganica</i>	
14	<i>Lotus creticus</i>	
15	<i>Helianthemum pilosum</i>	
16	<i>Stipa parviflora</i>	
17	<i>Astragalus incanus</i>	W- Méd
18	<i>Koeleria pubescens</i>	
19	<i>Lomelosia stellata</i>	
20	<i>Lygeum spartum</i>	
21	<i>Nonnea micrantha</i>	
22	<i>Aizoon hispanicum</i>	Méd-Iran-Tour
23	<i>Alyssum linifolium</i>	
24	<i>Ceratocephalus falcatus</i>	
25	<i>Noaea mucronata</i>	
26	<i>Astragalus cruciatus</i>	Méd-Sah
27	<i>Echium pycnanthum</i>	
28	<i>Launaea nudicaulis</i>	Méd-Sah-Sind
29	<i>Koelpinia linearis</i>	Méd-Sah-Iran-Tour
30	<i>Euphorbia falcata</i>	Méd-As
31	<i>Salvia verbenaca</i>	Méd-Atl
32	<i>Orobanche levis</i>	E -Méd
33	<i>Paronychia arabica</i>	
34	<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	End- N.A.
35	<i>Helianthemum apertum</i>	
36	<i>Thymeleae microphylla</i>	
37	<i>Thymus ciliatus</i>	
38	<i>Muricaria prostrata</i>	
39	<i>Diploaxis Pitardiana</i>	End-Sud-Mar
40	<i>Echium pycnanthum ssp humile</i>	End-Sah
41	<i>Thesium mauritancum</i>	End-Or-E-Mar
42	<i>Atractylis carduus</i>	Sah
43	<i>Atractylis serratuloides</i>	
44	<i>Scabiosa arenaria</i>	

45	<i>Atriplex glauca</i>	Sah-Méd
46	<i>Salsola vermiculata</i>	
47	<i>Arnebia decumbens</i>	Sah-Sind
48	<i>Lappula spinocarpos</i>	
49	<i>Silène setacea</i>	
50	<i>Malva aegyptiaca</i>	Sah-Sind-Méd
51	<i>Spergularia diandra</i>	Sah-Sind-Irano-Tour
52	<i>Agropyron repens</i>	Irano-Tour
53	<i>Peganum harmala</i>	Iran-Tour-Eur
54	<i>Asphodelus tenuifolius</i>	Macar-Méd
55	<i>Schismus barbatus</i>	
56	<i>Senecio gallicus</i>	
57	<i>Atractylis cancellata</i>	Circumméd
58	<i>Evax pygmaea</i>	
59	<i>Atractylis humilis. ssp. Caespitosa</i>	Ibéro-Maur
60	<i>Minuartia campestris</i>	
61	<i>Stipa tenacissima</i>	
62	<i>Helianthemum virgatum</i>	
63	<i>Trigonella polycerata</i>	
64	<i>Atriplex halimus</i>	Cosmop
65	<i>Silybum marianum</i>	
66	<i>Brachypodium Distachyum</i>	Paléo-subtrop
67	<i>Bromus rubens</i>	
68	<i>Iris sisyrinchium</i>	
69	<i>Carduncellus pinnatus</i>	Sicile-N.A-Lybie
70	<i>Helianthemum hirtum</i>	N.A
71	<i>Onopordon arenarium</i>	
72	<i>Herniaria hirsute</i>	Paléo-Temp
73	<i>Poa bulbosa</i>	
74	<i>Hordeum murinum</i>	Circumbor
75	<i>Lappula Redowskii</i>	N Trop
76	<i>Medicago minima</i>	Eur-Méd
77	<i>Micropus bombycinus</i>	Euras-N.A- Trip

4-3.1 Élément méditerranéen

L'analyse du spectre phytogéographique globale de la végétation de la zone d'étude fait ressortir la dominance des espèces d'affinité méditerranéenne par rapport aux autres. Ces données confirment l'affiliation des steppes étudiées à la région méditerranéenne. Cette confirmation est consensuelle entre l'ensemble des travaux sur les steppes nord-africaines (Quezel, 1983 ; Le Houerou, 1995 ; Belhacini et Bouazza, 2015).

Cet ensemble constitue la majeure partie avec trente-six espèces (47 %) classées en plusieurs éléments en fonction de leurs répartitions géographiques.

Les éléments de souche méditerranéenne autochtone sont les plus importants avec quinze espèces, suivi des ouest-méditerranéens avec cinq espèces, les Ibéro-Mauritaniens cinq espèces, les Macaronésien-Méditerranéens trois espèces, Circumméditerranéens deux espèces, les Est-Méditerranéens deux espèces, les Nord-africains deux espèces et les Méditerranéen-Sahariens avec deux espèces. Vingt-deux espèces de cet ensemble (61 %), sont des thérophytes, six espèces sont des hemichryptophytes (17 %), trois espèces sont des chamaephytes (8 %) et cinq espèces sont des géophytes (14 %).

4-3.2 Elément Endémique

Les taxons endémiques marquent bien la zone d'étude avec huit espèces, soit un taux de 10 % des espèces déterminées. Cet ordre de grandeur de la flore endémique est confirmé par la plupart des travaux au niveau des steppes arides de l'Afrique du Nord et de l'Algérie (Le Houérou, 1995 ; Kadi-Hanifi, 2003 ; Latreche, 2004).

Les espèces endémiques nord -africaines sont ceux qui dominent avec cinq espèces soit un taux de 62% des endémiques totalisées. Les éléments endémiques sahariens, sud-marocain et oro-est-marocain sont représentés par une seule espèce chacun. Au plan biologique, les thérophytes (37 %) et les hémicryptophytes (37 %) partagent le même pourcentage des taxons endémiques, suivi par les chaméphytes (16 %).

4-3.3 L'ensemble septentrional

L'ensemble septentrional joue un rôle non négligeable dans la région avec neuf espèces (12 %), 33 % de cet ensemble septentrional, soit trois espèces appartiennent à l'élément Paléo-subtropical. 22 % appartient à l'élément Paléotempéré est représenté par deux espèces, le reste des éléments de cet ensemble (eurasiatique-Nord-africain, Circumboréal, Nord-tropical, Européen-Méditerranéen) est représentés par une seule espèce (11 %).

Cet ensemble représente un fort taux de thérophytes (89 %), soit huit espèces et 11 % de géophytes avec une seule espèce.

4-3.4 Espèces à large répartition

Cet ensemble comprend douze éléments composés de dix-neuf espèces dont la majorité sont mêlées aux méditerranéens. Selon Gharzouli et Djellouli (2005), ces espèces correspondent à des éléments de transition entre l'ensemble méditerranéen et les ensembles chorologiques voisins.

L'élément le plus important correspond au méditerranéo-irano-touranien avec quatre espèces, suivi par le saharo-sindien avec trois espèces, les cosmopolites avec deux espèces. Les autres éléments ne sont représentés, pour la majorité, que par une seule espèce (le méditerranéo-saharo-sindien ; le méditerranéo- saharo-iranotouranien ; le méditerranéo-asiatique ; méditerranéo-atlantique ; le saharo-sindien-méditerranéen ; les saharo-sindien- irano-touranien ; l'irano-touranien ; l'irano-touranien-européen). Au plan biologique, c'est les thérophytes (63 %) qui

présente le pourcentage des taxons le plus fort, après, c'est les chamaephytes (11 %) et les hémicryptophytes (11 %).

4-3.5 Élément saharien

Les éléments sahariens sont représentés par trois espèces sahariennes et deux espèces saharo-méditerranéen, cet élément dénote l'aridité de la région. Composé essentiellement par 80 % de chaméphytes et 20 % de thérophytes.

5- La structure horizontale de la végétation (recouvrement)

Le recouvrement de la végétation est un paramètre qui a toujours été utilisé dans les études phytoécologiques et phytosociologiques pour la caractérisation des phytocénoses. Il permet au phytosociologue d'évaluer le degré d'abondance et de dominance, permet au pastoraliste de calculer la valeur pastorale d'un faciès (Ramade, 1984). Dans les milieux arides et semi-arides, il est considéré comme un indicateur important notamment de l'état de dégradation de la végétation naturelle et de la phytomasse. Selon Chessel *et al.* (1975), la distribution horizontale des espèces a plusieurs causes biologiques. Elle peut traduire l'évolution et la dynamique d'une communauté végétale. La tendance d'uniformité dans la distribution d'une espèce peut caractériser le stade de stabilisation où, la plante a atteint les limites d'exploitation du milieu occupé.

Dans les hautes plaines steppiques, l'aridité du climat ne permet pas le développement d'un couvert végétal capable de protéger la surface du sol. La plupart des espèces, en ce milieu aride, ont acquis des caractéristiques biologiques et morphologiques particulières leur permettant de surmonter toutes les conditions défavorables du milieu. Malgré le faible taux de recouvrement, la végétation steppique constitue une ressource naturelle de grande importance notamment dans la protection du sol contre le phénomène de l'érosion éolienne et dans la structuration des horizons superficiels du sol. Selon FAO (1960) toutes éliminations ou dégradation du tapis végétal ou des résidus végétaux qui protègent le sol sont la cause principale de l'érosion éolienne.

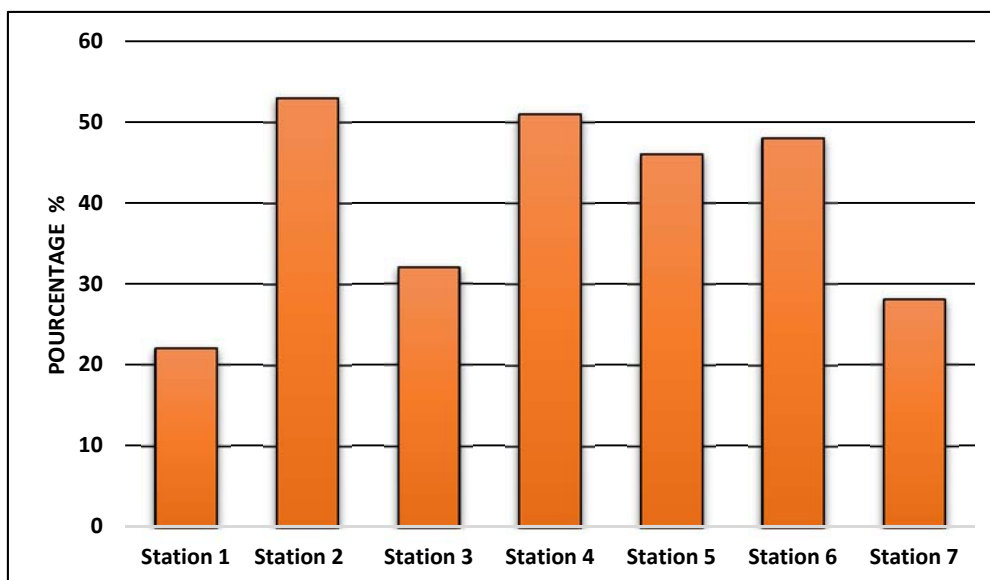


Figure 35 : Taux de recouvrement global des 7 stations

Les valeurs moyennes des taux de recouvrement global mesurées pour chaque station sont illustrées sur la figure 35. Les taux de recouvrement global enregistrés dans les sept stations sont compris entre 22 et 53 %. Le recouvrement global selon Daget et Godron (1995), peut être estimé d'une manière subjective selon les états et les classes suivantes :

- fermée : recouvrement global supérieur à 90 % ;
- peu ouverte : recouvrements compris entre 75 et 90 % ;
- semi-ouverte : recouvrements compris entre 50 et 75 % ;
- ouverte : recouvrements compris entre 25 et 50 % ;
- très ouverte : recouvrements compris entre 10 et 25 % ;
- extrêmement ouverte : recouvrements compris entre 0 et 10 %.

L'analyse des données de recouvrement des sept stations fait ressortir trois classes de recouvrement :

- la première classe formée par les stations 2 et 4, avec un recouvrement dépassant les 50 % désignant un couvert semi-ouvert au sens de Daget et Godron (1995). En effet, le recouvrement global augmente par l'atténuation du pâturage tel qu'il a été observé dans ces deux stations dont les taux sont 53 % pour la station 2, et 51 % pour la station 4. Ces deux stations sont moins exposées au pâturage, la faible pression exercée sur ces stations a permis le développement du couvert végétal et par conséquent le taux de recouvrement, cependant le développement de la végétation reste conditionné par d'autres facteurs parmi lesquels la pluviométrie et le type de sol. D'après Le Houerou (1995), la remontée biologique est l'ensemble des processus inverses de ceux de la steppisation et de la désertisation. La remontée biologique se caractérise par l'augmentation du taux de recouvrement permanent de la biomasse pérenne, du taux de matière organique dans le sol, de la stabilité structurale, de la perméabilité et du bilan en eau, de l'activité biologique et de la productivité primaire, tandis que la variabilité de la production annuelle diminue.

- la deuxième classe formée par les stations 3, 5 et 6, avec un taux de recouvrement moins important entre 32 et 48 %, désignant un couvert végétal ouvert, la réduction du couvert végétal dans ces stations est imputée à la surexploitation de ces stations et au sol sableux pauvre en éléments nutritifs et se desséchant rapidement par drainage et évaporation,
- la troisième classe formée par les stations 1 et 7, avec un taux de recouvrement de 22 % pour la station 1 et 28 % pour la station 2. Ces deux stations sont exposées à un pâturage important par rapport aux autres stations. En effet, plus le taux de recouvrement est faible, plus la végétation sera sujette aux méfaits de la pression anthropozoïque (piétinement par les troupeaux, broutage, éradication, défrichage, etc.) et être, par conséquent, exposée aux différents processus de l'érosion hydro-éolienne (plantes déchaussées : mise à nu de leurs racines...) puisqu'elle ne peut pas assurer son "autoprotection", ce qui diminue dans un premier temps sa capacité à se protéger et aussi sa capacité de se régénérer.

6- Phytomasse

Les steppes à armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours utilisés pendant toute l'année et en particulier en mauvaises saisons, en été et en hiver où elle constitue des réserves importantes. Selon Nedjraoui (2004), la production primaire varie de 500 à 4 500 kg MS/ha avec une production annuelle totale de 1 000 kg MS/ha.

La mesure de la phytomasse a concerné la partie aérienne de la végétation (phytomasse épigée) selon la méthode directe (la coupe des parties aériennes des plantes herbacées pérennes et annuelles présentes dans une placette de 1 m²). Les récoltes ont été pesées et ramenées au laboratoire pour être séchées dans une étuve à une température de 105°C pendant 24 heures afin d'en déterminer le taux de matière sèche.

Le tableau 25 résume les résultats de calcul de la phytomasse en matière sèche du couvert végétal herbacé. La production des herbacées en matière sèche est caractérisée par une nette augmentation dans les stations 2 et 4, (2 340 et 2 550 kg MS/ha) par rapport aux autres stations. Cette augmentation trouve son origine essentiellement dans la présence de touffes d'armoise blanche plus volumineuses et bien développées à l'intérieur de ces stations et dont leurs contributions dans le tapis végétal dépassent parfois les 70 %, cela reflète l'impact de l'atténuation du pâturage et l'effet positif de la protection sur la production de la biomasse. Cependant, la faible phytomasse est enregistrée au niveau des stations 1 et 7 (540 et 630 kg MS/ha), dans ces deux stations exposées à un pâturage important par rapport aux autres stations, les touffes d'armoise blanche sont moins volumineuses et moins développées. Dans les restes des stations, la production et moyenne, varie de 1 250 kg MS/ha pour la station 3, 1 320 kg MS/ha pour la station 6 et 1 510 kg MS/ha pour la station 5.

Tableau 25 : Production de la matière sèche dans les sept stations

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7
Phytomasse (MS kg/Ha)	540	2340	1250	2250	1510	1320	630

7- Diversité spécifique

Pour décrire et comparer la diversité spécifique des stations étudiées, nous avons utilisé l'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité. Les valeurs de ces deux indices sont affichées dans le tableau 26.

Tableau 26 : Valeurs des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité des sept stations

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7
Indice de Shannon (bits/individu)	3,5181	1,7883	1,9350	3,8806	2,7288	2,9090	4,2157
Indice d'équitabilité	0,6753	0,4362	0,4339	0,6912	0,5093	0,5818	0,7921

L'indice de Shannon-Weaver associé à l'indice d'équitabilité, est réalisé sur la liste globale des espèces dans chaque station. Il permet d'avoir aisément une meilleure idée sur l'état de la diversité biologique d'un écosystème.

Selon Hounnankpon *et al.* (2012) « la diversité est faible lorsque l'indice de diversité est inférieur à 3bits/invidu, moyenne si cet indice est compris entre 3 et 4 bits/individu puis élevée quand cet indice est supérieur ou égal à 4 bits/individu ».

Les valeurs de l'indice de Shannon distinguent trois groupes. Le premier groupe le plus diversifié, formé de la station 7, avec une valeur de 4,21. Le deuxième groupe rassemble les stations 1 et 4 qui présentent une diversité moyenne avec des valeurs de 3,51 et 3,88. Le troisième groupe regroupe les stations 2, 3, 5 et 6, ce sont les stations les moins diversifier avec des valeurs variant de 1,78 à 2,90. La faible diversité dans ces stations en particulier dans la station 2 (station bien venante avec un taux de recouvrement qui dépasse les 50 %) peut être expliquée par la grande abondance d'une espèce (*Artemisia herba alba*) par rapport aux autres espèces. Il a été démontré que toute augmentation de perturbation est à l'origine des changements de la composition et de la structure de la végétation (Metzger *et al.*, 2005). Les activités anthropozoïques sont les premiers responsables du bouleversement de l'équilibre écologique. Elles permettent, entre autres, le développement d'espèces végétales peu ou pas appréciées par les animaux et une régression des espèces les plus recherchées.

En analysant les résultats, on remarque que les stations les plus anthropisées sont celles qui présentent les valeurs de diversité les plus élevées à l'exception de la station 4. En effet, plusieurs auteurs (Jauffret, 2001 ; Kadi-Hanifi, 2004 ; Tarhouni *et al.*, 2006 ; ROSELT/OSS, 2008) s'accordent sur le fait que la diversité floristique est fortement influencée par le degré de perturbation. Ceci est en accord avec nos résultats qui montrent que la diversité des stations augmente avec la perturbation et diminue sous l'effet de la protection s'ajoutant à cela l'effet allélopathique de l'espèce dominante (*Artemisia herba alba*) (Dob et Benabdelkader, 2006 ; Modallal et Al-Charchafchi, 2006 ; Arroyo *et al.*, 2016), et la grande abondance des touffes dans les stations les moins anthropisées (cas de la station 2, qui est une station bien venante avec un taux de recouvrement qui dépasse les 50 %, mais avec une diversité très faible par rapport aux autres stations).

8- Etude pédologique

Les valeurs moyennes relatives aux différents paramètres physico-chimiques caractéristiques de l'horizon superficiel du sol correspondant aux sept stations retenues sont regroupées dans le tableau 27.

Tableau 27 : Résultats des analyses physico-chimiques du sol

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7
Ep (cm)	9	11	12	16	10	13	28
S (%)	69,8	57,42	71,65	70,05	59,15	47	39,4
L (%)	19,7	38,7	23,8	25,9	24,6	52	49,6
A (%)	10,5	3,88	4,55	4,05	16,25	1	11
Tex	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LI
MO (%)	2,19	2,65	1,85	2,58	2,07	2,32	2,82
H (%)	3,15	3,18	1,99	4,22	1,6	2,87	3,16
CE (%)	373	162,3	248	189,7	139	220	393,7
Ph	8,35	8,51	8,42	8,33	8,38	8,44	8,19
CaT (%)	9,11	10	3,6	8,45	7,20	12,1	15,6

Ep : épaisseur ; **S** : sable ; **L** : limon ; **A** : argile ; **Tex** : texture ; **MO** : matière organique ; **H** : humidité ; **CE** : conductivité électrique ; **CaT** : calcaire total ; **LI** : limoneuse ; **LS** limono-sableuse.

Notre étude a concerné l'horizon de surface des stations étudiées. Les propriétés de cet horizon sont souvent liées aux perturbations humaines, agricoles ou pastorales (Devineau, 2001). Selon Pouget (1980), les caractéristiques morphologiques et analytiques de l'horizon de surface sont essentielles pour la composition floristique.

Sous un climat aride, en particulier, la texture est le caractère physique le plus important vis-à-vis du comportement hydrique du sol. La composition élémentaire de l'horizon de surface joue en région méditerranéenne un rôle fondamental au niveau de la végétation (Latreche, 2004). L'analyse granulométrique des échantillons de sol de nos stations montre une prédominance de la fraction sableuse dans la plupart des stations (tab. 27), avec des pourcentages qui varient entre 39,4 % et 71,65 %. Les plus faibles teneurs en sables sont enregistrées dans la station 6 (47 %) et la station 7 (39,4 %). Les teneurs en limons varient entre 19,7 % (station 1) et 52 % (station 5), les teneurs les plus élevées sont enregistrées dans les stations 6 et 7 où cette teneur varie entre 52 % et 49,6 % respectivement. Les teneurs en argile sont comprises entre 1 % et 16,25 %, le pourcentage le plus faible caractérise la station 6 avec un taux qui ne dépasse pas 1 %. En rapportant ces résultats sur le triangle des textures, il ressort que la plupart des stations renferment des sols de texture limono-sableuse, à l'exception de la station 7 qui présente une texture limoneuse. Ces résultats convergent avec les résultats des travaux de plusieurs auteurs (Benabadi *et al.*, 1996 ; Saidi, 2012 ; Henni et Mehdadi, 2012). En effet, les steppes d'armoïse blanche préfèrent plutôt les formations meubles, à texture moyenne à fine, avec une surface colmatée qui réduit considérablement l'infiltration et augmente le ruissellement (Le Houerou, 1995).

Selon Latreche (2004), la matière organique présente dans l'horizon de surface est souvent d'un taux réduit provenant des plantes du tapis steppique, notamment des systèmes racinaires. Parmi les caractéristiques principales des sols steppiques de notre région d'étude est la présence de la matière organique en faibles concentrations, avec des pourcentages se situant entre 1,85 % et 2,82 % dans les sept stations. Selon Bernoux (2008), la température et la texture du sol jouent un rôle prépondérant dans la biodégradation de la matière organique. La faible couverture végétale des formations steppiques est responsable de la pauvreté des sols steppiques en matière organique. Ainsi, la porosité importante dans les sols sableux favorise l'aération et le drainage du sol et conduit à une biodégradation plus importante des matières organiques dans ces sols que dans ceux à texture plus fine (Benabadji et Bouazza, 2002).

Les sols de la zone d'étude sont généralement très peu profonds, la profondeur n'excède guère 28 cm enregistrée au niveau de la station 7, déterminant ainsi des sols superficiels. Cette épaisseur varie entre 9 et 16 cm dans les autres stations. D'une façon générale, les sols steppiques sont des sols peu profonds et pauvres en matières organiques, caractérisés par une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation (Bencherif, 2011).

L'humidité du sol joue un rôle important dans la croissance de la végétation, elle conditionne également la mise en place du peuplement végétal (germination des semences, émergence, implantation du système racinaire, etc.). L'humidité du sol est très faible dans l'ensemble des échantillons analysés. Elle varie entre 1,6 % (station 5) et 4,22 % (station 4).

La salinité du sol a une certaine influence sur le développement de la végétation : « la présence de quantités importantes de sels dans la solution du sol abaisse le potentiel hydrique et réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu physiologiquement sec (Tremblin, 2000). Mesurées sur l'extrait aqueux au 1/5 de pâte saturée, les valeurs de la salinité sont moyennes. Les valeurs maximales se rencontrent au niveau des stations 1 et 7. Pour cette dernière, le taux de salinité élevée par rapport à l'ensemble des stations, est justifié par la présence de cette station à proximité du sebkha (Chott Echergui), expliquant l'installation dans cette station de certaines espèces halophiles comme : *Atriplex glauca* ; *Atriplex halimus* ; *Suaeda fruticosa* ; etc. Nous remarquons aussi que la salinité est toujours minimale là où se développe la végétation qui présente les plus forts recouvrements. C'est le cas des stations 2 et 4.

Le calcaire revêt une grande importance dans les différentes caractérisations pédologiques. C'est un caractère déterminant dans les différentes classifications internationales (Latreche, 2004). Il est aussi un critère de choix dans la cartographie des sols (Aubert, 1978). Les taux du calcaire total sont généralement moyens variant entre 7,20 % et 15,60 % avec un minimum de 3,60 % enregistré dans la station 3. Cela permet de considérer ces sols comme faiblement à moyennement calcaires.

Le pH du sol peut être lié à la quantité du calcaire présente dans le sol (Sari Ali, 2004), les grandes concentrations du carbonate de calcium impriment le pH des sols de la zone. Le pH est alcalin, pour l'ensemble des stations, il oscille entre 8.19 et 8.51.

D'une façon générale, nous pouvons dire que les sols de la région d'étude sont des sols superficiels, de texture limono-sableuse et pauvre en matière organique.

9- Distribution spatiale

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 de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) et la classification hiérarchique ascendante (CHA).

La mise en évidence de la distribution spatiale des stations étudiées et leur couvert végétal herbacé a été possible en utilisant une AFC appliquée sur une matrice de 63 relevés floristiques (colonnes) et 77 espèces (lignes) recensées dans les sept stations étudiées (fig. 37, 38), avec un indice absence (0) présence (1) à l'intersection ligne-colonne. Dans cette analyse, il a été retenu les deux premiers axes qui résument l'essentiel de l'information (F1 : 11,36 % et F2 : 8,09 %).

Cette AFC a été suivie par une CAH qui a permis l'individualisation et la hiérarchisation de quatre groupes (fig. 36). Les groupes issus de cette CAH se présentent ainsi :

premier groupe : formé par trois stations, la station 1 située dans la commune de Moulay Larbi, caractérisée par un recouvrement faible et une richesse floristique importante (37 espèces), les stations 5 et 6 sont situées dans la commune Maamora et se caractérisent par un recouvrement moyen et une richesse floristique importante (41 et 33 espèces).

deuxième groupe : formé par les stations 2 et 3, ces deux stations se situent dans la commune de Sidi Ahmed et se caractérisent par une richesse floristique pauvre par rapport aux autres stations échantillonnées (17 et 22 espèces), alors qu'elles se différencient de point de vue recouvrement (la station 2 présente un recouvrement important et la station 3 présente un faible recouvrement).

troisième groupe : formé par la station 7 qui se trouve dans la commune de Ain Skhouana, caractérisée par un taux de recouvrement faible et une richesse floristique importante (40 espèces).

quatrième groupe : formé par la station 4, qui se situe dans la commune de Maamora, caractérisée par un recouvrement important et une richesse floristique importante (49 espèces).

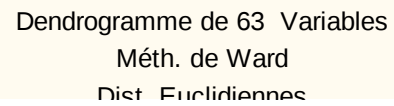


Figure 36 : CAH des relevés floristiques des 7 stations.

9-1 Signification écologique des axes

La signification écologique de chaque axe correspond au facteur agissant sur la répartition de la végétation. Pour sa détermination, le recours aux relevés et aux espèces à forte contribution relative ainsi que leur autoécologie permettent de cibler l'axe le plus déterminant comme le soulignent Le Houerou (1959) ; Le Houerou (1995) ; Aidoud (1993) ; Aidoud-Lounis (1997) ; Aidoud *et al.* (1997).

La signification des axes n'est pas toujours évidente, d'autant que d'après certains auteurs (Greig-Smith, 1983 ; Lagarde, 1983) elle correspond, parfois, à un effet global résultant d'une combinaison de plusieurs facteurs. Il est cependant possible d'analyser, à la lumière de ces données et selon les espèces, les deux premiers axes factoriels.

a- Signification écologique de l'axe 1

Avec une valeur propre de 0.37 % et un taux d'inertie de 11.36 %, dans la partie positive de l'axe 1 se positionnent les relevés des stations 2 et 3 définissant le groupe 2. Ces relevés correspondent à des stations qui se situent dans la même commune (commune de sidi Ahmed), bien qu'il y ait une nette différence en matière de recouvrement entre ces deux stations, elles présentent une richesse floristique la plus faible enregistrée parmi les sept stations échantillonnées (17 et 22 espèces). Au centre de cet axe se trouvent le premier groupe composé par les relevés des stations 1, 5 et 6, qui présentent des recouvrements entre faibles (station 1) et moyens (station 5 et 6), tandis que la richesse floristique est comparable pour ces trois stations (entre 33 et 41 espèces).

Dans la partie négative de cet axe, se trouvent les relevés appartenant à la station 4 définissant le groupe 3 et les relevés de la station 7 définissant le groupe 4. La station 4 est caractérisée par un recouvrement important et une richesse floristique importante, tandis que la station 7 est caractérisée par un taux de recouvrement faible et une richesse floristique importante.

Les espèces définissant la partie positive de l'axe 1 sont des espèces qui sont présentes dans la plupart des relevés, comme *Artemisia herba-alba*, *Schismus barbatus*, *Iris sisyrinchium*, *Noaea mucronata*, *Hordeum murinum*, *Bromus rubens*, *Malva aegyptiaca*, *Salvia verbenaca*, *Medicago minima*, *Echium pycnanthum ssp humile*, *Helianthemum virgatum*, etc. La partie négative est définie par un lot d'espèces qui sont moins présentes dans les relevés à l'instar de l'*Helianthemum hirtum*, *Suaeda fruticosa*, *Atriplex glauca*, *Atriplex halimus*, *Agropyron repens*, *Atractylis carduus*, *Onopordon arenarium*, *Nonnea micrantha*, *Senecio gallicus*, *Silybum marianum*, etc. L'axe 1 sépare donc l'ensemble des stations qui présentent une flore homogène à celles qui présentent une flore plus ou moins hétérogène. L'axe 1 exprime donc dans ce cas un gradient d'homogénéisation.

b- Signification écologique de l'axe 2

Sa valeur propre est de 0,26 % et son taux d'inertie est de 8,09 % ; avec le même raisonnement que celui adopté pour l'axe 1. Dans la partie positive de l'axe 2, se situent les relevés des stations 2 et 3 définissant le groupe 2 et les relevés de la station 7 définissant le groupe 4. Cette partie regroupe une végétation peu palatable et qui semble être liée aux sols médiocres, car elle est peu exigeante en eau et élément nutritifs (Benabadji et Bouazza, 2002 ; Kadi-Hanif, 2003). Dans la partie négative de cet axe, sont localisées les relevés des stations 1, 5 et 6 formant le groupe 1 et les relevés de la station 4 formant le groupe 3. La végétation de cette partie présente une bonne appétibilité et indique des conditions édaphiques plus favorables.

Les espèces à forte contribution qui se cantonnent dans la partie positive de cet axe sont des halophytes, comme *Salsola vermiculata*, *Suaeda fruticosa*, *Atriplex glauca*, *Atriplex halimus* ainsi que des espèces de dégradation comme *Peganum harmala*, *Noaea mucronata*, *Atractylis serratuloides*, etc. Les espèces à forte contribution dans la partie négative de l'axe 2 sont pour la plupart des espèces palatables et moins halophiles, caractérisent généralement les meilleurs parcours comme *Agropyron repens*, *Helianthemum apertum*, *Plantago albicans*, etc. En définitive, la combinaison de ces critères, permet de considérer l'axe 2 comme représentatif d'un gradient de dégradation édaphique notamment la texture et la salinité du sol qui augmente au voisinage du chott ech chergui (station 7).

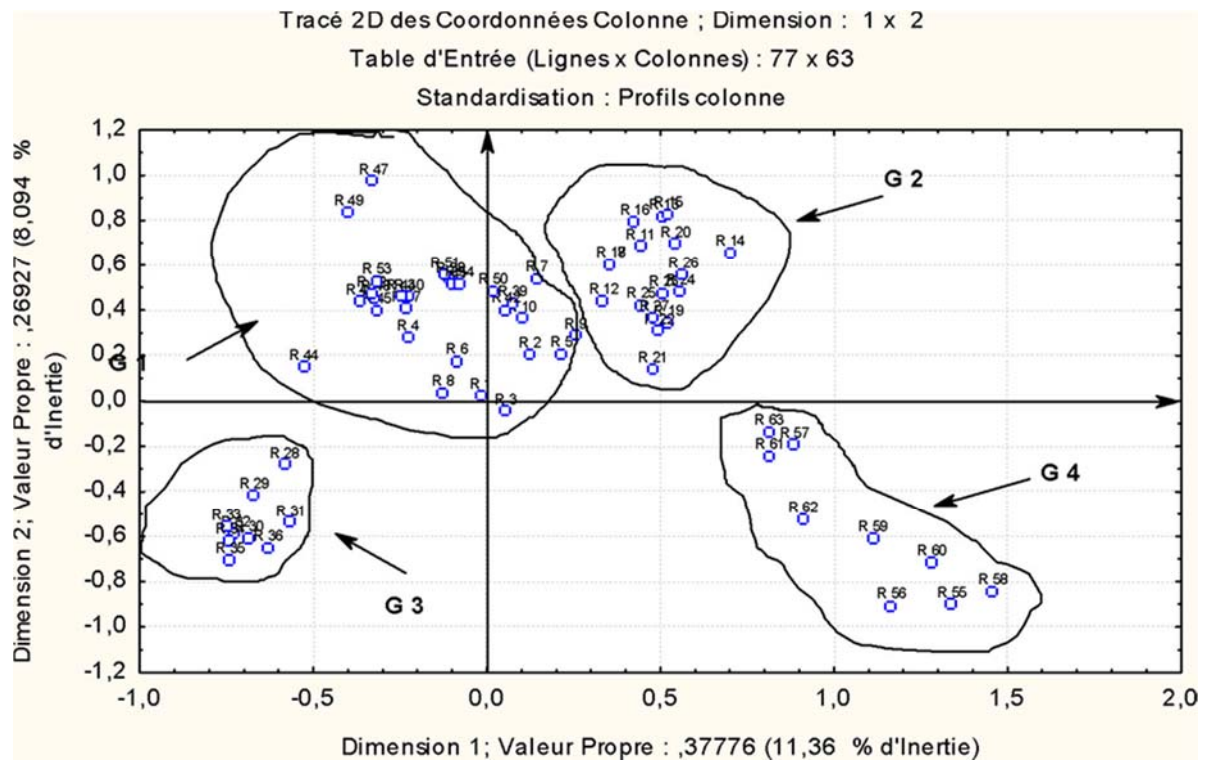


Figure 37 : AFC de la répartition des relevés floristiques des 7 stations

Légende

Groupes	Code	Signification	Groupes	Code	Signification
G1	R1	1 ^{ère} station, 1 ^{er} relevé	G2	R7	1 ^{ère} station, 7 ^{ème} relevé
	R2	1 ^{ère} station, 2 ^{ème} relevé		R10	2 ^{ème} station, 1 ^{er} relevé
	R3	1 ^{ère} station, 3 ^{ème} relevé		R11	2 ^{ème} station, 2 ^{ème} relevé
	R4	1 ^{ère} station, 4 ^{ème} relevé		R12	2 ^{ème} station, 3 ^{ème} relevé
	R5	1 ^{ère} station, 5 ^{ème} relevé		R13	2 ^{ème} station, 4 ^{ème} relevé
	R6	1 ^{ère} station, 6 ^{ème} relevé		R14	2 ^{ème} station, 5 ^{ème} relevé
	R8	1 ^{ère} station, 8 ^{ème} relevé		R15	2 ^{ème} station, 6 ^{ème} relevé
	R9	1 ^{ère} station, 9 ^{ème} relevé		R16	2 ^{ème} station, 7 ^{ème} relevé
	R37	5 ^{ème} station, 1 ^{er} relevé		R17	2 ^{ème} station, 8 ^{ème} relevé
	R38	5 ^{ème} station, 2 ^{ème} relevé		R18	2 ^{ème} station, 9 ^{ème} relevé
	R39	5 ^{ème} station, 3 ^{ème} relevé		R19	3 ^{ème} station, 1 ^{er} relevé
	R40	5 ^{ème} station, 4 ^{ème} relevé		R20	3 ^{ème} station, 2 ^{ème} relevé
	R41	5 ^{ème} station, 5 ^{ème} relevé		R21	3 ^{ème} station, 3 ^{ème} relevé
	R42	5 ^{ème} station, 6 ^{ème} relevé		R22	3 ^{ème} station, 4 ^{ème} relevé
	R43	5 ^{ème} station, 7 ^{ème} relevé		R23	3 ^{ème} station, 5 ^{ème} relevé
	R44	5 ^{ème} station, 8 ^{ème} relevé		R24	3 ^{ème} station, 6 ^{ème} relevé
	R45	5 ^{ème} station, 9 ^{ème} relevé		R25	3 ^{ème} station, 7 ^{ème} relevé
	R46	6 ^{ème} station, 1 ^{er} relevé		R26	3 ^{ème} station, 8 ^{ème} relevé
	R47	6 ^{ème} station, 2 ^{ème} relevé		R27	3 ^{ème} station, 9 ^{ème} relevé
	R48	6 ^{ème} station, 3 ^{ème} relevé	G4	R55	7 ^{ème} station, 1 ^{er} relevé
	R49	6 ^{ème} station, 4 ^{ème} relevé		R56	7 ^{ème} station, 2 ^{ème} relevé
	R50	6 ^{ème} station, 5 ^{ème} relevé		R57	7 ^{ème} station, 3 ^{ème} relevé
	R51	6 ^{ème} station, 6 ^{ème} relevé		R58	7 ^{ème} station, 4 ^{ème} relevé
	R52	6 ^{ème} station, 7 ^{ème} relevé		R59	7 ^{ème} station, 5 ^{ème} relevé
	R53	6 ^{ème} station, 8 ^{ème} relevé		R60	7 ^{ème} station, 6 ^{ème} relevé
	R54	6 ^{ème} station, 9 ^{ème} relevé		R61	7 ^{ème} station, 7 ^{ème} relevé
	R28	4 ^{ème} station, 1 ^{er} relevé		R62	7 ^{ème} station, 8 ^{ème} relevé
	R29	4 ^{ème} station, 2 ^{ème} relevé		R63	7 ^{ème} station, 9 ^{ème} relevé
G3	R30	4 ^{ème} station, 3 ^{ème} relevé			
	R31	4 ^{ème} station, 4 ^{ème} relevé			
	R32	4 ^{ème} station, 5 ^{ème} relevé			
	R33	4 ^{ème} station, 6 ^{ème} relevé			
	R34	4 ^{ème} station, 7 ^{ème} relevé			
	R35	4 ^{ème} station, 8 ^{ème} relevé			
	R36	4 ^{ème} station, 9 ^{ème} relevé			

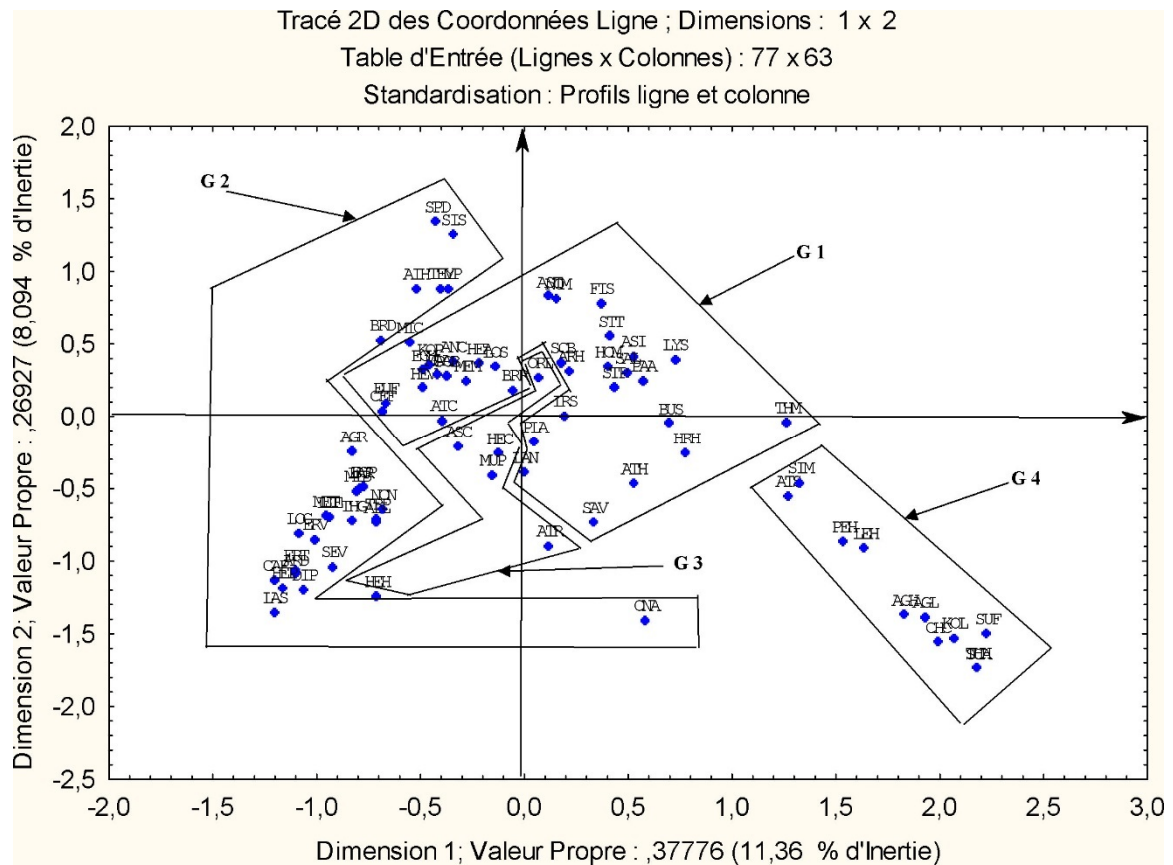


Figure 38 : AFC de la répartition des espèces végétales des 7 stations

Légende

Groupe	Code	Signification	Groupe	Code	Signification
G1	ARH	<i>Artemisia herba alba</i>	G2	AGR	<i>Agropyron repens</i>
	SCB	<i>Schismus barbatus</i>		CAP	<i>Carduncellus pinnatus</i>
	BRR	<i>Bromus rubens</i>		LOC	<i>Lotus creticus</i>
	HOM	<i>Hordeum murinum</i>		NON	<i>Nonnea micrantha</i>
	ANC	<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>		HEP	<i>Helianthemum pilosum</i>
	MEM	<i>Medicago minima</i>		ONA	<i>Onopordon arenarium</i>
	ATC	<i>Atractylis cancellata</i>		AIH	<i>Aizoon hispanicum</i>
	EUF	<i>Euphorbia falcata</i>		AST	<i>Asphodelus tenuifolius</i>
	ECH	<i>Echium pycnanthum ssp humile</i>		EVP	<i>Evax pygmaea</i>
	HEA	<i>Helianthemum apertum</i>		LOS	<i>Lomelosia stellata</i>
	HEV	<i>Helianthemum virgatum</i>		SIM	<i>Silybum marianum</i>
	MIC	<i>Minuartia campestris</i>		STT	<i>Stipa tenacissima</i>
	KOP	<i>Koeleria pubescens</i>		THY	<i>Thymus munbyanus</i>
	MAA	<i>Malva aegyptiaca</i>		BRD	<i>Brachypodium Distachyum</i>
	CEF	<i>Ceratocephalus falcatus</i>		SPD	<i>Spergularia diandra</i>
	POB	<i>Poa bulbosa</i>		BUS	<i>Bupleurum Semicompositum</i>
	FIS	<i>Filago spathulata</i>		SIS	<i>Silene setacea</i>
	IRS	<i>Iris sisyrinchium</i>		DIP	<i>Diploaxis Pitardiana</i>
	ASI	<i>Astragalus incanus</i>		LAS	<i>Lappula spinocarpus</i>
	HRH	<i>Herniaria hirsuta</i>		SEV	<i>Senecio gallicus</i>
	THM	<i>Thymeleae microphylla</i>		TRP	<i>Trigonella polycerata</i>
	STP	<i>Stipa parviflora</i>		AGH	<i>Atriplex halimus</i>
	LYS	<i>Lygeum spartum</i>		SCA	<i>Scabiosa arenaria</i>
	NOM	<i>Noaea mucronata</i>		THH	<i>Thesium humile</i>
	ATH	<i>Atractylis humilis ssp Caespitosa</i>	G4	ATS	<i>Atractylis serratuloides</i>
	PLA	<i>Plantago albicans</i>		LEH	<i>Leontodon hispidulus</i>
	HEC	<i>Hedypnois cretica</i>		PEH	<i>Peganum harmala</i>
	LAN	<i>Launea nudicaulis</i>		AGL	<i>Atriplex glauca</i>
	SAV	<i>Salsola vermiculata</i>		KOL	<i>Koelpinia linearis</i>
	ALL	<i>Alyssum linifolium</i>		CHC	<i>Chrysanthemum coronarium</i>
	ERT	<i>Erodium triangulare</i>		SUF	<i>Suaeda fruticosa</i>

	ERV	<i>Eruca vesicaria</i>	PAA	<i>Paronychia arabica</i>
	LIE	<i>Limonium echiodides</i>		SAL
	LAR	<i>Lappula Redowskii</i>		
	ARD	<i>Arnebia decumbens</i>		
	THG	<i>Thapsia garganica</i>		
	ECP	<i>Echium pycnanthum ssp eu-</i>		
	MIB	<i>Micropus bombycinus</i>		
	ASC	<i>Astragalus cruciatus</i>		
	MUP	<i>Muricaria prostrata</i>		
	ATR	<i>Atractylis carduus</i>		
	ORL	<i>Orobanche levis</i>		
	HEH	<i>Helianthemum hirtum</i>		
	MET	<i>Medicago truncatula</i>		

10- Conclusion

Cette étude nous a permis l'élaboration d'un catalogue floristique des formations d'armoise blanche de la zone steppique de la wilaya de Saida, la mise en évidence de toute la richesse et diversité floristique et d'étudier le spectre biologique de la flore des formations d'armoise blanche à travers cette zone. La combinaison de l'AFC et de la CAH montre l'existence de quatre groupes de stations qui s'individualisent sous l'effet d'un gradient d'homogénéisation due en premier lieu à la pression anthropique exprimé par l'axe F1. L'autre facteur primordial dans cette répartition est la qualité des sols exprimés par l'axe F2 et qui affecte la qualité des espèces composant le couvert végétal. Les analyses physico-chimiques montrent que les sols de la région d'étude sont des sols superficiels, de texture limono-sableuse et pauvre en matière organique.

Chapitre 2

*" Évolution spatiotemporelle des
caractéristiques floristiques des formations
d'Armoise blanche "*

1- Introduction

Au cours de ce chapitre, nous allons exposer les résultats du suivi spatio-temporel des caractéristiques floristiques des sept stations réparties sur les formations d'armoise blanche de la zone d'étude. L'étude entreprise durant les trois années (2013, 2014 et 2015) tend à déceler les variations interannuelles des paramètres floristiques essentiels à savoir : le recouvrement, la composition systématique, les types biologiques et la diversité spécifique. L'étude temporelle a concerné donc les paramètres floristiques seulement ; pour l'étude pédologique, nous nous sommes contentés par les résultats d'analyses d'une seule année, cela est dû en premier lieu, au manque de moyens en particulier les réactifs chimiques pour réaliser ces analyses chaque année ; deuxièmement les études réalisées antérieurement sur les sols de la région (Henni et Mehdadi, 2012) ont montré que les variations étaient peu perceptibles au cours d'une petite échelle de temps.

2- Inventaire floristique

Les variations temporelles du cortège floristique des différentes stations ont été mises en évidence par la comparaison interannuelle sur trois années de suivi. La liste et les indices d'abondance-dominance et de sociabilité moyens des espèces recensées sont portés sur le tableau 28. 87 espèces ont été répertoriées au sein des 187 relevés effectués durant les trois années d'étude sur les formations d'armoise blanche de la zone steppique de la wilaya de Saida (27 relevés par station). Le nombre total d'espèces recensées chaque année dans l'ensemble de la zone d'étude est comparable durant les trois années d'étude, 77 espèces recensées durant la première année d'étude, ce nombre a augmenté très légèrement pour atteindre 78 espèces durant la deuxième année, ensuite diminue à 72 espèces dans la dernière année.

Tableau 28 : Indices abondance-dominance et sociabilité moyens des espèces recensées dans les sept stations.

	Année 2013							Année 2014							Année 2015						
	Stat 1	Stat 2	Stat 3	Stat 4	Stat 5	Stat 6	Stat 7	Stat 1	Stat 2	Stat 3	Stat 4	Stat 5	Stat 6	Stat 7	Stat 1	Stat 2	Stat 3	Stat 4	Stat 5	Stat 6	Stat 7
<i>Artemisia herba alba</i>	2.1	4.1	3.1	4.1	3.1	2.1	2.1	2.1	3.1	3.1	4.1	3.1	3.1	2.1	2.1	4.1	2.1	4.1	3.1	3.1	2.1
<i>Adonis dentata</i>	-	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	+1	--	--	--	+1	--	--
<i>Agropyron repens</i>	--	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	+1	--	--
<i>Aizoon hispanicum</i>	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	+1	--	--	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1
<i>Alyssum linifolium</i>	--	--	+1	+1	--	--	--	+1	--	+1	+1	+1	--	+1	+1	--	+1	--	--	--	+1
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	+1	--	--	+1	+1	--	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	--
<i>Arnebia decumbens</i>	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Astragalus cruciatus</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	+1	+1	--	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Astragalus incanus</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Atractylis aristata</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Atractylis cancellata</i>	--	--	--	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	--	+1	+1	--	--	--	+1	--	+1	+1
<i>Atractylis carduus</i>	--	--	--	--	+1	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--
<i>Atractylis humilis ssp Caespitosa</i>	+1	--	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	--	+1
<i>Atractylis serratuloides</i>	+1	--	+1	--	--	+1	+1	--	--	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--
<i>Atriplex glauca</i>	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Atriplex halimus</i>	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Brachypodium Distachyum</i>	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Bromus rubens</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Bupleurum Semicompositum</i>	--	--	--	--	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Carduncellus pinnatus</i>	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--	--	+1	--	--	--
<i>centaurea sp</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Ceratocephalus falcatus</i>	+1	--	--	+1	+1	+1	--	+1	--	--	--	+1	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	+1
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	+1	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--
<i>Daucus sahariensis</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Diplotaxis Pitardiana</i>	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	+1	--	+1	+1	--	--	--	--	--
<i>Echium pycnanthum ssp eupycnanthum</i>	+1	--	--	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Echium pycnanthum ssp humile</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	--	--	--	+1	--	--	+1	+1	--	--
<i>Erodium triangulare</i>	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	+1	--	+1	+1	+1	--	--	--	+1	+1
<i>Eruca vesicaria</i>	--	--	--	+1	--	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	+1

<i>Euphorbia falcata</i>	--	--	--	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Evax pygmaea</i>	--	--	--	--	+1	--	--	+1	--	--	+1	+1	--	--	--	+1	+1	+1	--	+1	--
<i>Filago spathulata</i>	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Gagea sp</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Hedypnois cretica</i>	+1	--	--	+1	+1	--	+1	+1	+1	--	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Helianthemum apertum</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	+1	+1	+1	+1
<i>Helianthemum hirtum</i>	--	--	--	+1	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--
<i>Helianthemum pilosum</i>	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	+1	--	--	+1	--	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Helianthemum virgatum</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	--	+1	--	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Herniaria hirsuta</i>	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Hordeum murinum</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Iris sisyrinchium</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	--	+1	--	+1	--
<i>Koelpinia linearis</i>	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1
<i>Koeleria pubescens</i>	+1	--	--	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Lappula spinocarpus</i>	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Lappula Redowskii</i>	+1	--	--	+1	--	+1	--	+1	--	+1	+1	--	+1	--	+1	--	+1	+1	--	+1	+1
<i>Launea nudicaulis</i>	+1	--	--	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Leontodon hispidulus</i>	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	+1	--	--	+1	+1	--	--	+1	--	--	--
<i>Limonium echiodides</i>	+1	--	--	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	--
<i>lithospermum apulum</i>	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	--	--	+1
<i>Lomelosia stellata</i>	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	+1	+1	--	--	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Lotus creticus</i>	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	+1	--	--	--	--	+1	--	+1	--
<i>Lygeum spartum</i>	1.1	+1	+1	--	+1	--	1.1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	+1	--	+1	--	--	--	+1
<i>Malva aegyptiaca</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	--	+1	--	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Marrubium deserti</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	+1	--	+1	--	--	--	+1	--	--
<i>Medicago minima</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--
<i>Medicago truncatula</i>	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--	--	+1	+1	--	+1	--	--	+1	+1	+1	--	--
<i>Micropus bombycinus</i>	+1	+1	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Minuartia campestris</i>	--	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Muricaria prostrata</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	--	--	+1	+1	+1	--	+1	--	--	+1
<i>Noaea mucronata</i>	1.1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--
<i>Nonnea micrantha</i>	+1	--	--	+1	--	--	--	+1	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	--	--
<i>Onopordon arenarium</i>	--	--	--	+1	--	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	+1	+1	--	+1	--	--	--	--
<i>Orobanche levis</i>	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	--	+1	--	--	--
<i>Papaver hybridum</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Paronychia arabica</i>	--	+1	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Peganum harmala</i>	+1	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	+1	+1	+1	--	+1
<i>Plantago albicans</i>	+1	--	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	--	+1	+1	--	+1	+1	+1	--

<i>Poa bulbosa</i>	+1	--	+1	+1	--	+1	--	+1	--	+1	+1	--	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	--
<i>Reseda alba</i>	--	--	--	--	--	--	--	+1	+1	+1	--	+1	+1	--	--	+1	--	--	--	--	--
<i>Salsola vermiculata</i>	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Salvia verbenaca</i>	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	--	+1
<i>Scabiosa arenaria</i>	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Schismus barbatus</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Senecio gallicus</i>	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	+1
<i>Silene setacea</i>	--	--	--	--	+1	+1	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	+1	+1	+1
<i>Silybum marianum</i>	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Spergularia diandra</i>	--	--	--	--	--	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	+1	--	+1	+1
<i>Stipa parviflora</i>	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	--
<i>Stipa tenacissima</i>	1.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
<i>Suaeda fruticosa</i>	--	--	--	--	--	--	1.1	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--
<i>Thapsia garganica</i>	+1	+1	--	+1	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--
<i>Thesium humile</i>	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	+1	+1	--	--	+1	--	--
<i>Thymeleae microphylla</i>	--	--	1.1	--	--	--	1.1	--	--	+1	--	--	--	--	+1	--	--	+1	--	--	+1
<i>Thymus munbyanus</i>	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--
<i>Trigonella polycerata</i>	+1	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	+1	--	--	+1	+1	+1
Total espèces par station	37	17	22	49	41	33	40	38	23	36	55	44	47	44	43	26	27	52	43	39	37
Total espèces dans la zone d'étude	77							78							72						
Total espèces durant les trois années	87																				

3- Richesse floristique

L'analyse de la richesse floristique dans les sept stations durant les trois années d'étude montre que l'année 2014 est l'année la plus riche en espèce par rapport aux autres années, tandis que l'année 2015 est la plus pauvre en espèces (fig. 39). Cette fluctuation est la conséquence de la forte influence des aléas climatiques sur certaines espèces qui n'apparaissent que très rarement, car nécessitant une pluviosité et des conditions particulières pour s'exprimer (Aidoud, 1989). Si nous prenons en considération les données de précipitations de la station météorologique de rebahia pour les trois années d'étude, nous remarquons que l'année 2015 est l'année la moins arrosée (353 mm) par rapport à l'année 2013 (500 mm) et l'année 2014 (417 mm), et cela ne dépend pas seulement de la quantité des précipitations, mais la répartition des précipitations au cours de l'année est un facteur très important aussi, en particulier la période qui précède la période de réalisation des relevés.

La station 4 présente le nombre d'espèces le plus élevé durant les trois années (49, 55 et 53), alors que la station 2 présente le nombre d'espèces le plus faible (17, 23 et 26), malgré l'état de cette station (station bien venante), elle reste pauvre en espèces durant toute la période de suivi, ce qui montre la complexité de la réponse du couvert végétal aux variations des facteurs du milieu. Selon Le Floc'h (2001), un état de dégradation n'est pas nécessairement moins riche floristiquement que l'état qui précède.

En se référant à la classification de Daget et Poissonet (1991), on peut dire pour la période d'étude :

station 1 : présente une flore assez riche à riche ;

station 2 : présente une flore pauvre à moyenne ;

station 3 : présente une flore moyenne à assez riche ;

station 4 : présente une flore riche à très riche ;

station 5 : présente une flore riche ;

station 6 : présente une flore assez riche à riche ;

station 7 : présente une flore assez riche à riche.

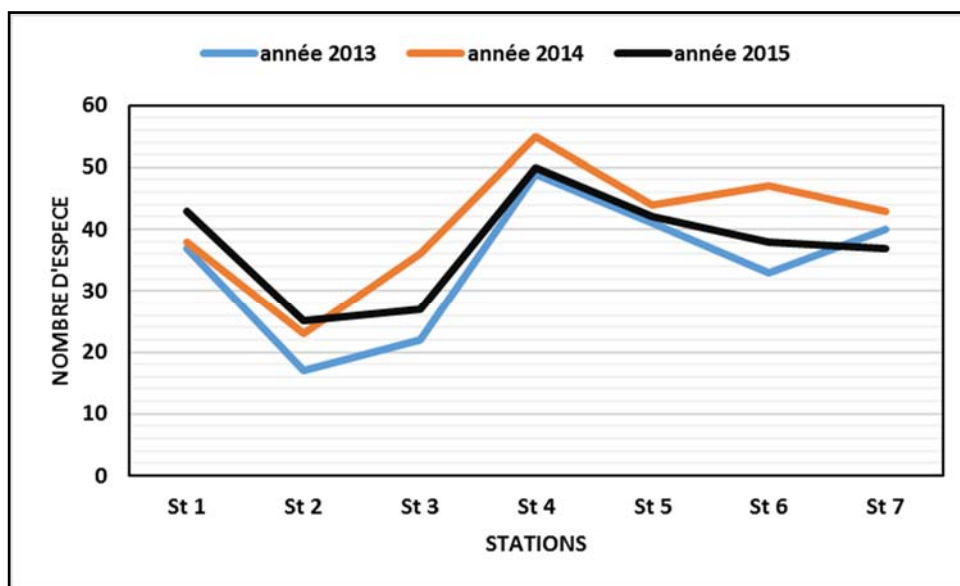


Figure 39 : Evolution de la richesse floristique dans chaque station

4- Le taux de recouvrement

La figure 40 montre l'évolution du recouvrement global de la végétation herbacée des stations étudiées durant les 3 années de suivi.

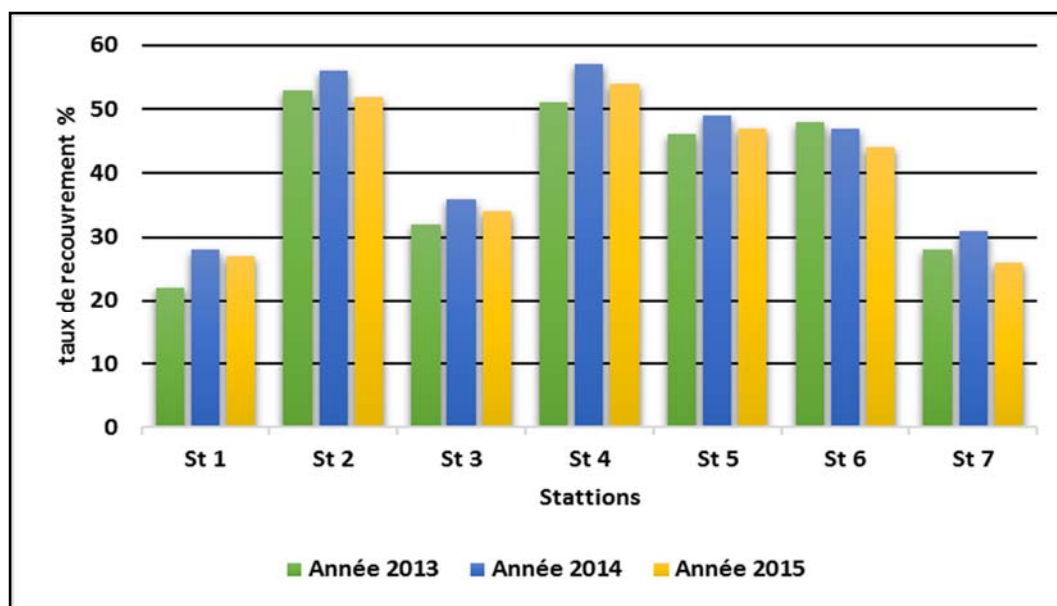


Figure 40 : Variations des taux de recouvrement global moyen des sept stations

En analysant la figure ci-dessus, nous pouvons dire qu'à l'exception de la station 6, le taux de recouvrement global de la végétation a connu une légère amélioration dans le reste des stations étudiées durant l'année 2014 par rapport à l'année 2013. Cette augmentation enregistrée en 2014 est comprise entre 3 et 6 %. En 2015, le taux de recouvrement global diminue de nouveau dans toutes les stations, toutefois, il reste supérieur au niveau enregistré en 2013. Ces fluctuations temporelles dans le taux de recouvrement dépendent de plusieurs facteurs notamment le de l'intensité de l'action anthropozoogène et la quantité des précipitations durant la période qui précède le moment de réalisations des relevés floristiques (Henni, 2013). Les précipitations de

l'année 2014 ont permis une bonne remontée biologique dans l'ensemble des stations. D'après Le Houerou (1995), la remontée biologique se caractérise par l'augmentation du taux de recouvrement permanent de la biomasse pérenne, du taux de matière organique dans le sol, de la stabilité structurale, de la perméabilité et du bilan en eau, de l'activité biologique et de la productivité primaire, tandis que la variabilité de la production annuelle diminue.

5- Les types biologiques

Le diagnostic des types biologiques des formations d'armoise blanche de la zone d'étude durant les trois années de suivi confirme une nette dominance des thérophytes qui occupent une grande part dans la composition du couvert végétal par rapport aux autres types biologiques avec des taux supérieurs à 50 % (fig. 41). Leur présence est très forte en 2014 dans l'ensemble des stations à l'exception de la station 4. Le taux des thérophytes dans le spectre biologique augmente avec l'importance des rigueurs climatiques. Ces types sont les mieux adaptés aux conditions d'aridité.

Selon Kadi-Hanifi (2003), les causes qui sont à l'origine de la thérophytisation sont : l'aridification, l'anthropisation et le voile éolien. Ces conditions sont bien réunies dans nos stations d'études. Les hemicryptophytes occupent la deuxième position après les thérophytes, elles sont présentes dans les stations avec des taux qui ne dépassent pas les 25 %. Henni et Mehdadi (2012) constatent les mêmes aspects biologiques dans les cortèges floristiques des parcours steppiques de la wilaya de SAIDA et notent l'occupation du tapis végétal par ces deux types biologiques.

À l'exception de la station sept où les chamaephytes sont bien représentées et occupent la deuxième position après les thérophytes, ce type avec les géophytes sont faiblement représentées dans la plupart des stations avec des taux inférieurs à 20 % durant toute la période d'investigation.

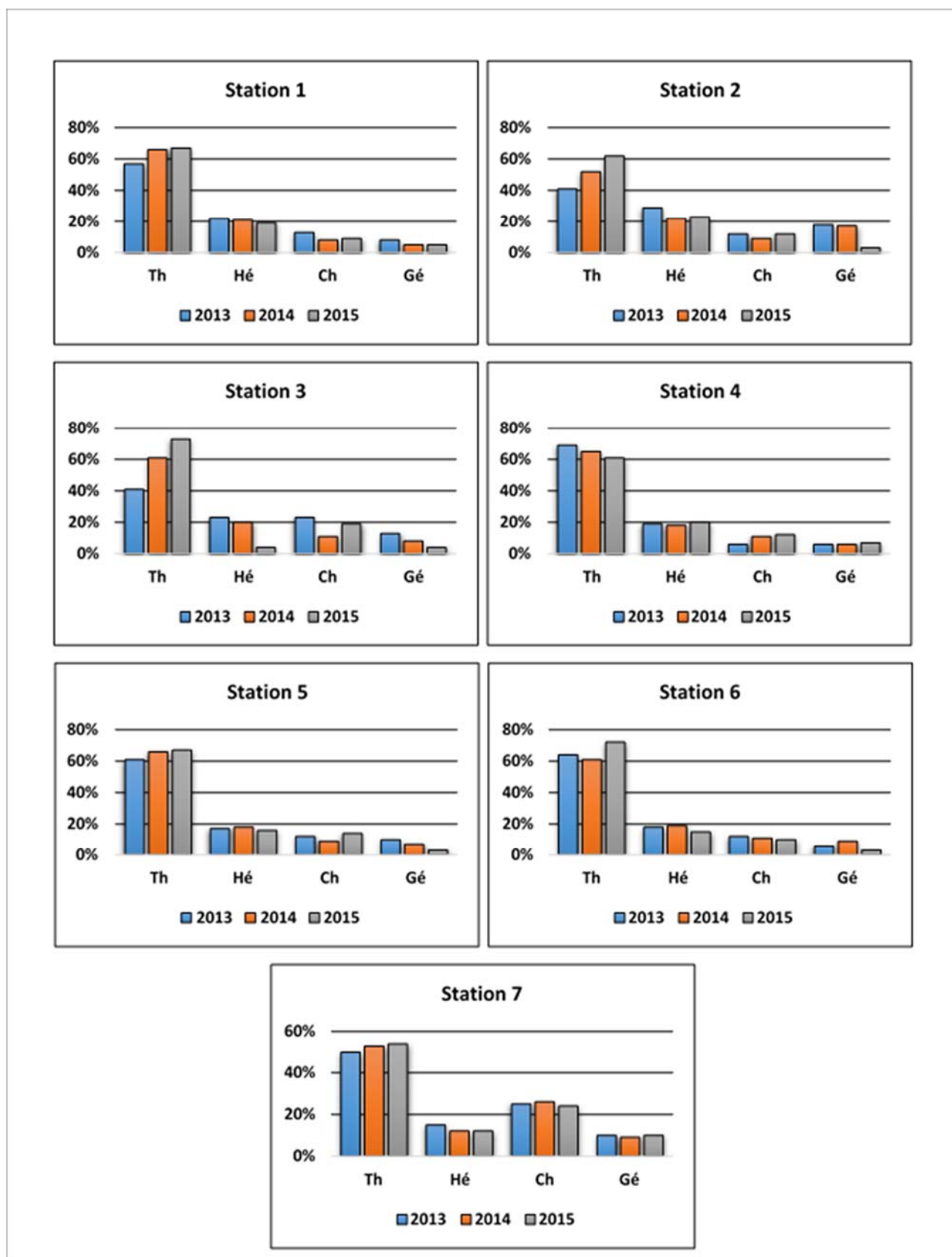


Figure 41 : Répartition des types biologiques dans chaque station.

6- Composition systématique

Selon Daget et Gaston (2001), le nombre d'espèces à lui, tout seul, ne peut illustrer convenablement la diversité biologique, c'est au niveau taxinomique de la famille que cette diversité est plus représentative. D'après l'analyse de la composition systématique dans tout le territoire prospecté durant la période d'investigation, nous constatons que la diversité taxinomique est comparable durant les trois années d'étude avec une légère différence. En 2013, le nombre total d'espèces recensées est de 77 appartenant à 65 genres et 24 familles, alors qu'il augmente en 2014 à 78 espèces appartenant à 67 genres et 25 familles avec apparition de la famille des Résédacées (*Reseda alba*) et des Papavéracées (*Papaver hybridum*) et la disparition de la famille des Xanthorrhoeacées (*Asphodelus tenuifolius*), pour diminuer en 2015 à 72 espèces appartenant à 64 genres et 25 familles (tab. 29)

Tableau 29 : Répartition dans le temps des types biologiques dans la zone d'étude

Années	Familles	Genres	Espèces
2013	24	65	77
2014	25	67	78
2015	25	64	72

L'analyse des principales familles au niveau de chaque station montre que les Astéracées occupent la première place avec des taux entre 14 et 35 % enregistrés durant les trois années d'étude. Le taux le plus élevé de cette famille est enregistré au niveau de la station 7 durant l'année 2013, alors que le taux le plus faible est enregistré au niveau de la station 3 durant l'année 2013 et 2014. Viennent ensuite, les Poacées avec des taux entre 8 et 27 %, le taux le plus élevé (27 %) est enregistré au niveau de la station 3 durant l'année 2013. Les Fabacées présentent des taux entre 3 et 14 % avec un maximum de 14% enregistré en 2013. Les trois familles qu'on vient d'énumérer dominant nettement la flore de la région où elles conservent sensiblement le même ordre de classement que celui qu'elles ont dans la flore steppique algérienne. Elles capitalisent à elles seules d'environ 50 % des espèces. Ces trois familles sont parmi les plus riches en genres et en espèces dans la composition taxinomique de la flore steppique ibéro-maghrébienne et sont bien représentées en régions méditerranéennes (Le Houérou, 1995). Les Caryophyllacées, les Cistacées, les Brassicacées et les Boraginacées sont également bien représentées, mais avec un degré moindre avec des taux entre 3 et 13 %. Alors que pour la station 7, nous remarquons que les amaranthacées occupent une position importante dans la composition systématique de la flore de cette station (fig. 42). Cette famille renferme des espèces halophiles telles que : *Atriplex glauca*, *Atriplex halimus* ; *Salsola vermiculata*. Le reste des familles sont généralement représentées par une seule espèce avec des taux entre 2 et 4 %.

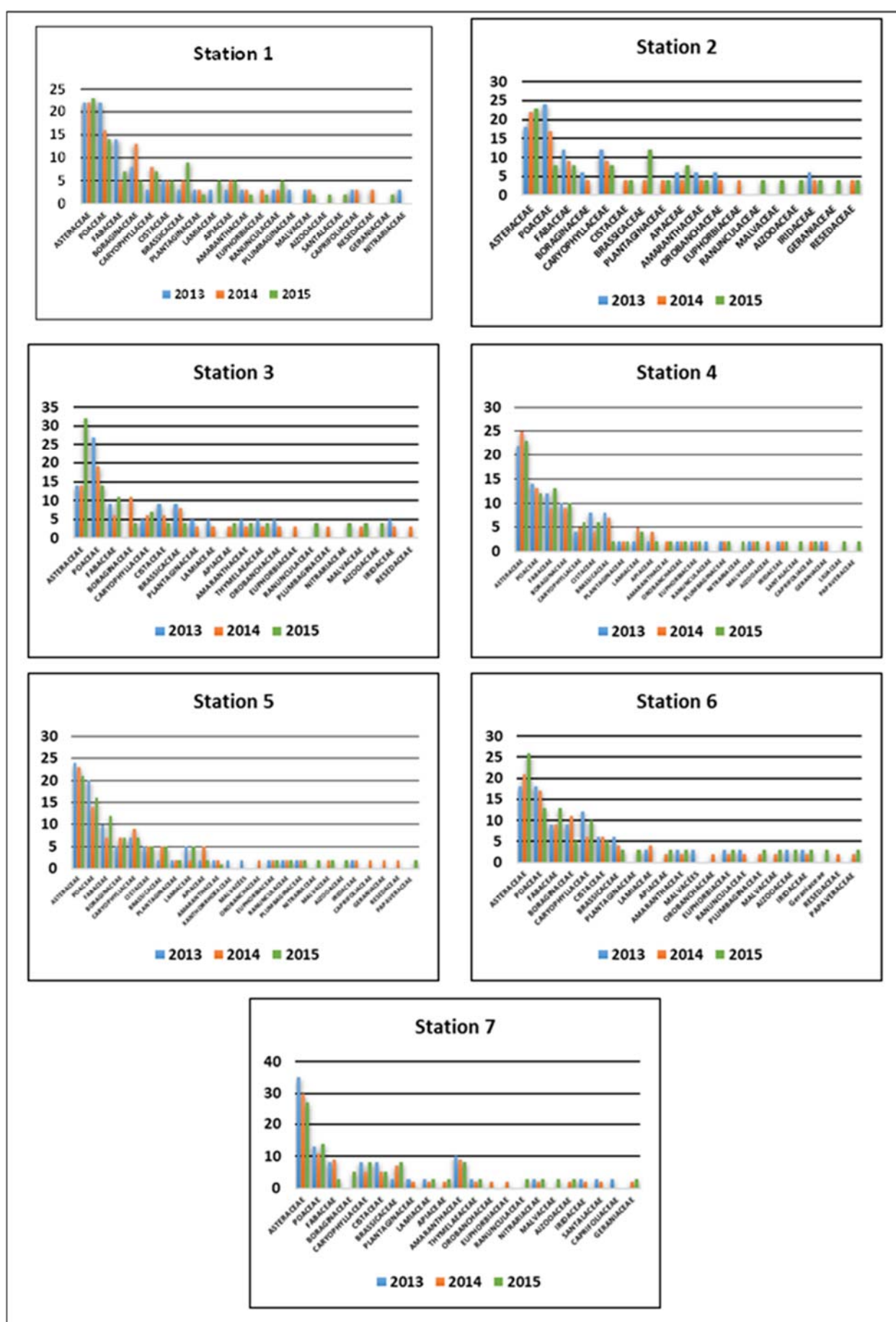


Figure 42 : Répartition des familles botaniques dans chaque station (2013-2014-2015).

7- Diversité spécifique et équitabilité

L'analyse des indices de diversité de Shannon, montre que les valeurs de l'indice de diversité de Shannon sont comparables pour chaque station durant les trois années d'étude (fig. 43), avec une légère diminution durant l'année 2014 dans la station 2 par rapport à l'année 2013, est une légère augmentation pour les restes des stations. L'année 2015 est marquée par une diminution de la diversité dans les stations 1, 4, 6 et 7 et une augmentation dans les stations 2, 3 et 5. D'après ces résultats, nous pouvons dire que la station 7 est la station la plus diversifiée, alors que la station 2 est la moins diversifiée.

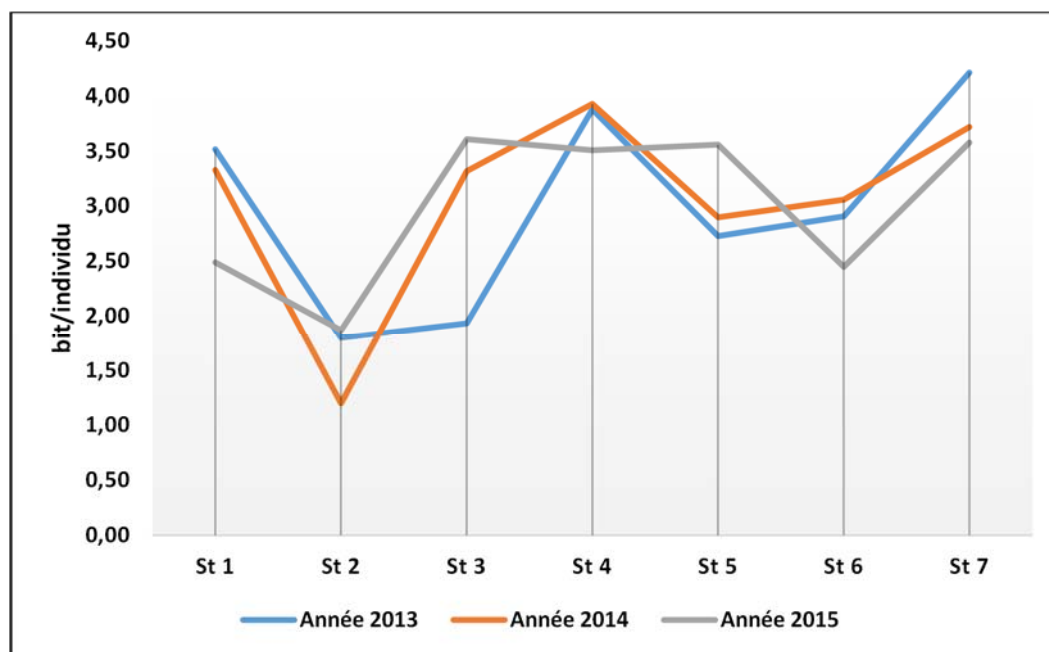


Figure 43 : Variation de l'indice de Shannon dans chaque station.

Nous remarquons que l'équitabilité suit le même modèle que la diversité. À l'exception de la station 2, les valeurs de l'équitabilité présentent des valeurs moyennes durant toute la période de suivi (fig. 44). Ces valeurs moyennes de l'équitabilité en milieu steppique expriment à la fois la dominance de certaines espèces telle *Artemisia herba halba* et une certaine équirépartition relative à la distribution des autres espèces du cortège floristique.

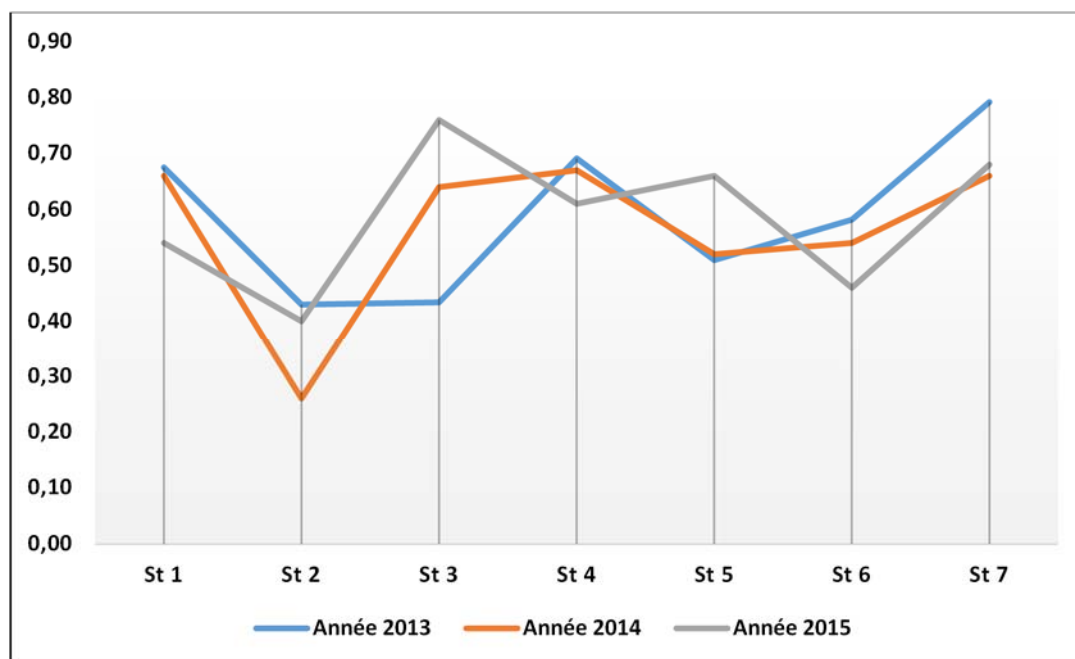


Figure 44 : Variation de l'indice d'équitabilité dans chaque station.

8- Conclusion

L'étude temporelle n'a pas permis de mettre en évidence des variations significatives entre les trois d'années d'étude, Il est possible que l'échelle spatio-temporelle soit très courte et devrait être consolidée par d'autres études complémentaires à long terme. Ces résultats montrent que les steppes à Armoise blanche possèdent une richesse floristique importante et une diversité moyenne. La thérophytie semble être un phénomène prépondérant de ces steppes, de point de vue systématique, c'est les Astéracées qui dominent la végétation inventoriée.

Chapitre 3

*" Cartographie thématique à partir des
données satellitaires "*

1- La composition colorée

Cette combinaison, dite “infrarouge fausses couleurs” est très utilisée en télédétection, car elle est tout à fait adaptée à l'étude de la végétation. Elle s'appuie sur les propriétés de la végétation qui réfléchit très fortement le rayonnement proche IR. Elle présente d'ailleurs les mêmes caractéristiques que les anciennes photographies aériennes infrarouges utilisées depuis longtemps, d'abord à des fins militaires, puis ensuite par les forestiers. Sur la composition colorée, la végétation apparaît dans différentes teintes de rouge en fonction des espèces, mais aussi des conditions environnementales.

La zone d'étude est couverte par la scène acquise par le capteur T.M.de Landsat 8 en 2016. La scène est téléchargée gratuitement du site de l'USGS. Le capteur Thematic Mapper embarqué au niveau de la plateforme Landsat est l'un des plus performants de par ses caractéristiques spectrales (11 canaux) et spatiales (résolution 30m).

L'image satellitaire présentant notre zone d'étude a été obtenue à partir de l'application d'un masque sur la composition colorée de la “scène image” région de Saida (fig. 45).

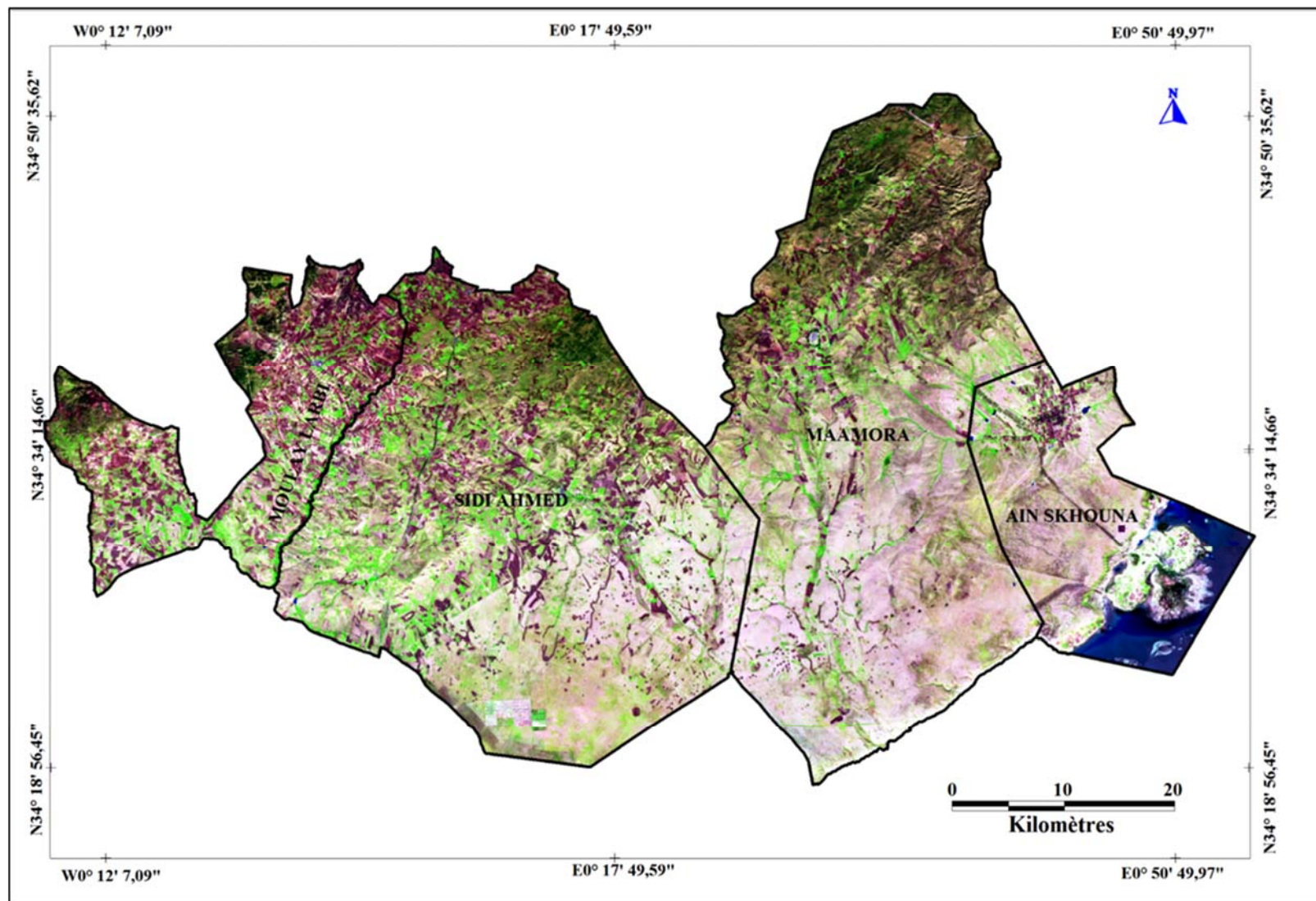


Figure 45 : La zone d'étude en composition colorée.

L'interprétation visuelle de la composition colorée est une première analyse de l'occupation du sol de notre zone d'étude. L'image fait apparaître une mosaïque de couleurs avec une différenciation nette dans les teintes entre la partie nord et la partie sud :

- au nord, soit à peu près la 1/2 de la superficie : une tendance vers le rouge foncé et le rouge-noir, traduisant une forte activité chlorophyllienne pour la végétation naturelle assez dense (forêt, maquis à base d'arbustes et buissons), du vert foncé pour une végétation naturelle plutôt herbacée, moins dense, du vert clair les parcelles agricoles (surtout de la céréaliculture).
- au sud : une tendance vers la couleur rose claire à très claire selon la densité pour une végétation naturelle herbacée, le blanc pour des sols pratiquement nus. Les filons en vert clair traduisent des emblavures de céréaliculture pratiquée au niveau des lits d'oueds, le bleu enregistré au niveau du sud de la commune d'Ain Skhouna représente une partie du chott chergui (partie nord).

L'interprétation de l'image satellitaire en composition colorée nous permet de déduire quelques observations importantes :

- faiblesse des densités et des recouvrements de la végétation naturelle, exprimée par l'extension des couleurs qui tendent vers les nuances claires (rose clair, blanc), témoignant d'une dégradation assez avancée de cette dernière vers le sud.
- extension de la céréaliculture au niveau de la partie sud, exprimée par l'extension de la couleur verte, témoignant de l'impact anthropique (défrichement) sur le milieu par la réduction de la superficie de la végétation naturelle autochtone et de la destruction de la structure des sols.

Ce premier travail de photo-interprétation effectué est un complément appréciable aux sorties faites pour la reconnaissance du terrain dans la mesure où il permet une vision globale plus claire de l'état d'occupation du sol au niveau de toute la zone d'étude et met en évidence quelques faits concrets qui se montrent sur terrain : la répartition de la végétation, dénudation des sols, les défrichements, le réseau hydrographique.

Mais en contrepartie, la composition colorée reste toujours une image dont l'interprétation est subordonnée à l'expérience de l'observateur et ne divulgue pas toutes les informations relatives aux différents thèmes d'occupation du sol.

À cet effet, et pour atteindre notre objectif de faire illustrer la répartition des formations d'arboise blanche dans la zone d'étude, nous avons eu recours aux autres techniques

d'investigation de la télédétection afin de mieux caractériser ces formations, en mettant en application la méthode de la classification multi-spectrale de l'imagerie satellitaire.

2- Elaboration de la carte thématique

À l'aide des données de télédétection, nous avons mis en évidence la répartition spatiale et l'occupation du sol des formations d'armoise blanche dans la zone d'étude à travers une carte thématique (fig.46).

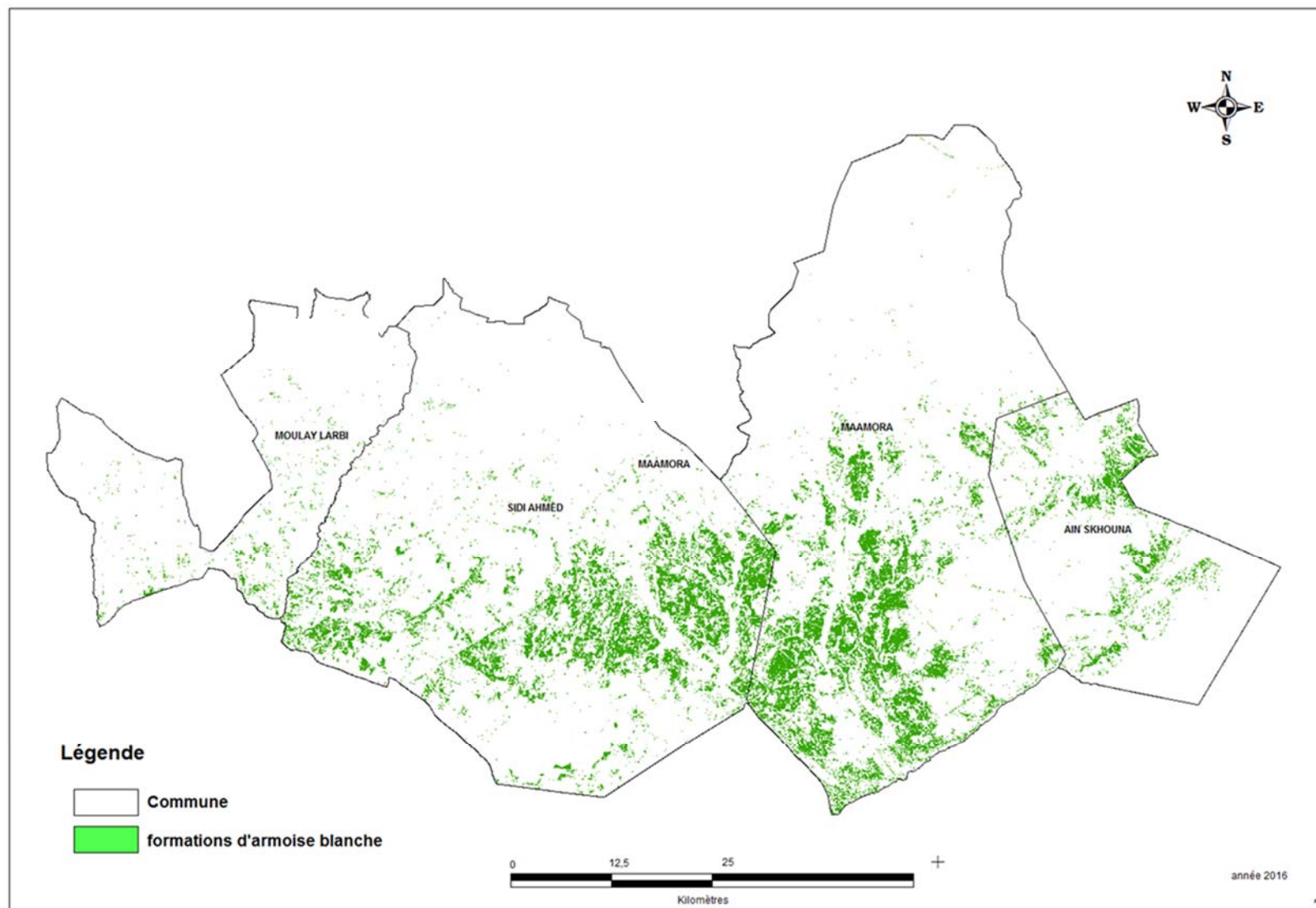


Figure 46 : Carte de répartition des formations d'armoise blanche.

L'analyse de la carte élaborée, en tant que document de synthèse final, nous a permis de déduire les éléments d'information suivants :

Les formations d'armoise blanche occupent une superficie importante de la zone d'étude particulièrement pour les deux communes de Maamora et Sidi Ahmed, où elles se localisent surtout entre la partie sud-ouest de la commune de Maamora et le sud-est de la commune de Sidi Ahmed ; les superficies occupées par les formations d'armoise blanche dans les communes d'Ain Skhoune et Moulay Larbi restent très faibles par rapport aux deux premières communes.

Nous remarquons à travers la carte élaborée, que la répartition des formations d'armoise blanche au niveau de la zone d'étude obéit à la théorie des séries régressives (séquences de dégradation) en zones arides énoncée par Ozenda (1954). Selon la toposéquence nord-sud, et confirmée par la majorité des auteurs qui ont mené des travaux en steppes de l'Afrique du nord, des schémas de successions végétales s'individualisent pour concrétiser une dynamique végétale en milieu steppique. Ces successions s'enchaînent le long du gradient nord/sud avec des schémas de démantèlement, de chaméphytisation, de steppisation et de thérophytisation (Quézel, 2000). C'est le même constat enregistré par Abdeslam (2012), lors de son étude par télédétection de la végétation de la commune de Maamora.

En effet, pour notre zone d'étude et sous l'action des différents facteurs de dégradation (coupes abusives, incendies répétés, surpâturage continu, aléas climatiques), du nord au sud les formations forestières cèdent la place aux groupements de dégradation forestière (maquis). Sous l'effet des mêmes facteurs, ces formations cèdent la place à leur tour aux groupements à Alfa. Sous l'emprise du surpâturage et de la surexploitation, l'Alfa est remplacée progressivement par les groupements à Armoise blanche sur sols limoneux et à Sparte sur sols sableux.

Le surpâturage, l'aridité du climat et la dégradation des sols sont autant de facteurs qui rendent les conditions écologiques du milieu en dessous de ceux exigés par l'Armoise, ce qui favorisera certainement la disparition de cette espèce en cédant la place à l'extension d'autres espèces de valeur énergétique pastorale médiocre plus adaptées à ces nouvelles contraintes, c'est le cas de *Atractylis seratuloides*, *Thymelea microphylla*, *Noaea mucronata* et *Peganum harmala*.

L'estimation des superficies des formations d'armoise blanche cartographiées (fig. 47), fait ressortir :

- la superficie occupée par les formations d'armoise blanche dans la zone d'étude est de 54 479 Ha, dont environ 60 % de ces formations sont dans un état de dégradation avancée ;
- 28 217 Ha (soit 51,5 %) des formations d'armoise blanche de la zone d'étude sont localisées dans la commune de Maamora, ce qui représente 23 % de la superficie de cette commune ;

- 20 373 Ha (soit 37 %) sont localisées dans la commune de Sidi Ahmed, ce qui représente 16 % de la superficie de cette commune ;
- 5 651 Ha (soit 10 %) sont localisées dans la commune de Ain Skhouna, ce qui représente 13 % de la superficie de cette commune ;
- 238 Ha (soit 0,5 %) sont localisées dans la commune de Moulay Larbi, ce qui représente 0,5 % de la superficie de cette commune.

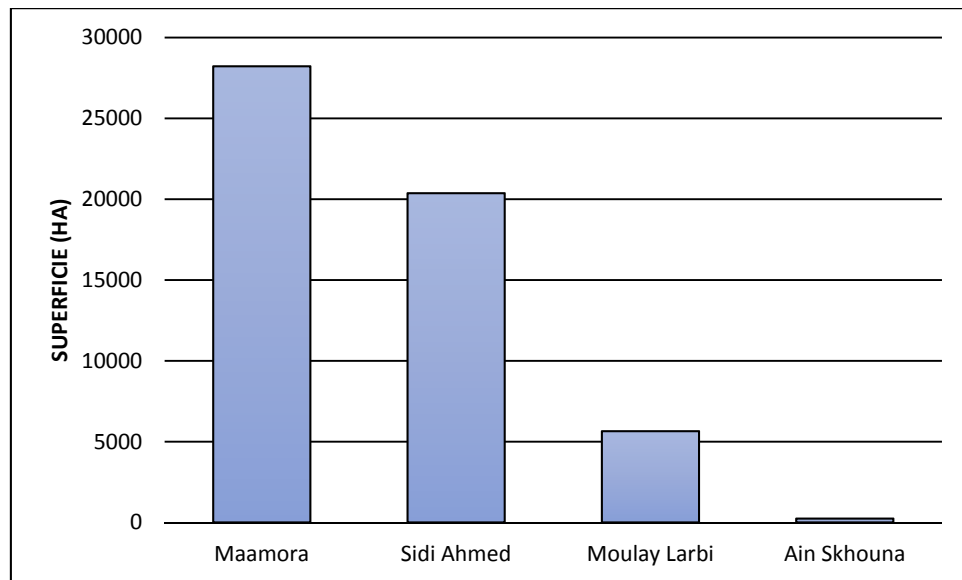


Figure 47 : Superficies des formations d'armoise blanche à travers les quatre communes

Les formations d'armoise blanche qu'occupaient dans les années 80 et 90 une superficie de plus de 120 000 ha (BNEDER, 1992), occupent maintenant moins de 50 % de cette superficie. Ces formations sont donc, en état de régression continue, chose que nous avons pu apercevoir durant ces quelques années d'étude. En effet, chaque année, nous nous assistions à une régression des superficies des parcours d'armoise blanche, cette régression est due en premier lieu à l'action anthropique, particulièrement le défrichement des bonnes nappes d'armoise blanche, au profit d'une céréaliculture à faible rendement.

3- Conclusion

La carte établie nous a permis d'avoir une idée globale sur la répartition des formations d'armoise blanche dans la zone d'étude. Un programme d'étude à grande échelle devrait être entrepris sur ces formations végétales fragilisées par la conjugaison de plusieurs facteurs dont les plus importants est l'action anthropique. Un tel programme revêt une importance capitale dans le contexte actuel des changements climatiques et surtout de pressions anthropiques exercés sur ces écosystèmes.

Ce travail servirait de référence pour d'éventuelles études diachroniques qui permettraient de mieux appréhender et comprendre l'évolution et la dynamique des formations d'armoise blanche et le couvert végétal dans la zone d'étude.

Conclusion Générale

Conclusion générale et recommandations

L'état actuel des écosystèmes steppiques, leur importance écologique et socio-économique, la dégradation du milieu et la nécessité d'un développement durable sont autant d'éléments qui justifient notre sujet de recherche. Cette étude a pour objectif l'étude de la diversité floristique de formations d'armoise blanche à travers un inventaire de la flore de la zone d'étude représentée par la zone steppique sud de la wilaya de Saida et l'élaboration d'une carte de répartition des formations d'armoise blanche sur la base des images satellites Landsat.

À l'issue de ce travail, nous avons pu avoir une meilleure compréhension sur l'état des ressources naturelles avec une analyse des variations spatio-temporelles du couvert végétal des formations d'armoise blanche dans la zone d'étude.

Le constat actuel est que l'équilibre écologique de la végétation est perturbé par les activités anthropiques (agricoles et pastorales). En effet, durant nos courtes années d'étude et à travers nos sorties périodiques de terrain, nous avons assisté à l'extension du défrichement des terres steppiques pour la pratique de la céréaliculture au détriment des bonnes nappes d'armoise blanche. Nos résultats corroborent l'opinion généralement admise selon laquelle la pression anthropique sur les ressources naturelles s'aggrave sans cesse dans la région méditerranéenne. L'accroissement de la population et les actions anthropiques accentuent les phénomènes de dégradation que l'effet du climat avait amorcés.

Avant de dégager les principales conclusions de notre recherche, précisons d'abord que les scientifiques et les praticiens du terrain en Algérie admettent que l'élaboration de tout projet de développement des zones arides doit nécessairement passer par deux étapes indissociables :

- la connaissance des potentialités naturelles de chaque milieu écologique ;
- la caractérisation du phénomène de dégradation des ressources naturelles en tenant compte de l'ensemble des indicateurs, véritables éléments de diagnostic.

La méthodologie adoptée, pour pouvoir réaliser cette étude était basée sur un inventaire floristique selon la méthode de Braun-Blanquet (1951) et des analyses pédologiques à l'intérieur de chaque station, ensuite nous avons eu recours à la télédétection pour l'élaboration d'une carte d'occupation de sol par les formations d'armoise blanche dans la zone d'étude. L'étude des caractéristiques de la zone étudiée a mis en évidence les principales variables de milieu (la nature géologique, la géomorphologie, l'orographie, les pentes, l'hydrologie, la pédologie) en relation avec la distribution de la végétation.

L'étude du climat a permis de caractériser la zone d'étude sur le plan bioclimatique et d'étudier le facteur « sécheresse » tant du point de vue de la durée que de l'intensité. La durée de sécheresse est de 05 mois sur la zone Nord, tandis qu'elle est de 08 à mois sur la partie Sud de la région d'étude. Également, il ressort que la zone sud est présente dans un étage bioclimatique aride

à hiver frais (station de Ain Skhouana) par rapport à la zone nord de la région d'étude (station de Rebahia) qui présente un étage bioclimatique semi-aride à hiver frais à tempéré.

L'étude du sol nous a permis de constater que la zone d'étude est caractérisée par une prédominance de la texture Limono-sableuse, la présence de la matière organique en faibles teneurs, un taux généralement moyen de calcaire et une très faible profondeur de sol. Ces données confirment la fragilité et la faible fertilité de ces sols.

Sur le plan floristique, durant les trois années d'étude, nous avons inventorié 87 espèces appartenant à 67 genres et 25 familles botaniques avec prédominance des Astéracées et des Poacées. Ces deux familles s'adaptent bien aux zones arides et semi-arides, et elles sont très répandues dans toute la zone steppique.

Pour les types biologiques, le couvert végétal de la communauté recensée donne une grande importance aux thérophytes. Ces derniers sont bien adaptés aux zones steppiques. La dominance des thérophytes par rapport aux autres types biologiques est habituellement élevée dans les formations végétales méditerranéennes, avec l'aridité (Daget, 1980) et la dégradation (Grime, 1977). Ce type biologique domine largement les autres types biologiques avec un taux dépassant les 60 % de la flore étudiée.

Les caractéristiques phytogéographiques dénotent la prépondérance de l'élément méditerranéen avec 36 espèces, confirmant ainsi l'affiliation des steppes étudiées à la région méditerranéenne. L'endémisme est aussi bien présenté par 08 taxons organisés en quatre catégories : les espèces endémiques Nord-africaines, endémiques Sahariennes, sud-Marocain et Oro-est-Marocain.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) et la classification ascendante hiérarchique (CHA) ont été concluantes par la mise en évidence des gradients écologiques majeurs. L'action de l'homme représentée par le surpâturage et les facteurs édaphiques régit la répartition de la végétation des formations végétales d'armoise blanche à travers la zone.

Cette étude a permis d'élaborer un catalogue de la flore des formations d'armoise blanche et la répartition de ces formations à travers la région steppique de la wilaya de Saida qui constitue une référence de base pour éventuelles études dans l'espace et dans le temps dans le futur. Toutefois, il est important de souligner que, si actuellement les régions steppiques présentent un niveau de dégradation, tant environnemental que socio-économique très inquiétant ; la région, cependant, restera indiscutablement, un patrimoine naturel qu'il faut obligatoirement préserver. Il est à noter aussi que malgré l'intensité de la dégradation anthropique enregistrée dans certaines stations de la zone d'étude, l'étape de l'irréversibilité n'est pas encore atteinte ; puisque, une simple protection de ces espaces avec des périodes pluvieuses entraîne une reprise plus ou moins rapide de la végétation, comme le signalent plusieurs auteurs (Floc'h, 2001 ; Henni et Mehdadi, 2012 ;

Saidi, 2012 ; hasnaoui *et al.*, 2014) qui considèrent que les écosystèmes arides et semi-arides méditerranéens, présentent une résistance faible, mais une forte résilience attestée par leur capacité à se régénérer dès que les conditions deviennent moins défavorables.

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.
- il serait nécessaire d'envisager l'augmentation de la productivité par l'amélioration du système agraire classique par un procédé intensif des cultures fourragères (plus économique du point de vue de la superficie) pour subvenir aux besoins du cheptel et réduire la pression sur les parcours steppiques.
- la culture des plantes médicinales et la réglementation de la récolte des plantes spontanées pourraient réduire la pression sur les espèces végétales médicinales les plus utilisées en pharmacopée traditionnelle. Lorsqu'il s'agit de plantes rares, menacées d'extinction ou surexploitées en vue de leur commercialisation, la culture est la seule façon d'obtenir les quantités végétales nécessaires sans compromettre davantage la survie de ces espèces (UICN et WWF, 1993).
- installer des placettes permanentes pour un suivi périodique de la flore.
- il serait nécessaire d'installer des mini stations météo au niveau de chaque commune, pour enregistrer les données climatiques relatives au minimum aux précipitations et températures afin d'assurer une caractérisation fiable et exacte du climat de la région.
- réaliser des études cartographiques diachroniques tous les 5 ans avec des images à grande résolution pour le suivi périodique de l'évolution du couvert végétal.
- 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.

Références bibliographiques

Référence bibliographiques

1. **Aafi A., 1995.** Contribution à l'étude phytoécologique et à la cartographie des groupements végétaux du Parc National de Talassemtane. Mém de 3ème cycle. ENFI, Salé. 162 p + annexes.
2. **Abdelguerfi A., Laouar M., 1996.** "La privatisation du foncier, impact sur l'environnement et sur les ressources génétiques en Algérie". in : *Pastoralisme et foncier : impact du régime foncier sur la gestion de l'espace pastoral et la conduite des troupeaux en régions arides et semi-arides*. 17-19 octobre 1996, Gabès, Tunisie. *Option Méditerranéennes*, 32 : 203-207.
3. **Abdeslam A., 2012.** Apport de la télédétection dans le diagnostic phytoécologique des parcours steppiques : cas de la zone de Maâmora – Région de Saida. Mémoire magister, Université Djillali Liabes. Sidi Bel Abbés, 131 p.
4. **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.
5. **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.
6. **Aidoud A., 1989.** Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés (Hautes Pleines Algéro-Oranaises, Algérie). Thèse Doct, Etat. USTBH. Alger, 240 p + ann.
7. **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.
8. **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.
9. **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.
10. **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.
11. **Aidoud, A., Aidoud-Lounis, F., Slimani, H., 1997.** Effects of grazing on soil and desertification. In: Ecological Basis of Livestock Grazing in Mediterranean Ecosystems (V.P. PAPANASTASIS (Ed.), Workshop, oct 1997, Univ. Thessaloniki (Greece), in press.
12. **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.
13. **Aidoud-Lounis F., 1997.** Le complexe à alfa – armoise-sparte (*Stipa tenacissima* L.,

Artemisia herba alba Asso., *Lygeum spartum* L.) des steppes arides d'Algérie ; structure et dynamique des communautés végétales. Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille III, France. 214 p. +ann.

14. **Akpo L.-É., Grouzis M., Bada F., Pontanier R., Floret C., 1999.** Effet du couvert ligneux sur la structure de la végétation herbacée de jachères soudaniennes. *Cahiers Sécheresse*, 10 (4) : 253-261.
15. **Amara M., 2014.** Contribution à l'étude des groupements à *Pistacia atlantica* subsp. *atlantica* dans le Nord-Ouest algérien. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Univ. Tlem, Algérie, 146p.
16. **A.N.R.H., 2004.** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Rapport d'inventaire des ressources hydrique de la wilaya de Saida 18p.
17. **Arabi, Z., Mederbal K., Benaouf Z., 2015.** Contribution to the study of quantitative and qualitative aspects of steppe. *Int. J. Environ. Res*, 9 (3) : 953-960.
18. **Arroyo A.I., Pueyo Y., Reiné R., Giner M. L., Alados C. L., 2016.** Effects of the allelopathic plant *Artemisia herba-alba* Asso. on the soil seed bank of a semi-arid plant community, *J Plant Ecol* doi: 10.1093/jpe/rtw120.
19. **Aubert G., 1978.** Méthodes d'analyses des sols. CRDP Marseille, 191 p.
20. **Augustin B., 1926.** Annales de Géographie Vol. 35 N° 196 pp. 352-359
21. **Bagnouls F. et Gaussen H., 1953.** Saison sèche et indice Xérothermique. *Bul. Soc. Hist. Nat.* Toulouse, 88 :193-239.
22. **Barbero M., Bonnin G., Loisel. R., Quèzel P., 1989.** Sclerophyllous *Quercus* forests of the mediterranean area: Ecological and ethological significance. *Bielefelder Okol Beitr* 4: 1-23.
23. **Barbéro M., Bonin G., Loisel R., Quèzel P., 1990.** Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean bassin. *Vegetatio* 87: 151-173.
24. **Barry J. P., Faurel L., 1973.** Notice de la feuille de Ghardaia. *Mém. Soc. Hist. nat. Afr. du N.*, 11, nouv. sér., 125 p.
25. **Barry J.P., Celles J.C., Faurel L., 1976.** Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuille d'Alger au 1/1.000.000. C.R.B.T., Alger: 42 p.
26. **Bartoli Ch., 1966.** Études écologiques sur les associations forestières de la Haute-Maurienne. *Ann.Sci. forest.*, 33 (3) : 3-321.
27. **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.

28. **Bédrani S., 1994.** Savoirs locaux traditionnels, dégradation des terres et processus de désertification dans les pays du Maghreb. CRDI (Canada).
29. **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.
30. **Bédrani S., 1998.** La politique de production et de consommation du lait en Algérie. In Les Cahiers du CREAD, n° 3, 1998.
31. **Béguin C., Géhu J.M., Hegg O., 1979.** La symphytosociologie : une approche nouvelle des paysages végétaux. *Doc. Phytos.*, N.S, 4 : 49-68. Lille.
32. **Belhacini, F., Bouazza M., 2015.** Biogeographical aspect of scrublands south of Tlemcen (Western Algeria). *Journal of Biology and Nature*, 4 (1):56-64.
33. **Benabadji N., Bouazza M., Metge M., et Loisel R., 1996.** Description et aspects des sols en région semi-aride et aride au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie). *Bulletin Institut Sciences* (Rabat) 20 : 77-86.
34. **Benabadji N. et Bouazza M., 2002.** Contribution à l'étude du cortège floristique de la steppe au Sud d'El Aricha (Oranie, Algérie). *Sci. Tech.* N° spécial : 11-19.
35. **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.
36. **Bencherif S., 2000.** Etude de la dégradation des parcours de la région de Ain Oussera : cas de la coopérative Yahiaoui. Centre Universitaire de Djelfa, 90p.
37. **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.
38. **Benmessaoud., 2009.** Etude de la vulnérabilité a la désertification Par des méthodes quantitatives numériques Dans le massif des Aurès (Algérie). Thèse de Doctorat d'état, Faculté des sciences.Univ, Batna, Algérie, 227p.
39. **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.
40. **Bensaid A., Smahi Z., 2003.** Utilisation de la télédétection et des SIG pour l'aide à la surveillance du risque de dégradation des parcours steppiques. *Revue Télédétection*, 5 (3) : 1028-7736.
41. **Bensouiah R., 2004.** Pasteurs et agro-pasteurs de la steppe algérienne : Enquête sur la région de Djebel Amour. *Strates*, 11 :1-10.
42. **Bensouiah R., 2006.** Vue d'ensemble de la steppe algérienne. Doc en ligne : (<http://desertification.voila.net/steppealgerienne.htm>).

43. **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.
44. **Bernoux M., 2008.** Les matières organiques du sol. Colloque de restitution du programme GESSOL 2 : Les matières organiques du sol : rôles, risques et enjeux (organisé par M.E.E.D.A et A.D.E.M.E.), Paris, pp. 13-16.
45. **B.N.E.D.E.R., 1992.** Etude de milieu et proposition d'un plan d'aménagement de la zone steppique de la wilaya de Saida. Rapport de final et annexes, année 1992, 212p.
46. **Bonin G., Taton H., 1990.** Réflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'analyse des communautés végétales et de leur environnement. *Écol. Médit.* 16 : 403-414.
47. **Bonn F., Rochon G., 1992.** Précis de télédétection ; Principe et méthodes. Volume 1, UREF, presse de l'université de Québec, Canada, 462p.
48. **Boucheneb N., 1999.** Contribution à l'étude de la végétation de la région de Tamanrasset Ahaggar. Thèse Magister, USTHB, Alger, 103 p + ann.
49. **Boukhoubza 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).
50. **Boukhobza M., 1982.** L'agropastoralisme traditionnel en Algérie : de l'ordre tribal au désordre colonial. OPU ; Alger, 458p.
51. **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.
52. **Bouxin G., 2004.** Analyse statistique des données de végétation. Les techniques d'ordination. [En ligne] : <http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/ASDV/ASDV.htm>.
53. **Braun-Blanquet J., Furrer E., 1913.** Remarques sur l'étude des groupements des plantes. Imprimerie du Midi, Montpellier, 22 p.
54. **Braun-blanquet J., 1949.** the Pliocene flora of Kroscienko in Poland (Referat). *Vegetation* 1: 199-200.
55. **Braun-Blanquet, J., 1951.** Pflanzensoziologie (2ten Aufl.). Springer, Vienne, 631p.
56. **Braun-Blanquet J., Roussine N., Nègre R., 1952.** Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. Dir. Carte Group. Vég. Afr. Nord, CNRS, 292 p.
57. **Cayrol P., 2000.** Assimilation de données satellitaire dans un modèle de croissance de la végétation et de bilan d'énergie. Application à des zones semi-arides. Thèse de doctorat télédétection spatiale. Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère (CESBIO, CNRS-CNES-UPS, UMR 5639).

58. **CCRS., 2002.** Centre canadien des recherches spatiales, doc.pdf.
59. **Celles J.C., 1975.** Contribution à l'étude de la végétation des confins saharo-constantinois (Algérie). Thèse Doct. Etat, Nice, 364 p.
60. **Chalane, F., Mehdadi Z., Hamdaoui M., 2015.** Evaluation de la phytodiversité et des caractéristiques édaphiques de la steppe a alfa (*Stipa tenacissima* L.) de la Région de Saida (Algérie Occidentale). *European Journal of Scientific Research*, 128(3) :265-27.
61. **Chessel D., Debouze D., Donadieu P., Klein D., 1975.** Introduction à l'étude de la structure horizontale en milieu steppique : échantillonnage systématique par distance et indice de régularité, *Oecologia Plant*, 10 : 25-42.
62. **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.
63. **Cosson E., 1852.** Voyage botanique en Algérie, d'Oran à chott chergui.
64. **Cosson E., 1862.** Considérations générales sur l'Algérie, étudiée surtout au point de vue de l'acclimatation, *Soc. Bot .de France* : 498-507.
65. **Cosson E., 1879.** Le règne végétal en Algérie. Conférence de l'Association Scientifique de France. 75 p.
66. **Couderc R., 1979.** Géographie et développement : Les Hautes Steppes occidentales, Thèse d'État, Montpellier III, 655 pages.
67. **De Bello F., Leps J., Lavorel S., Moretti M., 2007.** Importance of species abundance for assessment of trait composition: an example based on pollinator communities *Commun. Ecol*, 8 (2) (2007) : 163–170.
68. **Daget Ph., Godron M., Guillermin J.L., Drdos J., Ru kova H., Urvichiarovb E., 1970.** Profils écologiques et information mutuelle entre espèce et facteurs écologiques. Application à l'étude d'un transect dans la vallée de Liptov (Tchécoslovaquie). CNRS, CEPE, multigr, Montpellier, 32 p.
69. **Daget P., Poissonnet J. 1971.** Une méthode d'analyse phytosociologique des prairies. *Ann. Agron.*, INRA, Paris. 22 (1) : 5 - 41.
70. **Daget P., 1977.** Bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation *Vegetatio*, (34) 1 : 1-20.
71. **Daget P., Poissonnet J., 1991.** Prairies Permanentes et Pâturages. Méthodes d'Etude. *Inst. Bot.* : Montpellier ; 331p.
72. **Daget Ph., Godron M., 1995.** Pastoralisme : Troupeaux, espaces et sociétés. HATIER, AUPELF, UREF, Universités francophones, 510p.
73. **Daget P., 1980.** Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative. Cas des thérophytes, in : Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives. Paris, 89-114 pp.

74. **Daget, Ph., Gaston A., 2001.** La base FLOTROP et biodiversité des pâturages du Tchad oriental, *Syst. Geogr.*, 71 :327-336.
75. **Dagnelie P., 1956.** Recherches sur la productivité des hêtraies d'Ardenne. Utilisation d'un critère de station. *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech*, Gembloux.N°24.
76. **Dahmani M., 1997.** Le chêne vert en Algérie. Syntaxonomie, phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse Doct. Etat, USTHB, Alger, 330 p.
77. **Danin A., Orshan G., 1990.** The distribution of Raunkiaer's life forms as related to environment. *Journal of Vegetation Science* 1 : 41-8.
78. **Debrach J., 1953.** Notes sur les climats du Maroc occidental. Extrait du « Maroc-Medical » N° 342, 32. Inst. Sci. Chérif. Casablanca (Maroc) : 3-14.
79. **De Martonne E., 1923.** L'ancien delta du var et les glaciers des Alpes Maritimes. *Ann. de. Géogr.* 32 :313-318.
80. **Deschamps P.,1973.** Rapport de synthèse, 30p.
81. **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.
82. **Devineau J.L., 2001.** Les espèces ligneuses indicatrices des sols dans les savanes et les vieilles jachères de l'Ouest du Burkina Faso. *Phytocoenologia*, 31 : 325-351.
83. **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.
84. **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.
85. **Djebaili S., Djellouli Y., Daget P., 1989.** Les steppes pâturées des Hauts Plateaux algériens. *Fourrages* 120 : 393-400.
86. **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.
87. **Djellouli Y., Djebaili S., 1984.** Synthèse sur les relations flore-climat en zone aride. *Bull.Soc. bot. Fr., Actual. bot*, 131, 2, 3, 4 :249-264.
88. **Djellouli Y., Nedjraoui D., 1995.** Evolution des parcours méditerranéens. In pastoralisme, troupeau, espaces et société. Ed Hatier, 440-454.
89. **Despois J., 1955.** La Tunisie orientale. Sahel et basse steppe étude géographique. PUF Paris,554 p.
90. **Dubius A., Simonneau P., 1954.** Les unités phytosociologiques des terrains sales de l'Ouest Algérien. La végétation de la région d'Aïn-Strouna (Chott Chergui oriental).18p.

91. **Dob, T., Benabdelkader, T., 2006.** Chemical Composition of the Essential Oil of *Artemisia herba-alba* Asso. Grown in Algeria. *Essential Oil Res.* 18 :685-690.
92. **DPAT., 2011.** Direction de la planification et de l'aménagement du territoire. Monographie de la wilaya de Saida, 152p.
93. **Duchaufour Ph., Parde J., Jacamon M., Debazac E.F., 1958.** Un exemple d'utilisation pratique de la cartographie des stations : la forêt du Ban d'Étival (Vosges). *Rev. forest. Franc.* 10 : 597-630.
94. **Emberger L., 1930.** La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Revue Gen. Bot.* 42-46.
95. **Emberger L., 1955.** Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Lab. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier, 3-43.
96. **FAO., 1960.** La défense contre l'érosion éolienne. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, 99 p.
97. **Ferdinand B., 1996.** Précis de télédétection ; Applications thématiques. Volume 2, UREF (Université des réseaux d'expression française) Sillery, Québec. Presse de l'université de Québec, Canada, 670p.
98. **Floret Ch., Pontanier R., 1982.** L'aridité en Tunisie présaharienne : Climat, sol, végétation et aménagement. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., Paris, 544p.
99. **Frontier S., Pichod-Viale D., Lepretre, A., Davoult, D., Luczak C., 2008.** Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. 4^e édition. Dunod, Paris. 558p.
100. **Gharzouli R., Djellouli Y., 2005.** Diversité floristique de la Kabylie des Babors (Algérie). *Sécheresse*, 16 : 217-223.
101. **Gharzouli R., 2007.** Flore et végétation de la Kabylie des Babors. Etude floristique et phytosociologique des groupements forestiers et post forestiers des Djebels Takoucht, Adrar Ou Mellal, Tababort et Babor. Thèse de Doct. D'état. Univ. De Sétif (Algérie). 253 p. + annexe.
102. **Gillet F., Foucault B., Julve Ph., 1991.** La phytosociologie synusiale intégrée : objets et concepts. *Candollea*, 46 : 315-340.
103. **Gillet F., 2000.** La Phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique. Université de Neuchâtel, Institut de Botanique. Doc. Labo. Ecol. Vég., 1, 68 p.
104. **Girard M., 2000.** Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, 529 p.
105. **Greig-Smith P., 1983.** Quantitative plant ecology. Oxford, 3^e éd, 359 p.
106. **Guinochet M., 1951.** Contribution à l'étude phytosociologique du sud tunisien. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 42, 131-153.
107. **Guinochet M., Quezel P., 1954.** Reconnaissance phytosociologique autour du grand Erg occidental. *Trav. Inst. Rech. Sah. Alger*, 12 : 11-27.

- 108. Guinochet M., 1967.** L'écologie végétale : quelques remarques sur ses fondements et ses objectifs. Mises à jour scient., I, 387-402.
- 109. Guinochet M., 1973.** Phytosociologie. Ed Masson, Paris, 227 p.
- 110. Gounot M., 1969.** Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson éd., Paris, 314p.
- 111. Grime J. P., 1977.** Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist* 111 : 1169 - 1194.
- 112. 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>.
- 113. HCDS, 2003.** Haut-Commissariat au Développement de la Steppe. Rapport d'activité annuel. Département d'aménagement pastoral, 16p.
- 114. HCDS, 2012.** Haut-Commissariat au Développement de la Steppe. Commissariat Régional Saïda. Rapport d'activité annuel, 10p.
- 115. Henni M., Mehdadi Z., 2012.** Evaluation préliminaire des caractéristiques édaphiques et floristiques des steppes à armoise blanche dégradées réhabilitées par la plantation d'*Atriplex* dans la région de saïda (Algérie occidentale). *Acta Botanica Gallica*, 159 (1) : 43-52 pp.
- 116. Henni M., 2013.** Evolution spatio-temporelle de la végétation et du sol sous *Atriplex canescens* et rôle de cette espèce dans l'amélioration de l'offre fourragère des parcours steppiques dégradés de la wilaya de SAIDA (Algérie occidentale). Thèse de Doctorat d'état, Faculté des sciences département des sciences de l'environnement, Univ. Sidi-Bel-Abbes, Algérie, 146p.
- 117. Hirche A., 1995.** Contribution à l'étude de l'image satellitaire à l'inventaire cartographique et phytoécologique d'une zone présaharienne. Cas de Ouled Djellal. Mémoire de magister, université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger.
- 118. 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.
- 119. Hounnankpon Y., aristide C. A., Akpovi A., Bruno D., 2012.** Diversité spatiotemporelle des ressources florales autour d'un rucher en zone de végétation de transition soudano-guinéenne au Bénin, *Acta Botanica Gallica*, 159 (1) : 97-108.
- 120. Huete A., 1988.** A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 309p.
- 121. I.N.R.F., 2014.** Institut National des Recherches forestières. Données climatiques de la région de Ain Skhoua période 1983-2013.
- 122. 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.

123. **Kadi-Hanifi H. 1998.** L'alfa en Algérie. Thèse de doctorat, USTHB, Alger, 270p.
124. **Kadi-Hanifi H., 2003.** Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. *Sécheresse*, **3**, 169-179.
125. **Kadik B., 1987.** Influence du climat sur la répartition naturelle du Pin d'Alep en Algérie. *Ann. Recherche Forestière en Algérie* 2 : P 64-83.
126. **Kefifa A., 2004.** Conservation de la biodiversité végétale en milieu steppique, cas de la région de Mâamora (Saida, Algérie). Mémoire de Magister, C.U Mascara, 146p.
127. **Kefifa A., 2013.** Contribution à l'étude et à la cartographie de l'impact des pressions anthropozoogènes et climatiques sur les ressources naturelles des monts de Saïda (Algérie) Thèse doctorat, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 246 p.
128. **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.
129. **Killian CH., 1948.** Nouvelles observations sur les conditions édaphiques et la réaction des plantes indicatrices dans les réserves des pâturages de la région alfatière algérienne. *Ann. Inst. Agric.*, Alger, 4 (10) : 1-36 pp.
130. **Khalidi A., 2011.** Elevage et processus de désertification de la steppe algérienne, *Rev Eco Env.* (7) : 101-112 pp.
131. **Khalidi A., 2014.** La gestion non-durable de la steppe algérienne. VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Regards / Terrain, mis en ligne le 10 septembre 2014, consulté le 27 janvier 2017. URL : <http://vertigo.revues.org/15152> ; DOI : 10.4000/vertigo.15152
132. **Labani A., 2005.** Cartographie écologique et évaluation permanente des ressources naturelles et des espaces productifs dans la wilaya de SAIDA. Thèse doctorat, Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbés. 226 p.
133. **Labani L., Benabdeli K., Kefifa A., 2006.** Fluctuations climatiques et dynamique de l'occupation de l'espace dans la commune de Ain El Hadjar (Saïda, Algérie) *Sécheresse*, 17 (3) : 391-399 pp.
134. **Lagarde J., 1983.** Initiation à l'analyse des données. Dunod, Paris, 158 p.
135. **Lapie G., 1909.** Les divisions phytogéographiques de l'Algérie. *C. R. Acad. Scien.* 148 (7) : 433-435.
138. **Laporte O., 2002.** Structuration, mise à jour et exploitation d'une base de données localisé au service d'un projet de géographie urbaine. Centre de recherche de l'IRD (Bondy, Seine-Saint-Denis-93), 23p.

- 139. Latreche A., 2004.** Ecologie fonctionnelle des écosystèmes steppiques du sud de la wilaya de sidi-bel-abbes. Thèse de Doctorat d'état, Faculté des sciences département des sciences de l'environnement, Univ. Sidi-Bel-Abbes, Algérie, 130p.
- 140. Le Floch E., 2001.** Biodiversité et gestion pastorale en zones arides et semi-arides méditerranéennes de Nord de l'Afrique. *Boccone*, 13 : 223-237.
- 141. Le Houérou, H. N., 1959.** Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. Inst. de Rech. Sah. Alger. Mém. H.S, 510 p.
- 142. Le Houérou H.N., 1968.** La désertisation du Sahara septentrional et des steppes limitrophes. *Annales algérienne de géographie* 6 :2-27 pp.
- 143. 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.
- 144. 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.
- 145. 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.
- 146. 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.
- 147. Le Houérou H.N., 1989.** "Situation actuelle des parcours en Afrique du nord". *Ass. Franç. De pastoralisme*, Montpellier, 12p.
- 148. Le Houérou H.N., 1998.** A probabilistic approach to assessing arid rangelands' productivity, carrying capacity and stocking rates. IFAD series: technical reports, 159–172.
- 149. 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.
- 150. Lemée, G., 1978.** Précis d'écologie végétale, Paris, Masson, 285 p.
- 151. Lillesand T. M., et Kiefer R. W., 2000.** Remote Sensing and Image Interpretation (4th ed.), *John Wiley & Sons, Inc.*
- 152. Long G., 1975.** Diagnostic phytoécologique et aménagement du territoire. Tome 1- 2. Ed. Masson. Paris.
- 153. Lozet J., Mathieu C., 1990.** Dictionnaire de science du sol. Deuxième édition, Lavoisier, 86.266 p.
- 154. Lucas G., 1952.** Bordure nord des Hautes Plaines dans l'Algérie occidentale. Primaire. Jurassique. Analyse structurale. Monogr. Région XIXème. Congr. géol.inter. Alger, sér.1, n°21, 139p.

155. **Maire R., 1926.** Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Gouv. Gén. De l'Algérie, 78 p.
156. **Manière R., Chamignon C., 1986.** Cartographie de l'occupation des terres en zone aride méditerranéenne par télédétection spatiale. *Ecologia Mediterranea*, XII (1,2) : 159-185.
157. **Maniere R., 1987.** Télédétection spatiale et aéroportée et systèmes d'information géocodée sur l'environnement : principes généraux et étude de quelques domaines d'applications Université d'Aix-Marseille III, Thèse de doctorat d'Etat.
158. **Manière R., Courboules J., Celles J.C., Chamignon C., Bouzenoune A., Melzi S., Djebaili S., Kermad M., 1989 .** Inventaire des ressources naturelles renouvelables en zone aride méditerranéenne : évaluation de l'apport des données à moyenne résolution spatiale (Landsat MSS). Photo-Interprétation. Images aériennes et Spatiales, 89-3 et 4-3 : 17-30.
159. **Maniere R., Bassisty E., Celles J.C., Melzi S., 1993.** Utilisation de la télédétection spatiale (données XS de spot) pour la cartographie de l'occupation du sol en zones arides méditerranéennes : exemple d'Aïn Oussera (Algérie). Cahier ORSTOM, série pédologique, vol. xxviii, no 1, pp. 67-80.
160. **Martin J., 2000.** Sistemas de informacion geografica, aplicacion del GIS à la gestion forestal. Universidad d'Alicante. 50 p.
161. **Médail, F., and P. Quézel. 1997.** Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84:112–127.
162. **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.
163. **Mequignon L., Croisille G., Lejeune V., 2005.** Application de la télédétection à l'étude des zones humides : identification des prairies, des roselières, des peupleraies et des gravières Institut français de l'environnement -Office national de la chasse et de la faune sauvage 132p.
164. **Metzger K., Coughenour M., Reich R., Boone R., 2005.** Effects of seasonal grazing on plant species diversity and vegetation structure in a semi-arid ecosystem. *Journal of Arid Environments* 61: 147-160.
165. **Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2003.** Ecosystems and Human Well-Being. A Framework For Assessment, Washington D.C., Island Press, 266p.
166. **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.

167. **Modallal M., Al-Charchafchi F., 2006.** Allelopathic Effect of *Artemisia herba alba* on Germination and Seedling Growth of *Anabasis setifera*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9: 1795-1798.
168. **Monjauze A., Faurel L., Schotter G., 1955.** Note préliminaire sur un itinéraire botanique dans la steppe et le Sahara septentrional algérois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, Alger, 46 : 206-230.
169. **Montchaussé G., 1977.** La steppe algérienne : Causes et effets d'une désertisation. In *Peuples méditerranéens n° : 1* (Oct-Déc), Editions Anthropos, Paris, 123-151p.
170. **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.
171. **Nedjraoui D., 1997.** Etat, conservation et gestion des écosystèmes forestiers steppiques et sahariens en Algérie. Rapport d'expert PNAE, Banque Mondiale, 89p.
172. **Nedjraoui D., 2002.** Les ressources pastorales en Algérie. Doc FAO en ligne : www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm.
173. **Nedjraoui D., 2004.** Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques Algériennes et définition des indicateurs de dégradation. *Options méditerranéennes*, 62 : 239-243 pp.
174. **Nedjraoui D., 2012.** Profil fourrager (Algérie), Doc FAO en ligne : <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm>.
175. **Nègre R., 1966.** Les thétophytes. *Mem. Soc. Bot. Fr.* : 92 - 108.
176. **O.N.S., 1999.** Office National des Statistiques. Annuaire statistique de l'Algérie, résultats 1996. Alger. 359 pages.
177. **O.N.M., 2014.** Office National de météorologie : Rapport des données annuelles de de la wilaya de Saida. Station de Rebahia. Période 1983-2013.
178. **Ozenda P., 1954.** Observations sur la végétation d'une région semi-aride : les hauts plateaux du sud-algérois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 45(3- 4) : 189-223p.
179. **Ozenda P., 1977.** La flore du Sahara septentrional et central, 2^{ème} Ed. CNRS. Paris, 622 p.
180. **Ozenda P., 1982.** Les végétaux dans la biosphere. Ed. Doin. 431p.
181. **Ourdas T., 1983.** Sédimentologie des grès de Sidi Amar ou grès de Franchetti dans les Monts de Saida et les Monts de Daya (Algérie). Thèse doctorat, Université scientifique et médicale de Grenoble, France, 149p.
182. **Pouget M., 1977.** Cartographie des zones arides : pédologie, géomorphologie, groupements végétaux, aptitudes du milieu à la mise en valeur : région de Messad- Aïn El Ibel. D.E.M.R.H. O.R.S.T.O.M, Notice, 64 p.

- 183. Pouget M., 1980.** Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. Edition ORSTOM., Paris, 569 p.
- 184. 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.
- 185. 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.
- 186. Quèzel P., 1978.** Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Ann. Missouri Bot. Garden*. 65: 479-537.
- 187. Quézel, P., 1983.** Flore et végétation actuelles de l'Afrique du Nord, leur signification en fonction de l'origine, de l'évolution et des migrations des flores et structures de végétation passées. *Bothalia* 14(3/4) : 411-416
- 188. Quézel, P., 1995.** La flore du bassin méditerranéen : origine, mise en place, endémisme. *Écol. Méd*, 2 (1-2) : 19-39.
- 189. Quézel P., Médail F., Loisel R., Barbero M., 1999.** Biodiversité et conservation des essences forestières du bassin méditerranéen. *Unasylva*, 197 : 21-28.
- 190. Quézel P., 2000.** Réflexion sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Édit. Ibis press, Paris, 117p.
- 191. Ramade. F., 1984.** Élément d'écologie, 3^{ème} édition, Masson, Paris, 432p.
- 192. Raunkiaer, C., 1934.** The life forms of plants and statistical plant. Geography Claredon Press, Oxford.
- 193. Rognon P., 1996.** Sécheresse et aridité : leur impact sur la désertification au Maghreb. *Sécheresse*, 7 (4) : 287-297.
- 194. 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
- 195. Saidi A., 2012.** Evaluation de la végétation naturelle dans les steppes à armoise blanche de la région de Saida. Mémoire de magister, Faculté des sciences département des sciences de l'environnement, Univ. Sidi-Bel-Abbes, Algérie, 148p.
- 196. Saidi A., Mehdadi S., 2015.** Evaluation of Plant Diversity in the Steppes of White Wormwood of the Region of Saida (Western Algeria). *Open Journal of Ecology*, 5: 491-500.
- 197. Sari Ali A., 2004.** Etude des relations sol-végétation de quelques halophytes dans la région Nord de Remchi. Mém. Mag. Univ. Tlemcen. 199p.
- 198. S.A.T.E.C., 1976.** Etude développement intégré de la daïra de Saida. Rapport technique, 93 p.
- 199. Sauvage C., 1963.** Etages bioclimatiques. Atlas du Maroc. Notices applicatives. *Physio. Du globe et météo.* N°6 b, 31p.

200. **Seltzer P., 1946.** Le climat de l'Algérie, institut de météo et de Phys. du globe de l'Univ. D'Alger, et une carte couleur H-T. 219 p.
201. **Si Tayeb T., 2006.** Application de la Géomatique dans l'étude de la dynamique de la Végétation dans la plaine de la Macta. Mémoire de magister, Centre Universitaire de Mascara, 136p.
202. **Soudani K., 2005.** Introduction Générale à La Télédétection, Bases physiques et exemples d'applications aux couverts végétaux. Université Paris Sud XI. 163p.
203. **Stewart P., 1968.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 59 : 23-36.
204. **Tabet Aoul M., 1998.** 'Développement Durable et Stratégie de l'Environnement', OPU, Alger, 1998.
205. **Tarhouni M., Ouled Belgacem A., Neffati M., et Henchi B., 2006.** Validation de quelques attributs structuraux de l'écosystème sous l'effet de la sécheresse saisonnière et la pression animale autour de points d'eau en zone aride tunisienne. *Belgian Journal of Botany* 139 (2) : 188-202.
206. **Terras M., 2011.** Typologie, cartographie des stations forestières et modélisation des peuplements forestiers. Cas des massifs forestiers de la wilaya de Saida (Algérie). Thèse doctorat, Université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen, 386 p.
207. **Tonon M., 2009.** Introduction à la Télédétection, doc.pdf, IGN France International.
208. **Trabut L., 1887.** from Oran to Méchéria. Botanical Notes and Catalog Remarkable Plants. Algiers, 36 p.
209. **Trabut L., 1889.** Étude sur l'Halfa. Jourdan, Alger, 90 p.
210. **Tremblin G., 2000.** Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis* : Plante pionnière des Sebkhas de l'Ouest algérien. *Sécheresse*, 11 (2) : 109-117.
211. **Tucker C., Justice C., et Prince S., 1986.** Monitoring the grasslands in the Sahel 1984-1985, *International Journal of Remote Sensing*, 7: 1571-1581.
212. **URBT., 1982-1987.** Etude phytoécologique et pastorale de la wilaya de Djelfa (2 500 000 hectares). Etude d'aménagement pastoral sur deux zones pilotes (Ain Oussera et Messaad). 7 cartes + documents de synthèse.
213. **URBT., 1988-1991.** Etude phytoécologique et pastorale de la Daïra de Ouled Djellal (wilaya de Biskra). 6 cartes au d'occupation des terres et pastorales + rapport de synthèse.
214. **Weexteen R., 1977.** Révolution agraire et pastoralisme. In « Problèmes agraires au Maghreb », Editions CNRS, Paris, pp 195-201.
215. **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.

Annexes

Annexe 1 : Relevés floristiques (année 2013)

Station 1

Commune	Moulay Larbi								
Lieu-dit	Hasba								
N° de relevé	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Surface du relevé (m²)	100								
Altitude (m)	1021								
Recouvrement en %	20	29	16	22	20	30	18	23	11
Profondeur du sol (cm)	8	7	11	8	7	10	9	8	8
Exposition	Sans	Sans	Sans	SE	SE	SE	SE	SE	SE
Pente en %	Nulle	Nulle	Nulle	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Coordonnées	N 34°29'31.7" W 000°02'53.7"								
<i>Artemisia herba alba</i>	2.1	2.1	1.1	2.1	2.1	2.1	1.1	1.1	2.1
<i>Anacyclus cyrtolipidioides</i>	--	+1	+1	--	--	+1	--	+1	--
<i>Astragalus incanus</i>	+1	+1	--	+1	--	+1	+1	--	+1
<i>Astragalus cruciatus</i>	-	-	-	-	+1	+1	-	-	-
<i>Atractylis humilis ssp Caespitosa</i>	-	-	+1	-	-	-	-	-	+1
<i>Atractylis serratuloides</i>	-	+1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bromus rubens</i>	+1	+1	-	+1	+1	+1	-	+1	+1
<i>Ceratocephalus falcatus</i>	-	+1	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Echium pycnanthum ssp eu-pycnanthum</i>	-	-	+1	-	-	-	-	+1	-
<i>Echium pycnanthum ssp humile</i>	-	-	-	-	-	-	-	+1	-
<i>Filago spathulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+1
<i>Hedypnois cretica</i>	+1	+1	-	-	+1	+1	-	+1	-
<i>Helianthemum apertum</i>	-	+1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helianthemum virgatum</i>	-	-	-	+1	-	-	-	+1	-
<i>Herniaria hirsuta</i>	-	+1	-	-	-	-	-	+1	+1
<i>Hordeum murinum</i>	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Koeleria pubescens</i>	-	+1	+1	+1	-	+1	-	-	+1
<i>Lappula Redowskii</i>	+1	-	-	+1	-	-	+1	-	-
<i>Launea nudicaulis</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-	-	+1
<i>Limonium echioides</i>	-	-	-	+1	-	+1	-	-	-
<i>Lomelosia stellata</i>	-	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Lygeum spartum</i>	+1	+1	+1	-	+1	+1	-	-	-
<i>Malva aegyptiaca</i>	+1	-	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1
<i>Medicago minima</i>	-	+1	+1	-	-	-	-	-	-

<i>Micropus bombycinus</i>	-	-	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Muricaria prostrata</i>	-	+1							
<i>Noaea mucronata</i>	-	+1	+1	1.1	+1	+1	+1	2.1	2.1
<i>Nonnea micrantha</i>	+1	-	+1	-	-	-	-	-	-
<i>Peganum harmala</i>	-	-	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Plantago albicans</i>	-	-	-	+1	-	-	-	-	+1
<i>Poa bulbosa</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1
<i>Salvia verbenaca</i>	-	+1	-	+1	-	+1	+1	-	+1
<i>Schismus barbatus</i>	-	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	-
<i>Stipa parviflora</i>	+1	+1							
<i>Stipa tenacissima</i>	-	-	1.1	-	-	2.1	-	-	1.1
<i>Thapsia garganica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+1
<i>Trigonella polycerata</i>	+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Total espèces par station						37			

Station 2

Commune	Sidi Ahmed								
Lieu dit	Sfid								
N° de relevé	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Surface du relevé (m²)	100								
Altitude (m)	1090								
Recouvrement en %	60	55	45	40	65	40	60	60	50
Profonfeur du sol en cm	14	7	8	9	15	10	9	12	10
Exposition	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans
Pente	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Coordonnées	N 34°29'03.4" E 000°00'54.0"								
<i>Artemisia herba alba</i>	4.1	4.1	3.1	3.1	4.1	3.1	4.1	4.1	4.1
<i>Astragalus cruciatus</i>	+1	-	+1	-	-	-	-	-	-
<i>Astragalus incanus</i>	-	-	-	-	+1	-	+1	-	-
<i>Echium pycnanthum ssp humile</i>	-	+1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Filago spathulata</i>	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	-	-
<i>Herniaria hirsuta</i>	-	+1	-	-	+1	-	-	-	-
<i>Hordeum murinum</i>	-	-	-	-	-	+1	+1	-	-
<i>Iris sisyrinchium</i>	-	-	-	-	-	+1	+1	-	-
<i>Lygeum spartum</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-	-
<i>Malva aegyptiaca</i>	-	-	-	-	-	-	+1	-	-
<i>Micropus bombycinus</i>	+1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Noaea mucronata</i>	-	+1	-	-	+1	+1	+1	-	-
<i>Orobanche levis</i>	-	+1	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Paronychia arabica</i>	-	+1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schismus barbatus</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1
<i>Stipa parviflora</i>	-	+1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thapsia garganica</i>	-	-	+1	-	-	-	-	-	-
Total espèces par station	17								

Station 3

Commune	Sidi Ahmed								
Lieu dit	Bordj El May								
N° de relevé	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Surface du relevé (m²)	100								
Altitude (m)	1110								
Recouvrement en %	35	10	20	25	40	50	40	25	40
Profonfeur du sol en cm	10	12	9	13	13	16	12	11	8
Exposition	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans
Pente	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Coordonnées	N 34°25'40.6'' E 000°22'28.9''								
<i>Artemisia herba alba</i>	2.1	1.1	2.1	2.1	1.1	3.1	2.1	2.1	2.1
<i>Alyssum linifolium</i>	-	-	+1	+1	-	-	-	-	-
<i>Astragalus incanus</i>	+1	-	-	-	+1	+1	+1	+1	-
<i>Atractylis serratuloides</i>	-	-	+1	-	-	-	-	-	-
<i>Bromus rubens</i>	+1	-	-	+1	-	+1	+1	+1	+1
<i>Filago spathulata</i>	-	-	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Helianthemum apertum</i>	+1	+1	+1	-	+1	-	+1	+1	+1
<i>Helianthemum virgatum</i>	-	-	+1	-	+1	-	-	-	-
<i>Herniaria hirsuta</i>	+1	-	-	+1	+1	-	-	-	-
<i>Hordeum murinum</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Iris sisyrinchium</i>	-	-	-	+1	+1	+1	+1	-	-
<i>Lygeum spartum</i>	-	-	+1	-	-	+1	+1	+1	+1
<i>Medicago minima</i>	-	-	-	-	-	-	+1	-	-
<i>Muricaria prostrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+1
<i>Noaea mucronata</i>	-	+1	-	+1	+1	-	-	+1	-
<i>Orobanche levis</i>	+1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Plantago albicans</i>	+1	-	-	-	-	-	+1	+1	-
<i>Poa bulbosa</i>	-	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Salvia verbenaca</i>	-	-	-	-	-	-	-	+1	-
<i>Schismus barbatus</i>	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Stipa parviflora</i>	-	-	-	+1	+1	-	-	+1	-
<i>Thymeleae microphylla</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Total espèces par station	22								

Station 4

Commune	Maamora								
Lieu-dit	Oued Halouf								
N° de relevé	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Surface du relevé (m²)	100								
Altitude (m)	1081								
Recouvrement en %	55	40	50	45	60	50	50	45	60
Profondeur du sol (cm)	14	15	18	14	20	15	13	15	17
Exposition	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO
Pente en %	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Coordonnées	N 34°36'50.2" E 000°27'12.7"								
<i>Artemisia herba alba</i>	4.1	3.1	3.1	4.1	4.1	3.1	4.1	4.1	4.1
<i>Agropyron repens</i>	-	-	-	-	+1	+1	-	+1	-
<i>Alyssum linifolium</i>	+1	-	-	-	-	+1	-	-	+1
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	+1	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Arnebia decumbens</i>	-	-	+1	-	-	-	-	-	+1
<i>Astragalus cruciatus</i>	+1	+1	+1	+1	-	-	-	+1	-
<i>Astragalus incanus</i>	-	+1	+1	+1	-	-	-	-	-
<i>Atractylis cancellata</i>	-	+1	+1	-	-	-	+1	+1	-
<i>Atractylis humilis ssp Caespitosa</i>	-	-	-	-	+1	+1	+1	-	-
<i>Bromus rubens</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Carduncellus pinnatus</i>									
<i>Ceratocephalus falcatus</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1
<i>Diploaxis Pitardiana</i>	-	+1	-	-	+1	-	-	-	+1
<i>Echium pycnanthum ssp eu-pycnanthum</i>	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	-
<i>Echium pycnanthum ssp humile</i>	+1	+1	-	-	+1	-	-	-	+1
<i>Erodium triangulare</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+1
<i>Eruca vesicaria</i>	+1	+1	-	+1	-	-	+1	-	+1
<i>Euphorbia falcata</i>	+1	-	+1	+1	+1	-	+1	-	-
<i>Hedypnois cretica</i>	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Helianthemum apertum</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-	-
<i>Helianthemum hirtum</i>	-	-	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1
<i>Helianthemum pilosum</i>	+1	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Helianthemum virgatum</i>	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1
<i>Herniaria hirsuta</i>	+1	-	-	+1	-	-	-	-	+1
<i>Hordeum murinum</i>	-	-	+1	-	-	-	+1	-	-
<i>Iris sisyrinchium</i>	+1	-	+1	-	+1	+1	-	+1	+1
<i>Koeleria pubescens</i>	+1	-	-	+1	+1	+1	+1	-	+1

<i>Lappula spinocarpus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+1	-
<i>Lappula Redowskii</i>	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1
<i>Launea nudicaulis</i>	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Limonium echioides</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Lotus creticus</i>	+1	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Malva aegyptiaca</i>	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Medicago minima</i>	+1	+1	+1	+1	-	-	+1	-	-
<i>Medicago truncatula</i>	-	-	-	-	-	-	+1	-	-
<i>Micropus bombycinus</i>	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Minuartia campestris</i>	+1	+1	-	+1	-	-	+1	+1	-
<i>Muricaria prostrata</i>	-	-	-	+1	-	-	+1	-	-
<i>Nonnea micrantha</i>									
<i>Onopordon arenarium</i>	-	-	-	-	-	-	+1	-	-
<i>Orobanche levis</i>	-	-	+1	+1	-	-	-	-	-
<i>Plantago albicans</i>	+1	+1	+1	-	+1	+1	-	+1	-
<i>Poa bulbosa</i>	+1	+1	+1	+1	+1	-	-	+1	+1
<i>Salvia verbenaca</i>	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1
<i>Schismus barbatus</i>	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1
<i>Senecio gallicus</i>	-	-	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Stipa parviflora</i>	+1	-	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Thapsia garganica</i>	+1	+1	+1	-	+1	-	+1	+1	+1
<i>Trigonella polycerata</i>	-	-	-	+1			+1	+1	+1
Total espèces par station					49				

Station 5

Commune	Maamora								
Lieu-dit	Rdjem El Ogab								
N° de relevé	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Surface du relevé (m²)	100								
Altitude (m)	1109								
Recouvrement en %	55	50	40	55	50	45	50	45	45
Profondeur du sol (cm)	8	9	9	11	7	13	8	9	12
Exposition	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans
Pente en %	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Coordonnées	N 34°39'19.0" E 000°37'58.4"								
<i>Artemisia herba alba</i>	2.1	3.1	3.1	2.1	3.1	2.1	3.1	3.1	3.1
<i>Agropyron repens</i>	-	+1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	+1	-	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	-	-	+1	-	-	-	-	-	-
<i>Astragalus cruciatus</i>	-	-	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Astragalus incanus</i>	-	-	+1	-	-	-	-	-	-
<i>Atractylis cancellata</i>	+1	-	+1	+1	-	+1	+1	-	+1
<i>Atractylis carduus</i>	-	-	+1	-	-	-	-	-	-
<i>Atractylis humilis ssp Caespitosa</i>	+1	-	+1	-	-	+1	-	-	-
<i>Brachypodium Distachyum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+1	+1
<i>Bromus rubens</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Bupleurum Semicompositum</i>	-	-	+1	-	-	+1	-	-	-
<i>Ceratocephalus falcatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+1
<i>Echium pycnanthum ssp eu-pycnanthum</i>	-	+1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Echium pycnanthum ssp humile</i>	+1	-	+1	+1	-	+1	-	+1	+1
<i>Euphorbia falcata</i>	-	-	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Evax pygmaea</i>	-	-	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Filago spathulata</i>	+1	-	-	-	-	+1	-	-	+1
<i>Hedypnois cretica</i>	+1	-	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Helianthemum apertum</i>	+1	-	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1
<i>Helianthemum virgatum</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Hordeum murinum</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Iris sisyrinchium</i>	-	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Koeleria pubescens</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Launea nudicaulis</i>	-	-	-	+1	-	-	-	+1	+1
<i>Limonium echioides</i>	-	-	-	-	-	-	-	+1	-
<i>Lygeum spartum</i>	-	-	+1	+1	-	+1	-	-	-

[illegible]

Station 6

Commune	Maamora								
Lieu-dit	Mekmen								
N° de relevé	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Surface du relevé (m²)	100								
Altitude (m)	1050								
Recouvrement en %	50	55	40	40	45	55	50	35	45
Profondeur du sol (cm)	10	12	9	16	13	11	18	14	12
Exposition	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans
Pente en %	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Coordonnées	N 34°38'44.2" E 000°36'28.7"								
<i>Artemisia herba alba</i>	2.1	2.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	2.1	2.1
<i>Agropyron repens</i>	-	-	+1	-	+1	-	-	-	-
<i>Aizoon hispanicum</i>	-	-	+1	-	-	-	+1	+1	-
<i>Astragalus cruciatus</i>	-	-	+1	-	-	+1	-	-	-
<i>Astragalus incanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+1	-
<i>Atractylis cancellata</i>									
<i>Atractylis humilis ssp Caespitosa</i>	-	-	-	-	+1	-	-	-	-
<i>Atractylis serratuloides</i>	-	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Bromus rubens</i>	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Ceratocephalus falcatus</i>	+1	-	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1
<i>Echium pycnanthum ssp eu-pycnanthum</i>	+1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Echium pycnanthum ssp humile</i>	+1	-	-	-	-	-	+1	+1	-
<i>Eruca vesicaria</i>	-	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Euphorbia falcata</i>	+1	-	+1	-	-	-	-	-	-
<i>Filago spathulata</i>	+1	-	-	-	+1	-	+1	-	-
<i>Helianthemum apertum</i>	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-
<i>Helianthemum virgatum</i>	-	-	+1	+1	-	+1	+1	-	-
<i>Hordeum murinum</i>	+1	-	-	-	+1	-	-	+1	+1
<i>Iris sisyrinchium</i>	-	-	+1	-	-	-	-	-	+1
<i>Koeleria pubescens</i>	+1	+1	+1	+1	-	+1	-	-	-
<i>Lappula Redowskii</i>	+1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Malva aegyptiaca</i>	+1	+1	-	-	+1	-	-	+1	+1
<i>Medicago minima</i>	-	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Micropus bombycinus</i>	-	-	-	-	-	-	+1	-	-
<i>Minuartia campestris</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-
<i>Muricaria prostrata</i>	-	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Noaea mucronata</i>	+1	+1	-+1	+1	+1	+1	+1	+1	-

<i>Paronychia arabica</i>	-	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Poa bulbosa</i>	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Salvia verbenaca</i>	-	-	+1	-	+1	+1	-	-	+1
<i>Schismus barbatus</i>	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Silene setacea</i>	-	+1	-	-	-	-	-	-	+1
<i>Spergularia diandra</i>	+1	-	-	-	-	-	-	-	-
Total espèces par station						33			

Station 7

Commune	Ain Skhoua								
Lieu-dit	El Zaouia								
N° de relevé	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Surface du relevé (m²)	100								
Altitude (m)	1116								
Recouvrement en %	35	20	25	25	20	25	40	35	20
Profondeur du sol (cm)	30	35	20	35	30	30	25	18	24
Exposition	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO
Pente en %	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Coordonnées	N 34°30'38.7" E 000°49'39.6"								
<i>Artemisia herba alba</i>	1.1	2.1	2.1	1.1	1.1	2.1	1.1	2.1	2.1
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>	-	-	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Astragalus cruciatus</i>	-	-	-	-	+1	-	-	+1	-
<i>Astragalus incanus</i>	+1	-	+1	-	-	-	-	-	+1
<i>Atractylis cancellata</i>	-	+1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Atractylis carduus</i>	+1	-	-	-	-	-	-	+1	-
<i>Atractylis humilis ssp Caespitosa</i>	1.1	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Atractylis serratuloides</i>	+1	+1	+1	+1	-	-	-	-	-
<i>Atriplex glauca</i>	-	+1	-	+1	+1	+1	-	+1	-
<i>Atriplex halimus</i>	+1	-	-	-	-	-	-	+1	-
<i>Bromus rubens</i>	-	+1	+1	-	-	+1	+1	+1	-
<i>Bupleurum Semicompositum</i>	-	+1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	-	+1	+1	+1	-	-	+1	+1	+1
<i>Echium pycnanthum ssp humile</i>	-	-	+1	-	-	-	-	+1	-
<i>Filago spathulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	+1	+1
<i>Hedypnois cretica</i>	-	+1	-	-	-	+1	+1	+1	+1
<i>Helianthemum apertum</i>	-	-	+1	-	-	-	-	-	-
<i>Helianthemum hirtum</i>	+1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Herniaria hirsuta</i>	+1	-	+1	+1	+1	+1	-	+1	-
<i>Hordeum murinum</i>	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Iris sisyrinchium</i>	-	+1	+1	+1	-	+1	-	-	-
<i>Koelpinia linearis</i>	+1	+1	-	+1	+1	+1	-	-	-
<i>Launea nudicaulis</i>	-	-	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1
<i>Leontodon hispidulus</i>	-	+1	-	-	-	+1	-	-	-
<i>Lygeum spartum</i>	+1	-	+1	+1	+1	-	-	+1	+1
<i>Medicago minima</i>	-	-	-	-	-	-	+1	-	-
<i>Muricaria prostrata</i>	+1	-	-	-	-	-	-	-	-

<i>Noaea mucronata</i>	-	-	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Onopordon arenarium</i>	-	-	-	+1	-	-	-	-	-
<i>Paronychia arabica</i>	+1	-	-	-	-	+1	+1	-	+1
<i>Peganum harmala</i>	+1	-	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1
<i>Plantago albicans</i>	+1	-	+1	-	-	-	+1	+1	+1
<i>Salsola vermiculata</i>	+1	2.1	1.1	1.1	1.1	1.1	+1	+1	+1
<i>Salvia verbenaca</i>	-	-	-	+1	-	+1	+1	+1	-
<i>Schismus barbatus</i>	+1	-	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1
<i>Silybum marianum</i>	-	-	-	-	-	-	+1	-	-
<i>Stipa parviflora</i>	1.1	-	+1	-	+1	+1	+1	-	+1
<i>Suaeda fruticosa</i>	1.1	1.1	+1	+1	-	+1	-	1.1	-
<i>Thesium humile</i>		+1			+1			+1	+1
<i>Thymeleae microphylla</i>	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Total espèces par station					40				

*L'article publié dans la
revue scientifique*

Evaluation of Plant Diversity in the Steppes of White Wormwood of the Region of Saida (Western Algeria)

Saidi Abdelmoumen*, Mehdadi Zoheir

Laboratory of Plant Biodiversity: Conservation and Valorization, University of Djillali Liabes, Sidi Bel Abbès, Algeria

Email: saidimoumen@yahoo.fr

Received 9 August 2015; accepted 9 October 2015; published 12 October 2015

Copyright © 2015 by authors and Scientific Research Publishing Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This work is an evaluation of the plant diversity of the white Wormwood formations (*Artemisia herba-alba* Asso.) in the steppes rangelands of the south-eastern zone of Saida (municipality of Mâamora, Western Algeria). For this purpose, twenty-one phytoecological statements are carried out on three sample stations: an enclosure station where the white Wormwood is well developed and two other stations not protected where in one, the white Wormwood is moderately degraded and in the other one, it is strongly degraded. The factorial correspondences analysis (FCA) and the ascending hierarchical clustering (AHC) carried out on the floristic and edaphic parameters measured on these stations led to a hierarchy of the ecological factors determining the diversity of the studied plant formations with white Wormwood. The vegetation studied is marked by the dominance of the therophytes, particularly in the third station (very degraded station), while the enclosure station is essentially characterized by a high recovery rate and an important phytomass.

Keywords

Plant Diversity, Steppe, *Artemisia herba-alba* Asso., FAC, AHC

1. Introduction

The natural and ecological resources constitute a richness whose degradation represents a constraint to the human development, economics and a threat for social balance. The steppe vegetation plays a fundamental role in the structure and the running of the steppe ecosystem where it constitutes an expression of the biological poten-

*Corresponding author.

tial. However, natural vegetable cover is subjected to a double stress edaphic and climatic, on the one hand and anthropic, on the other hand [1]-[3].

Among the characteristic plants of the steppe landscape, the white wormwood (*Artemisia herba-alba* Asso.) by morphological and physiological characteristics represents a species well adapted to the arid climatic conditions. The white wormwood steppes by their extent, their homogeneity and their pastoral interest, constitute the current facies of the steppe area in south of Oran (Western Algeria). The vast areas are covered by these facies north of chotts Ech-cherGUI and gharbi along a band of 250 km [4]. Such as other steppe formations, the formations of white wormwood are in continuous degradation, under the pressure of the anthropic and climatic effects, which worsens the process of the desertification [5]. This results in a gradual reduction of the biological potential and reduces quantitatively and qualitatively the productive capacity of the natural environment. This decline is accompanied in some cases by a decrease in species richness and installation of a “banal flora” without interest to humans and animals [6].

The knowledge of the natural vegetation as a reflection of ecological conditions must allow a preliminary diagnosis, which can direct improvement actions and development of the steppe region [7] [8]. From this point of view, this work is registered whose objective is to highlight, by a phytoecological approach, the state of the phytodiversity in the steppe zone of Saïda (western of Algeria), particularly in the steppe of white wormwood in the municipality of Mâamora that unfortunately as other steppiques zones, remains subjected to a strong degradation. Let us note that no work of this kind has been carried out in the zone of study.

2. Materials & Methods

The study area is part of the high steppe plains of south oranians (municipality of Maâmora, Wilaya of Saida, west of Algeria). It is located between 0° and 1° longitude and 34° and 35° of northern latitude.

In accordance with the climatic data of the period 1978-2010 [9], the study area is characterized by a semi-arid climate with a fresh winter. Annual rainfall averages oscillate around 345 mm with a regime of type WSAS (winter-spring-autumn-summer) and the monthly average temperatures are between 8.3°C and 27.1°C. The dry period extends over a period of six months (from May to October).

In this study area, three stations are selected for our investigations:

- **station 1:** rangeland enclosure by the High Commission at the Development of Steppe (HCDS) since 2008, with a surface of 7000 ha, where the white wormwood is well developed (rate of total recovery = 59%, including 32% for the white wormwood);
- **station 2:** rangeland of white wormwood fairly degraded (rate of total recovery = 26%, including 12% for the white wormwood), with a surface of 2700 ha;
- **station 3:** rangeland of white wormwood strongly degraded, subjected to a strong anthropic pressure with a surface of 1600 ha (rate of total recovery = 14% including 8% for the white wormwood).

For the study of the vegetation, we adopted the method stigmatist of Braun Blanquet [10] which consists in taking floristic statements in period of optimal development of the vegetation, from April to May 2013. Twenty-one floristic statements are carried out with a rate of seven statements chosen randomly in each of the three stations. For every statement, we adopted a minimal area of 100 m² [11]. The selection of the sites of the statements is made by software MAP information for the choice of the points on the map and a GPS (GARMIN12 channels) for the materialization of these points on the field.

For each statement are noted the altitude, the rate of recovery and phytomass of the vegetation. The inventoried species are determined by using the flora of Algeria of Quézel and Santa [12], then divided in families, biological and biogeographic types corresponding. The determination of the total recovery is performed by the calculation of the projection surface of the air device of the vegetation studied compared to the total surface of the statement.

The estimate of aerial phytomass is made, in each statement, by whole mowing of the aerial part of the vegetation on a surface of 1 m², then brought back in paper bags to the laboratory for drying and weighing [13].

Three pedological statements were carried out in each station, on the level of each statement, the physicochemical analyses are carried out on taken samples of soil of the surface horizon, whose properties are often related to the human, agricultural or pastoral disturbances [14]. These analyses consist to evaluate texture, moisture, electric conductivity, pH, rate of total limestone and rate of organic matter [15].

The indices of similarity of Sorensen and Jaccard are used to compare the similarity of the floristic composi-

tion of the three stations; the indices of diversity of Shannon and equitability are used to evaluate their specific diversity [16] [17]. For the statistical processing of the results of the floristic and pedological analyses, we used the factorial correspondences analysis (FCA) and the ascending hierarchical classification (AHC). The FCA informs on the affinities between the analyzed elements. In our case, this analysis provides information about ecological affinities of the stations explored and the plant species which there are submit [18] [19]. The AHC allows to individualize the limits between the various variables [20].

3. Results & Discussion

On **Table 1** is represented the floristic list of the species inventoried in the three stations studied with their coefficients of abundance-dominance and sociability. 53 different species are listed in the three stations: 43 in the station 1, 39 in the station 2 and 31 in the station 3. On the 53 listed species, 43% are common to the three stations, 13% are exclusive for the station 1, 9% of the station 2 and 7% for the station 3.

The floristic richness of arid region depends primarily on the annual species, environmental conditions and the correlation of the whole of the characters (climate, edaphic conditions and exploitation) [21]. In accordance with the classification of Daget and Poissonet [22], the floristic census carried out indicates a rather important floristic richness in the stations 2 (39 species) and 3 (31 species) and important in the station 1 (43 species) (**Table 1**). This richness Compared to some past years [9] is explained by the remarkable rainfall (517 mm) recorded in the area of study during the year of execution of the statements (2013), which has favored the development of the therophytes whose contribution in the floristic composition exceeds 60%, according Daget [23], the appearance of the therophytes is strictly linked to seasonal rains.

From a point of view taxonomic, the inventoried species belong to 21 families (**Figure 1**). The most represented family is that of the Asteraceae with a rate of 19% for the station 1, 15% for the station 2 and 29% for the station 3. Then are placed in decreasing order the Poaceae (station 1: 12%, station 2: 18% and station 3: 16%). These

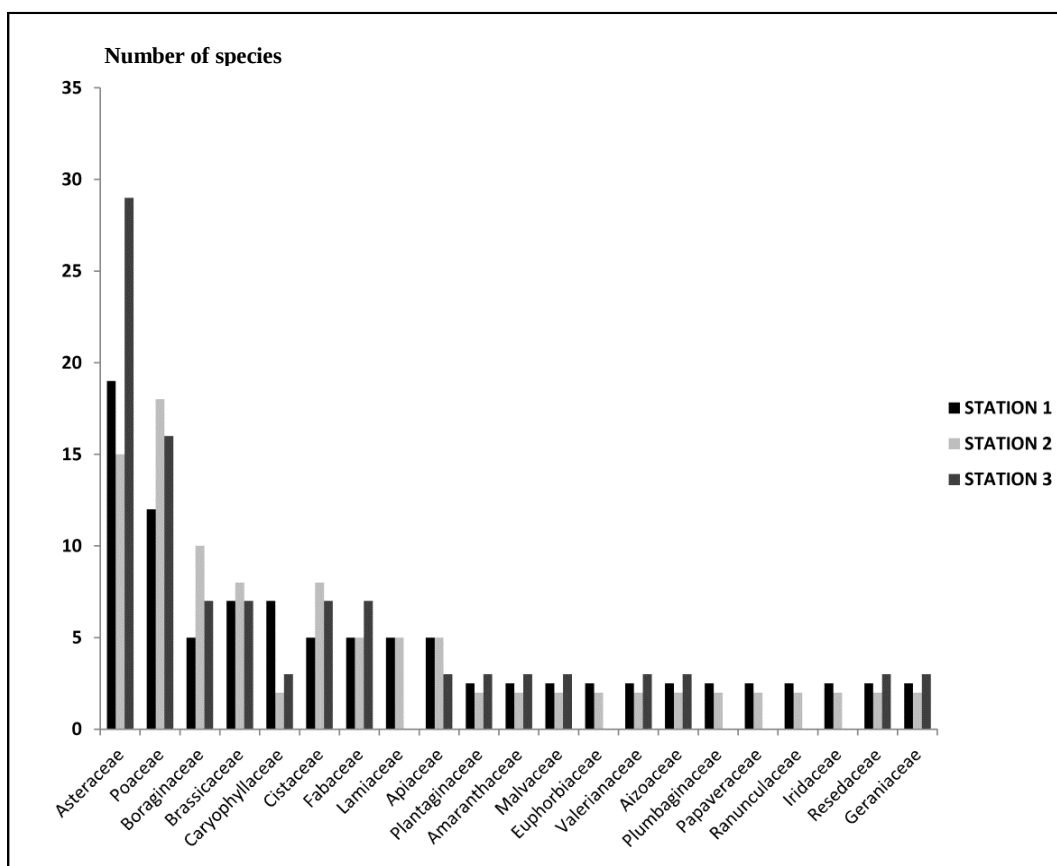


Figure 1. Biological specter of the vegetation in the three stations.

Table 1. Phytocological statments.

No.	Stations No. of statement	1							2							3						
		Spieces							Spieces							Spieces						
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
01	<i>Artemisia herba alba</i> Asso.	4.1	3.1	4.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	2.1	2.1	2.1	2.1	1.1	1.1	3.1	2.1	2.1	2.1	2.1	1.1	1.1
02	<i>Launaea nudicaulis</i> (L.)	1.1	+1	1.1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.1	+1	+1	+1	+1
03	<i>Adonis dentata</i> Del.	--	--	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
04	<i>Erodium cicutarium</i> L'Her.	--	--	--	--	+1	--	+1	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--
05	<i>Eruca vesecaria</i> (L.) Car.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	+1	+1	+1	+1	--
06	<i>Hedypnois cretica</i> (L.) Willd	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
07	<i>Limonium echiioides</i> L.	+1	--	+1	+1	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--	--
08	<i>Lithospermum apulum</i> (L.) Vahl	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--
09	<i>Papaver hybridum</i> L.	--	+1	+1	+1	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	<i>Paronychia argentea</i> (Pourr.) Lamk	+1	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	<i>Bupleurum semicompositum</i> L.	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	<i>Ferula communis</i> L.	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--
13	<i>Plantago albicans</i> L.	--	--	+1	--	+1	--	+1	+1	--	--	1.1	--	+1	--	+1	+1	--	1.1	--	+1	--
14	<i>Stipa parviflora</i> Desf.	--	+1	+1	--	--	+1	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	+1	+1	+1
15	<i>Aizoon hispanicum</i> L.	+1	--	--	+1	+1	+1	+1	--	--	--	--	+1	--	+1	--	--	--	--	--	--	--
16	<i>Alyssum linifolium</i> Steph.	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17	<i>Noaea mucronata</i> (Forsk) Asch et Schw.	--	--	1.1	--	--	--	--	--	+1	+1	+1	+1	+1	--	--	+1	+1	+1	+1	--	+1
18	<i>Schismus barbatus</i> (L.) Thell.	1.1	+1	+1	+1	+1	--	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
19	<i>Senecio gallicus</i> L.	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20	<i>Agropyron repens</i> (L.) P.b	--	--	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21	<i>Hordeum murinum</i> L.	--	+1	--	+1	+1	+1	1.1	--	+1	+1	+1	+1	+1	1.1	--	+1	+1	+1	+1	+1	1.1
22	<i>Astragalus cruciatus</i> Link.	1.1	--	+1	+1	+1	+1	2.1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
23	<i>Echium pycnanthum</i> Pomel.	+1	--	+1	--	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--	+1
24	<i>Helianthemum papillare</i> Boiss.	--	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--	+1	--	--	--	--	--	--
25	<i>Helianthemum virgatum</i> (Desf.) Pers.	--	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	--	--	--	--	+1	+1	+1	--	--	--	--	--

26	<i>Koeleria pubescens</i> (Lamk.) P.B.	+1	-	-	-	-	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	<i>Lygeum spartum</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	<i>Nonnea micrantha</i> Boiss. Et Reut.	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	<i>Reseda alba</i> L.	-	-	-	-	-	-	+1	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	<i>Valerianella pumila</i> DC	-	+1	-	-	-	-	-	-	-	+1	+1	+1	-	-	-	+1	+1	+1	+1
31	<i>Sinapis arvensis</i> L.	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	+1	-
32	<i>Herniaria hirsuta</i> L.	1.1	1.1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1
33	<i>Atractylis serratuloides</i> Sieb.	-	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	<i>Marrubium deserti</i> de Noé	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	-	-
35	<i>Centaurea involucrata</i> Desf.	-	-	-	+1	+1	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	<i>Crocus nevadensis</i> Arno et Campo.	-	+1	+1	1.1	-	-	-	-	-	+1	-	-	+1	-	-	+1	-	-	+1
37	<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i> Pomel.	+1	-	-	-	+1	-	-	+1	-	1.1	-	-	+1	-	+1	-	1.1	-	+1
38	<i>Helianthemum apertum</i> Pomel.	1.1	1.1	+1	+1	+1	1.1	1.1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.1	+1	+1
39	<i>Scorzonera undulata</i> Vahl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. Et Krał.	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-
41	<i>Silene setacea</i> Vivo.	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	<i>Alyssum alpestre</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-	+1	-	-	-	-
43	<i>Atractylis humilis</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	-	-	-	+1	-	-	-	-	-	-
44	<i>Bromus rubens</i> L.	+1	+1	+1	+1	2.1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	-
45	<i>Malva aegyptiaca</i> L.	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	-	+1	+1	-	+1	+1	-	+1
46	<i>Euphorbia falcata</i> L.	-	+1	+1	-	+1	-	-	-	-	+1	-	-	+1	-	-	+1	-	+1	-
47	<i>Elizaldia violacea</i> (Desf.) Johnst.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	<i>Micropus bombicinus</i> Lag.	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1
49	<i>Medicago minima</i> Grufb.	+1	-	+1	+1	+1	2.1	+1	+1	+1	+1	-	-	+1	+1	+1	+1	-	-	+1
50	<i>Evax pygmaea</i> (L.) Brot.	+1	+1	+1	1.1	-	-	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1
51	<i>Salvia verbenaca</i> (L.) Briq.	-	-	+1	-	-	1.1	+1	+1	+1	+1	-	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-	+1
52	<i>Atractylis phaeolepis</i> Pomel.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	<i>Lappula redowskii</i> Hornem.	-	+1	-	-	-	-	-	+1	+1	+1	-	+1	1.1	-	+1	+1	+1	-	1.1

two families adapt well in the arid and semi-arid areas, they are very widespread in the entire steppe and the Saharian Atlas [24]. According to the same author, they represent with Fabaceae 35% to 40% of the flora of the Saharian sector. Then come the Boraginaceae (station 1: 5%; station 2: 10% and station 3: 7%); the Brassicaceae (stations 1 and 3: 7%, station 2: 8%); the Cistaceae, the Fabaceae and the Lamiaceae are distributed in the three stations with rates ranging between 5% and 8%; the remaining families are poorly represented (2% to 3%).

The analysis of the biological spectrum of the vegetation shows the prevalence of the therophytes with a rate of 62% in the station 1, 64% in the station 2 and 67% in the station 3 (Figure 2). This therophytisation is a characteristic of the arid zones and expresses the strategy of adaptation towards the unfavorable conditions and a shape of resistance to the rigors climatic [23] [25] [26]. The contribution of the hemicryptophytes in the whole of the flora of the study area is with 21%, including 24% in the station 1, 23% in the station 2 and 19% in the station 3. The chamaephytes are presented with a rate between 10% and 12% for the three stations, they adapt better to the summer drought and the strong illuminations [27] [28]. The geophytes are slightly represented in the three stations (station 1: 2%; station 2: 3%; station 3: 4%); this joined the remarks of Barbero *et al.* [29] according to which the geophytes regress and disappear in the lawns and steppe zones. However, the phanerophytes are absent, thus confirming the works of Kadi-Hanifi [30] [31] who underline that the phanerophytes occupied the last position of the biological types in the steppe formations of Algeria.

The analysis of the phytogeographical spectrum shows the dominance of the species of Mediterranean affinity, they account 27% for the station 1, 23% for the station 2 and 19% for the station 3, reflecting the affiliation of the steppes studied to the Mediterranean region. This confirmation is consensual between the whole of the works on the North African steppes [32] [33]. The endemic species represent approximately 10% of the flora of the area (station 1: 9%, station 2: 8% and station 3: 10%). This order of magnitude of this type is confirmed in the arid steppes of North Africa by several authors [33] [30] [34]. The types Mediterra-Irano-Turanian and West-Mediterranean account 6% of the territory explored. The biogeographical origins Macaro-Mediterranean, Med-Saharo-Arabic, Med-Saharan, Circumboreal, Ibero-Mauretanian, Eurasean, Saharo-Arabic, Paleo-moderate, Saharan and endemic Algero-Moroccan are represented each one with a rate of 4% in the three stations.

The global recovery is an important parameter state indicator of the vegetation and biodiversity [11]. It varies from one station to another (Table 1): weak (14%) for the station 3 where the anthropic action is the main cause of this weakness, medium for the station 2 (26%), on the other hand, in the station 1 (59%) the recovery is better, thus putting the favorable effect of the exclosure in the biological increase reflected the good development of the perennial and annual vegetation and consequently the improvement of the edaphic conditions. These observations are similar to those of Henni and Mehdadi [26] on the steppes of white wormwood degraded and rehabilitated by the plantation of *Atriplex* in the area of Saïda (Western Algeria). In addition, according to Le Houerou [33], the biologic ascent is all the inverse processes of those of the steppisation and the desertisation. It is characterized by the increase of the rate of permanent recovery of the long-lasting biomass, the rate of organic matter in the soil, the structural stability, the permeability and the water balance, the biologic activity and the primary productivity. The basal recovery of the white wormwood, dominant species, is about 32% for the station 1, 12% and 8%

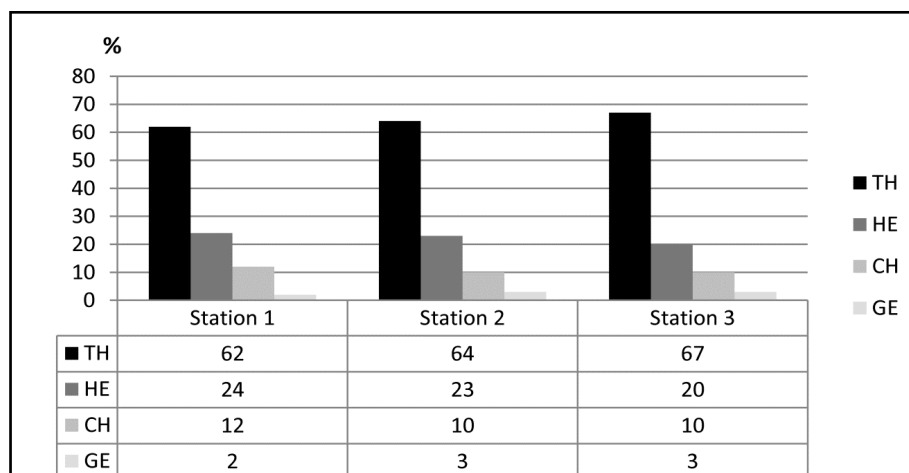


Figure 2. Biological specter of the three stations.

respectively for the stations 2 and 3, of the **Table 1**, it emerges that the basal recovery is correlated with the global recovery; the contribution of the white wormwood in the global recovery is about 54% for the first station, 46% and 47% respectively for the second and the third station.

The phytomass varies also from a station to another (**Table 1**): it is important in the station 1 (1650 kg MS/ha), reflecting yet the positive effect of the enclosure on the production of the biomass. The deletion of the grazing has allowed the reconstruction and the remarkable regeneration of the vegetation. This is not the case for the station 3 (330 kg MS/ha) subjected to a permanent grazing where his biomass is low. While that we recorded a medium phytomass in the station 2 (860 kg MS/ha).

The pedological analyses made on the soils of the study area show that the soil texture of the three stations is silt-sandy, these results are also obtained by Benabadji *et al.* [35] in the region of Sebdou (wilaya of Tlemcen, West of Algeria). We note a slight improvement of the rate of moisture of the soil in the station 1 compared to the stations 2 and 3 (5.2% station 1; 4.1% station 2; 2.9% station 3), resulting mainly of the good protection of this latter against the wind erosion and the drying due essentially to the better rate of recovery of the vegetation. The rate of total limestone is considerable in three stations (**Table 2**); this is justified by the presence of a limestone slab near the surface, typical of steppe soils [19]. The depth is significant for the first station compared to other stations (**Table 2**); this is due to the better rate of recovery and the protection of this station against the wind and hydric erosion. The soil in the three stations is not very saline with an electric conductivity ranging between 0.03 and 0.47 ms/cm and with alkaline pH (8.70 to 8.90). The rate of moisture is between 2% and 5% and for the organic matter is low (1.78% to 2.45%).

The indices of floristic similarity of Sorensen and Jaccard are higher than 60% (**Table 3**), which means that more than a half of the floristic procession is common for the all of the stations. The values of the Shannon indice present slight variation between the three stations: 3.66 bits/individual for the third station, 4.01 bits/individual for

Table 2. Physico-chemical analysis of the soil of the three stations.

	Profiles	Depth (cm)	Sand (%)	Slay (%)	Silt (%)	Texture	Moisture (%)	Salinity (mmhos/cm)	Organic matter (%)	pH	Total limestone (%)
Station 1	R1	8	57	13	30		5.8	0.03	1.84	8.9	14.7
	R2	15	63	9	28	Silty-sand	4.7	0.02	2.9	8.75	17.32
	R3	10	54	9	37		5.1	0.07	2.6	8.85	17.32
Average		11	58	10	32	--	5.2	0.04	2.45	8.83	15.97
Station 2	R1	9	67	3	30		3.8	0.04	2	8.88	14.53
	R2	8	62	8	30	Silty-sand	5.2	0.18	0.46	8.87	18.45
	R3	7	62	10	28		3.5	0.04	1.7	8.7	16.81
Average		8	64	7	29	--	4.17	0.09	1.39	8.82	16.59
Station 3	R1	6	58	13	27		3.1	0.47	1.78	8.88	19.27
	R2	5	61	10	32	Silty-sand	2.5	0.14	2.23	8.69	22.47
	R3	7	62.5	11.5	25		3.2	0.22	1.9	8.74	25.43
Average		6	60.5	11.5	28	--	2.93	0.28	1.97	8.77	22.39

Table 3. Floristic similarity and species diversity of the three stations.

Species diversity and evenness of the three stations			
	Station 1	Station 2	Station 3
Shannon diversity index (bits/individual)	3.90	4.01	3.66
Equitability [E]	0.86	0.88	0.81
Floristic similarity between the three stations			
	Station 1 - Station 2	Station 1 - Station 3	Station 1 - Station 3
Sorensen index	0.80	0.70	0.69
Jaccard index	0.89	0.68	0.75

the second station and 3.90 bits/individual for the first station. These values translate, in the three stations, a specific richness stable of quantitative and qualitative a point of view. The values of the indice of equitability are comparable for the three stations (station 1: 0.86; station 2: 0.88; station 3: 0.81), thus representing an equal distribution of the species.

In the FCA carried out on the edaphic and floristic parameters of the three stations (**Figure 3**), the plan F1-F2 is retained because it gives an account of a maximum of information (Fact. 1: 99.38% and Fact. 2: 0.61%) on the existing correlations between the three stations and their floristic and edaphic characteristics.

On the axis F1, two distinct groups separate. The formation of these two groups is supported by the ascending hierarchical clustering (AHC) carried out in parallel. The group 1 is represented by the stations 1 (st 1) which is an enclosure station where the wormwood is well developed and the station 2 (st 2) which is moderately degraded. These two stations are correlated with chamaephytes (Ch), hemicryptophytes (He), organic matter (OM), rate of recovery (Gc), phytomass (phyto), pH, soil depth (SDe) and moisture (Hu). We note that on this group emerged, the state of the plant cover in particular the global recovery and the phytomass reflect the slight improvement of the edaphic characteristics in both stations 1 (st 1) and the station 2 (st 2), which confirms that these two stations are more rich at least in floral point of view and have some edaphic characteristics better than those of the station 3 (very degraded station). This is in particular case about some parameters, namely the organic matter, the depth of the soil and the humidity.

The group 2, represented by the station 3, is correlated to therophytes (Th), clays (A), total limestone (CT), geophytes (Ge) and sands (Sa). All these variables represent indicators of degradation, as a result, consequence of the anthropic impact.

Besides, the axis F1 of the FAC indicates a regressive evolution of the environment, related to a gradient anthropic, expressed in positive side towards the negative side and inversely for the recovery and phytomass that translate a progressive evolution of the environment, in negative side towards the positive side of this axis.

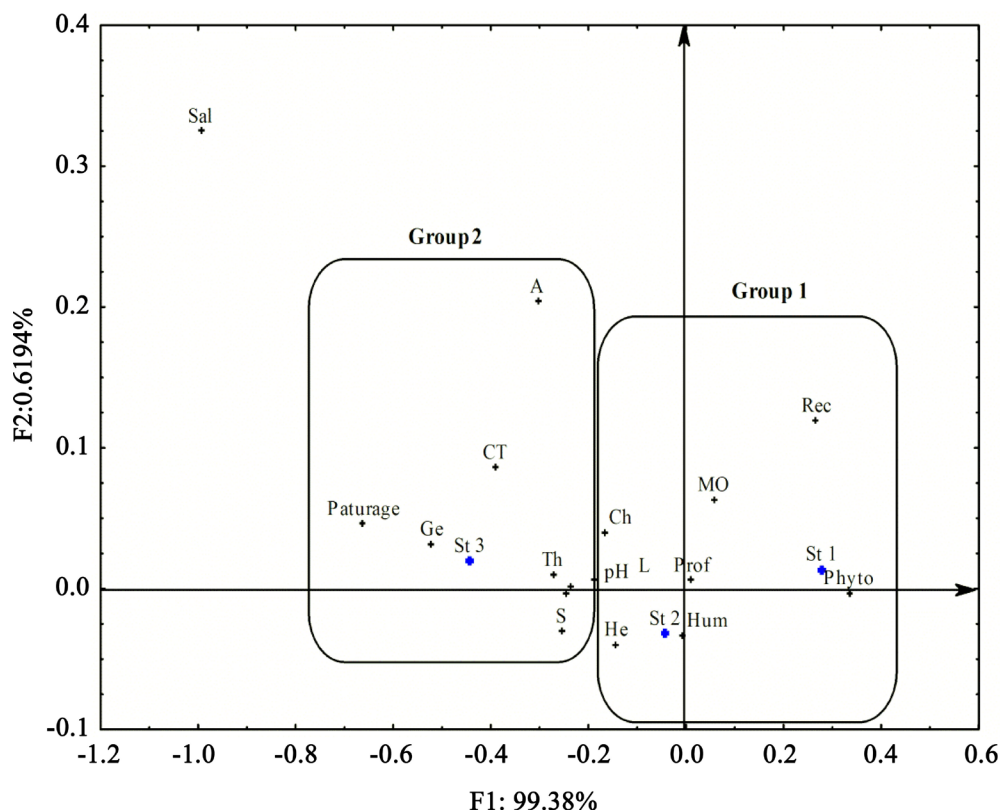


Figure 3. Factorial analysis of the correspondences. **Gc**: global covering of the vegetation; **He**: hemicryptophytes; **Ch**: chamaephytes; **Th**: therophytes; **Ge**: geophytes; **Phyto**: phytomass; **SDe**: soil depth; **Hu**: soil moisture; **OM**: organic matter; **L**: Silt; **Sa**: sand; **Cl**: clay; **TL**: total limestone; **Sal**: soil salinity; **St 1**: station 1; **St 2**: station 2; **St 3**: station 3.

4. Conclusions

The results obtained have allowed us to establish a preliminary assessment of the plant diversity of the steppe with the white wormwood of the municipality of Maâmora in the wilaya of Saida (west of Algeria). In fact, if we refer to the classification of Daget and Poissonet [22], a floristic richness between enough important and important, characterized the three stations sampled. This is not the case for the recovery of the vegetation and the phytomass which are best in the enclosure station, compared to the other two stations subject to the anthropic pressure. The three stations also have a similar floristic composition confirmed by the similarity of Sorensen and Jaccard indices.

The synthesis and the exploitation of data relating to floristic settings and edaphic measures, carried out by the FCA and the AHC, highlight the impact of the anthropic action on the distribution of vegetation formations of white wormwood. The Asteraceae and Poaceae are the families that are most represented in the study area. The biological characterization shows the dominance of therophytes. For the phytogeographical characterization, it is the Mediterranean component which dominates all of the stations studied.

In the light of these results, we can focus on the interest and the constructive impact of the enclosure on the recovery rate of the vegetation, the floristic richness and the phytomass. The enclosure account among the efficient means and less costs for the rehabilitation of rangelands disrupted. Actions for conservation must be carried out to save this heritage which incurs major risks of genetic and biological collapse. These actions for the conservation of biological diversity should first and foremost focus on the safeguarding of ecosystems because the protection of species is illusory if we do not protect simultaneously their natural habitats [36].

Finally, the evaluation of plant diversity of white wormwood steppe ecosystem of the explored area as presented in this present work is preliminary and far from being exhaustive. In fact, we are projecting to extend it in space and time for a better characterization in order to identify more factors that govern the operation, evolution and dynamics of this ecosystem subjected to various offenses.

Acknowledgements

We thank the High Commission at the development of the steppe and the national office of meteorology of Saida to have provided us the necessary data to carry out this work.

References

- [1] Benabadi, N. and Bouazza, M. (2000) Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. dans l'Oranie (Algérie occidentale). *Sécheresse*, **11**, 117-123.
- [2] Bouchetata, T.B. and Bouchetata, A.A. (2005) Dégénération des écosystèmes steppiques et stratégie de développement durable. Mise au point méthodologique appliquée à la Wilaya de Nâama (Algérie). Développement durable et territoires. *Varia*, 1-17. <http://developpementdurable.revues.org/1339>
- [3] El Zerey, W., Bachir Bouiadja, S.E. and Benslimane, M. (2009) L'écosystème steppique face à la désertification: Cas de la région d'El Bayadh, Algérie. *Vertigo*, **9**. <https://vertigo.revues.org/8821>
- [4] Ayad, N. (2008) Etude écophytochimique et apport nutritionnel de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) du sud Oranais dans l'alimentation du cheptel. Thèse de Doctorat d'état, Université de Sidi-Bel-Abbès, Algérie.
- [5] Ayache, A. (2013) Dynamique des peuplements d'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) de la région d'El Aricha (Algérie occidentale). Thèse de Doctorat, Université de Sidi-Bel-Abbès, Algérie.
- [6] Aidoud-Lounis, F. (1997) Le complexe alfa-armoise-sparte (*Stipa tenacissima* L., *Artemisia herba-alba* Asso., *Lygeum spartum* L.) des steppes arides d'Algérie: Structure et dynamique des communautés végétales. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille.
- [7] Ayad, N., Hellal, B. and Maatoug, M. (2007) Dynamique des peuplements d'*Artemisia herba-alba* Asso dans la steppe du Sud oranais (Algérie occidentale). *Sécheresse*, **18**, 193-198.
- [8] Hellal, B., Ayad, N., Ayache, A., Cherif, K. and Hellal, T. (2014) Biomasse et taux de recouvrement de l'armoise blanche des parcours steppiques du sud de la préfecture de Tlemcen. *Revue Ecologie-Environnement*, **10**, 2014.
- [9] Office national de la météorologie (ONM) (2011) Données climatiques 1978-2010.
- [10] Braun-Blanquet, J. (1951) Pflanzensociologie. 2tenAufl, Springer, Vienne.
- [11] Djebaili, S. (1984) Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. OPU, Alger, 177 p.

- [12] Quézel, P. and Santa, S. (1962-1963) Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris.
- [13] Daget, P. and Godron, M. (1995) Pastoralisme: Troupeaux, espaces et sociétés. Hatier, Aupelf, Uref, Universités francophones.
- [14] Devineau, J. (2001) Les espèces ligneuses indicatrices des sols dans les savanes et jachères de l'ouest du Burkina Fasso. *Phytocoenologia*, **3**, 25-51.
- [15] Aubert, G. (1978) Méthodes d'analyses du sol. C.R.D.P., Marseille.
- [16] Gounot, M. (1969) Méthodes d'étude quantitatives de la végétation. Masson, Paris.
- [17] Frontier, S. (1983) L'échantillonnage de la diversité spécifique. In stratégie d'échantillonnage en écologie. Frontier et Masson, Paris.
- [18] Benzecri, J.P., Benzecri, F., Birou, A. and Blumenthal, S. (1973) L'analyse des données, Volume 2: L'analyse des correspondances. Dunod, Paris.
- [19] Pouget, M. (1980) Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. ORSTOM, Paris.
- [20] Benzecri, J.P. (1984) Pratique de l'analyse des données. Analyse des correspondances et classification. Dunod, Paris.
- [21] Aidoud, A. (1989) Les écosystèmes à Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.). II: Phytomasse et productivité primaire. *Biocénoses*, **1**, 70-90.
- [22] Daget, P. and Poissonet, J. (1991) Prairies et pâturages: Méthodes d'étude. Institut de botanique, Montpellier.
- [23] Daget, P. (1980) Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative (cas des thérophytes). In: Barbault, R., Blandin, P. and Meyer, J.A., Eds., *Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives*, Maloine, Paris, 89-114.
- [24] Ozena, P. (1977) Flore du Sahara. CNRS, Paris.
- [25] Barbero, M., Quézel, P. and Loisel, R. (1988) Perturbations et incendies en région méditerranéenne. *Instituto Estudios Pyrenaisos Jaca*, **12**, 409-419.
- [26] Henni, M. and Mehdadi, Z. (2012) Évaluation préliminaire des caractéristiques édaphiques et floristiques des steppes à armoise blanche dégradées réhabilitées par la plantation d'Atriplex dans la région de Saïda (Algérie occidentale). *Acta Botanica Gallica*, **159**, 43-52. <http://dx.doi.org/10.1080/12538078.2012.671640>
- [27] Danin, A. and Orshan, G. (1990) The Distribution of Rankiaer Life Forms in Israel in Relation to the Environment. *Journal of Vegetation Science*, **1**, 41-48. <http://dx.doi.org/10.2307/3236051>
- [28] Floret, C., Galan, M.J., Le Flo'h, E., Orshan, G. and Romane, F. (1990) Growth Forms and Phenomorphology Traits along an Environmental Gradient: Tools for Studying Vegetation? *Journal of Vegetation Science*, **1**, 71-80. <http://dx.doi.org/10.2307/3236055>
- [29] Barbero, M., Quézel, P. and 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*, **12**, 194-215.
- [30] Kadi-Hanifi, H. (2003) Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. *Sécheresse*, **3**, 169-179.
- [31] Nedjraoui, D. and Bédiani, S. (2008) La désertification dans les steppes algériennes: Causes, impacts et actions de lutte. <http://vertigo.revues.org/5375>
- [32] Quézel, P. (1983) Flore et végétation de l'Afrique du Nord, leur signification en fonction de l'origine, de l'évolution et des migrations des flores et structures des végétations passées. *Bothalia*, **14**, 411-416. <http://dx.doi.org/10.4102/abc.v14i3/4.1186>
- [33] Le Houerou, H.N. (1995) Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides de l'Afrique, diversité biologique, développement durable et désertification. Options méditerranéennes, série B: recherche et études, 1-396.
- [34] Latreche, A. (2004) Ecologie fonctionnelle des écosystèmes steppiques du sud de la wilaya de Sidi-Bel-Abbès. Thèse, Université de Sidi-Bel-Abbès, Algérie.
- [35] Benabadji, N., Bouazza, M., Metge, M. and Loisel, R. (1996) Description et aspects des sols en région semi-aride et aride au Sud de Sebdu (Oranie, Algérie). *Bulletin Institut Sciences (Rabat)*, **20**, 77-86.
- [36] Lévêque, C. and Mounoulou, J.C. (2001) Biodiversité, Dynamique biologique et conservation. Dunod, Paris.