

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 :

Mme Chalane Fatiha

Spécialité : Sciences de l'environnement

Option : Biodiversité végétale et valorisation

**Inventaire et analyse de la phytodiversité des steppes à
Stipa tenacissima L. dans la région de Saida (Algérie
occidentale)**

Soutenue le

Devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : Mr BENYAHIA MOHAMED (Professeur, UDL SBA)
Examinatrice : Mme STAMBOULI née MEZIANE HASSIBA (M.C.A, Univ. Tlemcen)
Examineur : Mr HASSANI FAIÇAL (M.C.A, Univ. Tlemcen)
Directeur de thèse : Mr MEHDADI ZOHEIR (Professeur, UDL SBA)
Co-directeur de thèse : Mr HASNAOUI OKKACHA (Professeur, Univ. SAIDA)

Année universitaire 2016 – 2017

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien de plusieurs personnes à qui je dois leur adresser mes remerciements les plus sincères.

En tout premier lieu, j'aimerais exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements les plus sincères à mon directeur de thèse **Monsieur MEHDADI ZOHEIR**, Professeur à l'université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes), grâce à sa disponibilité exceptionnelle, ses qualités humaines et scientifiques qui m'ont permis d'acquérir des connaissances indispensables.

Je dois également exprimer ma gratitude à mon Co-directeur de thèse **Monsieur HASNAOUI OKKACHA**, Professeur à l'Université de Saida, pour ses conseils qui m'ont été d'une importance capitale, et pour son soutien, ses orientations pertinentes pour ce travail.

Mes remerciements vont ensuite à **Monsieur BENYAHIA MOHAMED**, Professeur à l'Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes), de l'honneur qui m'a fait en acceptant de présider le jury de ma thèse. Qu'il trouve ici l'expression de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

Je suis très honoré que les examinateurs: **Mme STAMBOULI née MEZIANE Hassiba** (Maitre de conférences A à l'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen) et Monsieur Mr **HASSANI Faïçal** (Maitre de conférences A à l'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen) aient accepté de faire partie de ce jury de thèse.

Mes remerciements s'adressent aussi aux enseignants du département des sciences de l'environnement de la faculté des sciences de la nature et de la vie, qui ont contribué à notre formation de post-graduation.

Encore un grand merci à tous pour m'avoir conduit à ce jour mémorable.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mes parents, à ma famille mes enfants (Mohamed, Amel Hanaa, Maria, Hibatallah), mes sœurs, mon frère, pour leur soutien constant. Cette thèse est l'aboutissement de longues années d'études.

Résumé

Notre travail consiste à effectuer une évaluation spatio-temporelle de la phytodiversité et des caractéristiques édaphiques des parcours steppiques à Alfa (*Stipa tenacissima* L.) de la wilaya de Saida (Algérie occidentale) sur trois années de suivi (2013- 2014 -2015). A cet effet, 21 relevés phytoécologiques ont été effectués chaque année sur les trois stations d'échantillonnage: station 1 de mise en défens où l'alfa est bien développé (taux de recouvrement ~ **58%**), station 2 où l'alfa est moyennement dégradé (taux de recouvrement ~ **28%**) et station 3 où l'alfa est dégradé (taux de recouvrement ~ **14%**).

Les espèces inventoriées ont été réparties selon leurs familles botaniques, types biologiques, biogéographique respectifs. Dans le but d'apprécier l'état de dégradation, l'indice de perturbation (**IP**) a été calculé pour chaque station. Le nombre moyen des espèces recensées au niveau des stations d'étude a été comparé par le test de Fisher (ANOVA I). La similarité de la composition floristique des stations a été effectuée par l'indice de similarité de Sorensen et l'indice de Jaccard. La diversité spécifique et l'équitabilité des stations ont été évaluées respectivement par l'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité. Certains paramètres physico-chimiques du sol des trois stations ont été également analysés.

L'ensemble des données floristiques et pédologiques ont fait l'objet d'une analyse factorielle des correspondances (AFC) permettant de mettre en évidence les facteurs écologiques intervenant dans la distribution et la répartition de la végétation dans la zone d'étude. L'inventaire floristique a fait ressortir une variabilité dans le nombre d'espèces recensées annuellement qui suit la variabilité annuelle des précipitations. En effet, un taux maximum de 29 espèces a été relevé sur les trois stations en 2013 correspondant à l'année où la pluviométrie était importante (488,5mm) et ce, contrairement à l'année 2014 où la sécheresse était prononcée (295,9mm), se traduisant par une chute du nombre d'espèce à 22 espèces. Globalement, le spectre biologique de ces espèces est marqué par la prédominance des thérophytes qui sont essentiellement dominés par les Poacées, les Asteracées et les Caryophyllacées durant la période d'observation et la flore de notre zone d'étude est de type méditerranéen. L'évaluation de l'indice de perturbation montre la forte pression anthropozoogène que subissent ces formations steppiques.

Les analyses pédologiques montrent que le sol des trois stations est de texture limono-sableuse, peu profond avec un horizon superficiel dont l'épaisseur oscille entre 6 et 17 cm, peu salin et à pH alcalin et faiblement riche en matière organique. Le taux d'humidité est plus au moins important dans la station mise en défens (St1) comparativement aux deux autres stations. Le taux de calcaire total noté

qualifie les sols des trois stations parmi les sols moyennement à fortement calcaires. L'AFC a mis en exergue les principaux facteurs régissant la distribution de la végétation dans la zone d'étude. Elle a fait ressortir deux groupes de stations qui se distinguent par leur diversité floristique et édaphique, par leur état de dégradation: le groupe 1 est corrélé à la station 1 (station de mise en défens) qui est caractérisée par un meilleur taux de recouvrement de *Stipa tenacissima*, une prédominance des hémicryptophytes, des géophytes, un sol à horizon superficiel présentant une meilleure épaisseur, un meilleur taux d'humidité et de matière organique. Le groupe 2 est corrélé aux stations 2 et 3 où prédominent les chaméphytes évoluant sur un substrat représenté essentiellement par les sables et des limons, reflétant ainsi le degré d'ouverture du milieu qui est lié à un gradient d'aridité.

Mots clés: Steppe ; *Stipa tenacissima* ; pytodiversité ; sol ; évolution spatio-temporelle ; AFC; Saida.

Abstract

Our work is to follow the spatial and temporal variations of the floristic and soil parameters during three years of monitoring (2013- 2014 -2015), held in three sampling stations in the steppes of Alfa (*Stipa tenacissima*) in the municipality of Maâmora (region of Saida, western Algeria). For this, 21 phytosociological statements were conducted annually on the three sampling stations. Station 1 an enclosure where alfa is well developed, Station2 where alfa is moderately degraded and station 3 where alfa is degraded. The floristic survey has shown variability in the number of species annually following the annual rainfall variability. Indeed, a maximum rate of 29 species were found on the three stations in 2013 is the year when rainfall was significant (517 mm) and that, contrary to 2014 when drought was pronounced (295, 9 mm), resulting in a fall in the number of species to 22 species. Overall, the biological spectrum of these species is marked by the predominance of therophyts which are mainly dominated by Poaceae, Asteraceae and the Caryophyllaceae during the observation period. The soil analysis shows that the soil of the three stations is silty-sandy texture, shallow poor in organic matter, low humidity, salt-free, alkaline pH with a rate appreciably total limestone. Changes in these edaphic parameters are very visible to the spatial and temporal scale considered in this work. The process of data obtained by the factorial analysis of correspondences (AFC) emphasize in the existence of two groups of stations. Group 1 is correlated to Station 1 (recovery rate of *Stipa tenacissima* (TR) = - 0,493), hemicryptophyts (He) = -0,424, geophyts (Geo) = -0,114, a soil surface horizon with improved thickness (PR) = -0,316, better moisture (HUM) = -0,102, organic metter (MO) = -0,278). Group 2 is correlated to stations 2 and 3 (therophyts (TH) = -0,103, chamaephyts (CHA) = 0,516, sand (SB) = 0,106. clays (AR) = 0,092, total limestone (CaT) = 0,197) reflecting the degree of middle of opening that is related to a gradient of aridity evolving on a substrate represented mainly by sand and silt, reflecting the degree of middle of opening that is related to a gradient of aridity.

Keywords: *Stipa tenacissima*; Plant diversity; evolution spatiotemporal; soil; FCA; Saida.

المخلص

تهدف دراستنا إلى التقييم الزمني و المكاني للتنوع النباتي و خصائص التربة للمناطق السهبية التي يسود فيها نبات "الحلفاء" لعدد من المناطق السهبية لبلدية "المعمورة" بالجنوب الشرقي لولاية سعيدة (غرب الجزائر) و ذلك لمدة متابعة لسنة (2013، 2014، 2015).

و لبلوغ هذا الهدف فقد تم إتباع المنهج المناسب الذي يعتمد على دراسة مكونات التربة وخصائص الغطاء النباتي الغنى و التنوع النباتي المميزات البيولوجية و الجغرافية بالإضافة إلى تصنيف مختلف أنواع النباتات المحصاة داخل هذه المحطات.

و قد شملت هذه الدراسة 21 عينة تم تحديدها داخل كل منطقة خلال كل سنة أي بمعدل 63 عينة خلال ثلاث سنوات من الدراسة أين يتواجد نبات الحلفاء بكثافة متفاوتة وهي المحطة الأولى منطقة الحلفاء محمية بنسبة استرداد 58% ومنطقة الحلفاء تتميز بكثافة متوسطة بنسبة استرداد 28% و المنطقة الثالثة تتميز بكثافة جد ضعيفة للحلفاء بمعدل استرداد 14% بسبب الاستعمال المتوسط للإنسان وخاصة المراعي وبهدف معرفة حالة التدهور قمنا بحساب مؤشر الاختلال (IP) لكل محطة بمعدل التنوع النباتي المحصى في كل منطقة كان هدف المقارنة بإتباع مؤشر "فيشر" (أنوفا 1) ،والتشابه في المكونات النباتية للمحطات و ذلك عن طريق دراسة بمؤشر التشابه "سورنزن" ومؤشر "جكار" فالتنوع المخصص و المتوازن للمحطات فُيم عن طريق مؤشر "شانون" ومؤشر التوازن.

بعض المقاييس الفيزيوكيميائية للتربة للمحطات الثلاث كانت هدف الدراسة و لقد تم التعامل مع المعطيات الميدانية المحصل عليها عن طريق استخدام البرامج الاحصائية الملائمة (AFC) و هي التحليل العاملي للمركبات.

كنتيجة للجرد النباتي تحصلنا على 29 صنف لكل محطات و ذلك للاختلال المناخي من خلال كمية التساقطات للأمطار المسجلة لسنة 2014 بـ 488mm³ خلال سنة 2013 بعكس سنة 2014 أين كان الجفاف و الذي صرح هاته السنة بكمية 295,9 mm، ويعكس هذا على وجود النباتي السنوي سجّل 22 صنف فقط.

الغطاء البيولوجي الغالب هو "تيروفيت" من خلال عائلات بواسي_أستيراسي و"كاربوفيلاسي" خلال فترة الدراسة و المتابعة ،و عنصر المتوسطي الغالب في كل المحطات مؤشر الاختلال (IP) يوضح على أن المنطقة معرضة لكثرة تأثير الإنسان و المراعي ،تحليل التربة يوضح أن التربة ذات تركيبة طمي رملية نوعا ما عميقة بين (6 إلى 17 سم)، قليلة الملوحة و تركيب الهيدروجيني حامضي و فقيرة من المواد العضوية نسبة الرطوبة نوعا ما مهمة في المنطقة المحمية مقارنة مع المناطق الأخرى نسبة الجير تصنف تربة المنطقة إلى نوعا ما جيرية.

دراسة (AFC) صنفت المنطقة إلى فوجين، الفوج الأول يضم المحطة الأولى حيث الحلفاء كثيفة وتشمل "هيموكريتوفيت" "جيوفيت"، التربة جيدة من حيث العمق و الرطوبة و المواد العضوية.

أما الفوج الثاني يضم المحطة الثانية و الثالثة الغالب فيها، "كاميفيت" التي تتطور في تربة رملية و طمي و هذا يعكس درجة الانفتاح نحو وسط مرتبط بمؤشر الجفاف لفترة طويلة .

كلمات البحث: الحلفاء - التنوع النباتي - التربة - التقييم الزمني و المكاني - AFC - سعيدة.

Liste des tableaux

N°	Titres	Pages
01	Ecarts maximums moyens des précipitations annuelles	37
02	Nombre de jours annuels moyens pour quelques stations (Seltzer, 1946)	40
03	Valeurs approchées calculées de précipitation et température pour les sommets des monts de l'Atlas saharien et des Aurès	42
04	Effectif du cheptel en régions steppiques	49
05	Unités de paysage et géomorphologie	67
06	Caractéristiques des stations météorologiques	76
07	Moyennes mensuelles des précipitations (période 1985-2015)	76
08	Régime pluviométrique de la région d'étude	77
09	Variations mensuelle de la température de la région d'étude (période 1985-2015)	78
10	Indice de continentalité	78
11	Régime pluviométrique de la région d'étude (période 1913- 1935 / 1985- 2015)	79
12	Classification des climats selon la valeur de l'indice d'aridité de DE MARTONNE	79
13	Classification de la zone d'étude selon le quotient de STEWART (période 1913- 1938 / 1985- 2015)	82
14	Description des stations d'étude	85

15	Classification des différents éléments du sol selon leurs tailles (Afnor, 1987)	87
16	Codification des variables	96
17	Analyses physico-chimiques du sol des trois stations	99
18	Relevés phytoécologiques	102
19	Similarité et diversité spécifique des trois stations	105
20	Variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques des sols étudiés	110
21	Relevés phytoécologiques de la station1	113
22	Relevés phytoécologiques de la station2	115
23	Relevés phytoécologiques de la station3	117
24	Répartition des espèces recensées en familles	120
25	Nombre de familles et d'espèces dans les trois stations	121
26	Indices de diversité de Shannon et d'équitabilité des trois stations (2013-2014-2015).	126
27	Valeur du coefficient de similarité des trois stations	127

Liste des figures

N°	Titre	Pages
01	Limites naturelles des hautes plaines steppique Algériennes	29
02	Schéma évolutif des steppes des zones arides du nord d'Afrique	36
03	Carte bioclimatique de l'Algérie (ANAT, 2004)	43
04	Indicateurs de dégradation de la steppe (Nedjraoui, 2004)	52
05	<i>Stipa tenacissima</i> L. avec indication des parties principales	57
06	Limites administratives de la wilaya de Saida	66
07	Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Saida	68
08	Carte des sols de la wilaya de Saida.	70
09	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la période 1913-1938	81
10	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la période 1985-2015	81
11	L'abaque de climmagramme d'EMBERGER pour la zone d'étude des périodes 1913-1938 / 1985-2015	83
12	Trois stations d'échantillonnage de la zone d'étude.	86
13	Triangle des textures (Jamagne, 1967)	88
14	Composition systématique des trois stations	104
15	Spectres biologiques des trois stations	105
16	Analyse factorielle des correspondances	106
17	Variations du nombre d'espèces inventoriées dans les stations étudiées durant les trois années de suivi (2013- 2014 -2015)	121
18	Variations du nombre des familles taxonomiques inventoriées des stations étudiées durant les trois années (2013- 2014 -2015)	122

19	Spectres biologiques des trois stations durant la période de suivi	123
20	Répartition du type biogéographique dans toute la zone d'étude	124
21	Distribution des classes de fréquence d'apparition des espèces dans les trois stations étudiées.	125
22	Indice de perturbation	125
23	Analyses factorielle des correspondances.	128

Liste des abréviations

A.P.G.: Angiosperm Phylogeny Group

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

D.G.C.A: Direction générale des concessions agricoles

H.C.D.S: Haut commissariat au développement de la steppe

O.N.M: Office national de la météo

P.R.E: Programme de relance économique

P.N.D.A.R: Programme national de développement agricole et rural

P.P.D.R.I: Programme de proximité de développement rural intégré

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

ST : Station

Table des matières

Pages

Remerciements

Dédicace

Résumés (Français, Anglais, Arabe)

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

23

Première partie: Revue bibliographique

Chapitre 1: Caractéristiques des hautes plaines steppiques

1. Caractéristiques écologiques de la steppe

29

1.1. La steppe (définition)

29

1.2. Localisation et limites des hautes plaines steppiques

29

1.3. Géo-structures majeures de la steppe Algérienne

30

A - Période pré-tectonique

31

B - Période tecto-orogénique

31

C - Période post-tectonique

32

D - Morphogenèse du Quaternaire

32

1.4. Aspects biogéographiques

32

1.5. Les sols steppiques

33

1.5.1. Les sols iso-humiques

34

1.5.2 Les sols halomorphes

34

1.6. Hydrographie	34
1.6.1. Le caractère de l'écoulement des eaux	34
1.6.2. Le mode de l'écoulement des eaux	34
1.6.3. Les nappes phréatiques	35
1.7. Dynamique de la végétation steppique	35
a- Evolution progressive	35
b- Evolution régressive	35
1.8. Aspects climatiques	37
1.8.1. La pluviométrie	37
1.8.2. Variations annuelles des précipitations	38
1.8.3. Les températures	38
1.8.4. Les vents	39
1.8.5. Le gel	39
1.8.6. L'évaporation	40
1.8.7. La grêle	40
1.8.8. La neige	40
1.8.9. Les orages	40
1.9. Aspect bioclimatique de la steppe algérienne	41
1.9.1. Indice annuel d'aridité de DE MARTONNE (1923)	41
1.9.2. Indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1957)	41
1.9.3. Quotient pluviométrique d'EMBERGER (1954) : Q_2	41
1.10. Aspect socio-économique	43

1.10.1. La population	43
1.10.2. Les activités économiques au niveau de la steppe	44
a - L'activité pastorale	44
b - L'activité agricole	45
c- Les migrations saisonnières	45
1.11. Aspect phyto-écologique et pastoral	46
a- Les steppes à alfa (<i>Stipa tenacissima</i>)	46
b- Les steppes à armoise blanche (<i>Artemisia herba alba</i>)	46
d- Les steppes à remt (<i>Arthrophytum scoparium</i>)	47
e- Les steppes à psamophytes	47
f- Les steppes à halophytes.	47
1.12. Les facteurs de dégradation des écosystèmes steppiques	47
1.12.1. Les facteurs naturels	48
a- Le climat	48
b- Le sol	48
1.12.2. Les facteurs anthropiques	48
a- Evolution de la population steppique	48
b- Les systèmes d'élevage	49
c- Extension de la céréaliculture	50
d- L'éradication des espèces ligneuses	50
1.13. Impact des facteurs de dégradation sur les ressources naturelles	51

Chapitre 2: Monographie de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.)

1. Classification et caractères botaniques	54
1.1. Classification	54
1.1.1. Classification classique	54
1.1.2. Classification APG (Guignard et Dupont, 2004)	54
2. Description morphologique	54
2.1. La partie souterraine	54
2.1.1. Rhizome	54
2.1.2. Les racines	55
2.2. La partie aérienne	55
3. Caractères biologiques de l'alfa	56
3.1. Phase de végétation	56
4. Ecologie de l'alfa	57
4.1. Le climat	58
4.1.1. La pluviométrie	58
4.1.2. La température	58
4.1.3. La lumière	58
4.1.4. Le vent	58
5. Les facteurs édaphiques	58
6. Répartition géographique	59
7. Intérêts de l'alfa	59
8. Les principaux facteurs de dégradation des nappes alfatières	60

8.1. Les facteurs écologiques	60
8.1.1. Le climat	60
8.1.2. Le sol	60
8.1.3. Les facteurs humains	61
8.1.3.1. Défrichement	61
8.1.3.2. Surpâturage	61
8.1.3.3. L'incendie	61
9. Problèmes de régénération naturelle de l'alfa	61

Deuxième partie: Etude expérimentale

Chapitre 1: Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique	65
2. Géologie	66
3. Géomorphologie	66
4. Hydrologie	68
5. Pédologie	68
5.1. Les sols alluviaux (peu évolués)	68
5.1.1. Les sols alluviaux des plaines et des terrasses alluviales	69
5.1.2. Les sols remaniés de Dayet Zeraguette	69
5.1.3. Les sols alluviaux des bordures de chott	69
5.1.4. Les sols alluviaux des lits d'oueds	69
5.2. Les sols bruns	70
5.2.1 Les sols bruns calcaires	70

5.2.2. Les sols bruns à caractère vertique	71
5.2.3. Les sols bruns rouges	71
A) Les sols bruns rouges à horizon humifère	71
B) Les sols bruns rouges méditerranéens peu évolués	71
C) Les sols bruns rouges méditerranéens à texture légère	71
D) Les sols bruns rouges méditerranéens sous formations steppiques	72
5. 3. Les lithosols	72
5. 3. 1. Les sols halomorphes	72
5. 3. 2. Les sols hydromorphes	72
5. 3. 3. Les sols des plaines et vallées	72
5. 3. 4. Les sols des montagnes	73
5. 4. Les sols des plateaux telliens et des hautes plaines steppiques	73
6. Occupation du sol	73
6. 1. Espace agricole (céréaliculture)	73
6. 2. Espace forestier	74
6. 3. Espace parcours	74
A. Les parcours à alfa	74
B. Les parcours à armoise blanche	74
C. Les parcours à salsolacées	75
D. Les parcours à atriplex	75
7. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude	75
7.1. Les précipitations	76

7.1.1. Le régime pluviométrique	76
7.2. Les températures	77
7.3. Indice de continentalité simple de Rivas-Martinez (2002)	78
7.4. Indice d`aridité de DE MARTONNE	79
7.5. Indice xérothermique (Gausсен, 1954)	80
7.6. Le quotient pluviométrique et climagramme d`Emberger	81
7.7. Synthèse climatique	83

Chapitre 2: Matériel et méthodes

1. choix des stations	84
2. Analyses pédologiques	87
2.1. Analyse granulométrique et texture	87
2.2. L`humidité	88
2.3. Le potentiel hydrogène (pH)	89
2.4. Conductivité électrique (C.E)	90
2.5. Calcaire total (C.T)	90
2.6. Matière organique (M.O)	91
3. Analyse de la végétation	91
3.1. Approche phytosociologique	91
3.1.1. Exécution des relevés	92
A) Coefficient d`abondance-dominance	92
4. Diversité floristique	92
4.1. Caractérisations biologique, systématique et biogéographique	92

4.1.1. Caractérisation biologique	93
4.1.2. Caractérisation biogéographique	93
5. La fréquence	93
6. Indice de perturbation	94
7. Exploitation et traitement des données	94
7.1. Indices de diversité spécifique de Shannon et d'équitabilité	94
7.2. Indices de similarité	95
7.3. Analyse de la variance	95
7.4. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)	96

Chapitre 3: Résultats et discussion

1. Evaluation préliminaire de la phytodiversité et des caractéristiques édaphiques de la steppe à alfa (<i>Stipa tenacissima</i> L.) de la région de Saida (Algérie occidentale)	99
1.1. Analyse du sol	99
1.2. Etude floristique	101
1.2.1. Relevés floristiques	101
1.2.2. Composition floristique	104
1.3. Similarité et diversité spécifique	105
1.4. Synthèse des données floristiques et édaphiques	106
Conclusion	108
2. Evolution spatio-temporelle des caractéristiques floristiques et édaphiques de la steppe à <i>Stipa tenacissima</i> L.	109

de la région d'étude

2.1. Analyse des variations édaphiques	109
2.2. Analyse des variations floristiques	111
2.2.1. Relevés floristiques	112
2.2.2. Composition floristique	119
2.2.2.1. Distribution qualitative des familles taxonomiques et des espèces recensées	119
2.2.2.2. Distribution quantitative des familles taxonomiques et des espèces recensées	120
2.2.3. Caractérisation biologique	122
2.2.4. Caractérisation biogéographique	123
2.2.5. Fréquence d'apparition des espèces inventoriées par station	124
2.2.6. Indice de perturbation	125
2.2.7. Exploitation et traitement des données	126
2.2.7.1. Evaluation de la diversité spécifique	126
2.2.7.2. Evaluation de la similarité de la composition floristique	126
2.2.8. Synthèse des données édaphiques et floristiques	127
2.3. Discussion	128
2.3.1. Variations spatio-temporelles des paramètres édaphiques	128
2.3.2. Variations spatio-temporelles floristiques	130
Conclusion	135
Conclusion générale	137
Références bibliographiques	139

INTRODUCTION

Introduction

La diversité biologique est devenue depuis le sommet de Rio sur l'environnement et le développement en 1992, une composante incontournable dans toute politique environnementale ou de conservation et d'utilisation durable des ressources biologiques naturelles aussi bien animales, végétales que microbiennes. Traduite en termes de stocks (pêche, foresterie, etc.) ou de paysage (tourisme), la diversité est considérée de plus en plus comme un paramètre stratégique dans les politiques des pays ayant admis l'importance de cette ressource renouvelable (Moorcroft, 2003).

Le bassin méditerranéen constitue l'un des plus importants points chauds (hot spots) de biodiversité planétaire, par la richesse des communautés végétales terrestres et par son niveau élevé d'endémisme (Médail et Quézel, 1999).

L'Algérie, au même titre que les autres pays du nord de l'Afrique, doit faire face actuellement à la dégradation et à la désertification des écosystèmes les plus fragiles que sont les parcours pastoraux arides. L'évaluation de cette dégradation est d'autant plus difficile que le milieu est très fluctuant essentiellement en raison de la variabilité pluviométrique, principale source d'humidité et facteur prépondérant du fonctionnement de ces écosystèmes (Zeng *et al.*, 1996).

Les steppes algériennes connaissent depuis environ deux décennies une dégradation de plus en plus accentuée de toutes ses composantes (flore, couvert végétal, sol et ses éléments, faune, habitat...). La dégradation des parcours steppiques est la conséquence de la surexploitation anthropique dont l'incidence est particulièrement spectaculaire durant la période de sécheresse ; l'observation des zones témoins, mises en défens, permet de situer la place de chacun des facteurs dans l'évolution du paysage steppique (Melzi, 1995).

La superficie des parcours steppiques qui s'élevait à 20 millions d'ha environ, voit aujourd'hui sa structure changer dans le temps en faveur des parcours dégradés et des cultures marginales. La superficie des sols dégradés, après avoir atteint 5 millions d'ha en 1985, s'est élevée à 7,5 millions d'ha en 1995, alors que les superficies palatables sont passées de 10 millions d'ha à 8,7 millions d'ha sur cette même période. La diminution de la superficie des parcours palatables semble se faire également au profit des cultures marginales qui voient leur superficie passer de 1,1 million d'ha en 1985 à 1,6 million d'ha en 1995, soit 500 000 ha supplémentaires au profit des forêts et maquis, qui gagnent 700 000 ha durant cette même période. Parallèlement, l'effectif du troupeau ovin est passé de 7 millions de têtes en 1980 à 11 millions en 1995. La steppe se caractérise donc de ce fait par une surcharge de ses parcours dont l'effectif du troupeau, avec un rapport de 1,3 ovin par Ha palatable en 2000, contre 0,8 seulement en 1985 (Bensouiah, 2003). Mais que conclure lorsqu'on sait qu'en 1985 déjà la steppe ne pouvait supporter que le quart du troupeau existant à l'époque (Le Houerou, 1985).

Le patrimoine steppique de l'Algérie occidentale et particulièrement celui de la commune de Maâmora (wilaya de Saida, ouest algérien), région de notre étude connaît depuis des décennies une continuelle régression due aux pratiques irrationnelles de l'homme (surpâturage, incendie, etc.) et au climat caractérisé par une sécheresse estivale prolongée et une irrégularité des pluies (Hireche, 2007). Une telle évolution a provoqué l'apparition d'une végétation non palatable à base d'espèces épineuses ou toxiques telles que *Atractylis humilis*, *Thymelea microphylla*, *Noaea mucronata* (Aidoud *et al.*, 2006).

En Algérie, plusieurs travaux ont été menés sur l'écosystème steppique en général dont les objectifs visent une meilleure compréhension des lois biologiques, écologiques qui régissent son fonctionnement, sa dynamique et son évolution (Djellouli 1981 ; Djebaili, 1983 ; Aidoud et Touffet, 1999 ; Chalane, 2012 ; Henni, 2014; Arabi, 2016).

A titre complémentaire de ces travaux, le but de notre étude est de caractériser à l'échelle locale, dans l'espace et dans le temps, par le biais de relevés phytoécologiques, la composition floristique et les caractéristiques édaphiques de la steppe à alfa de la commune de Maâmora (wilaya de Saida, ouest algérien). Par l'analyse factorielle des correspondances (AFC), nous tenterons de traiter conjointement les variables floristiques et les variables pédologiques en mettant en exergue l'impact de l'action anthropique sur la dégradation de la végétation.

Il est à souligner que cette thèse de doctorat est une continuité des travaux de magister déjà réalisés depuis 2012 et dont les résultats ont fait l'objet d'un article scientifique (Chalane, 2012). Pour cela et dans le but de valoriser nos travaux de doctorat, nous avons jugé d'insérer ces résultats qui correspondent à des données préliminaires concernant la caractérisation floristique et édaphique de la zone d'étude, sous forme de chapitre dans la partie résultats et discussion. Ces résultats ainsi que ceux obtenus dans cette présente thèse, serviront certainement de base pour comprendre davantage la dynamique du couvert végétal et l'évolution des sols dans la région d'étude, dans le cadre des travaux qui viendront par la suite.

Notre travail est structuré de la manière suivante :

Une première partie concerne une synthèse bibliographique, dans laquelle sont traités les points suivants :

- généralités sur les écosystèmes steppiques,
- description de l'alfa,

Une deuxième partie expérimentale dans laquelle nous présentons :

- la zone d'étude,
- la méthodologie d'étude adoptée,
- les résultats obtenus et leur discussion.

Enfin, la thèse est finalisée par une conclusion et des perspectives ainsi qu'un listing des références bibliographiques utilisées.

PREMIÈRE PARTIE
REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1
CARACTÉRISTIQUES DES
HAUTES PLAINES
STEPPIQUES

1. Caractéristiques écologiques de la steppe

1.1. Définition de la steppe

Divers auteurs ont défini la steppe méditerranéenne, parmi les définitions les plus courantes : la steppe est une "*formation végétale, primaire ou secondaire, basse et ouverte dans sa physionomie typique et inféodée surtout aux étages bioclimatiques arides et désertiques dont elle est l'expression naturelle*" (Donadieu, 1979). Elle est structurée aussi bien par des espèces herbacées (*Stipa tenacissima*) que par des chaméphytes (*Artemisia, Anabasis, Salsola*). Elle peut être dominée par des nanophanérophytes (*Rhus, Retama, Adenocarpus, Calligonum*) ou des phanérophytes (*Juniperus, Acacia, Argania, Pistacia atlantica, Pinus halepensis*).

"*La steppe, en région méditerranéenne, est une formation basse et ouverte, dominée par des xérophytes en touffes, laissant paraître le sol nu dans des proportions variables. En fonction du végétal dominant, qui peut être herbacé (graminée) ou ligneux (sous-arbrisseaux)*" (Le Houerou, 1995). Il s'agit d'un écosystème fragile, il paraît moins stratifié que l'écosystème forestier. Il se caractérise aussi par un climat semi-aride, et forme parfois la transition avec les zones désertiques.

D'après Le Houerou (1985), le terme steppe évoque d'immenses étendues à relief peu couvert d'une végétation herbacée et clairsemée. La steppe correspond à une formation végétale néo-climacique, basse, discontinue, formée d'espèces pérennes et annuelles dépourvues d'arbres où le sol nu apparaît dans des proportions variables.

En 1995, le même auteur note en décrivant la steppe algérienne comme immenses étendues plus au moins arides, à relief peu marqué (600 -700 m d'altitude) couvertes d'une végétation steppique basse, clairsemée caractérisée par un quotient P/E.T.P (P: précipitation, ETP : évapotranspiration potentielle) entre 0,065 et 0,28 recevant des précipitations moyennes annuelles variant de 100 à 400 mm.

Aidoud et Touffet (1996) soulignent qu'une steppe aride est un milieu qui n'offre que des conditions extrêmes pour l'établissement et le maintien d'une végétation pérenne.

1.2. Localisation et limites les hautes plaines steppiques

Les hautes plaines steppiques dont la superficie est de plus de vingt (20) millions d'ha est comprise entre les deux Atlas, le tellien au Nord et le saharien au Sud (Djebaili, 1984), à des altitudes plus au moins importantes de 900 à 1200 m, elles sont parsemées de dépression salées, chotts ou sebkhas qui sont des lacs continentaux formés au pléistocène sous l'effet des pluies torrentielles et du ruissellement important qui en découle. On distingue deux grands ensembles (Nedjraoui, 2004) :

- les steppes occidentales, constituées des hautes plaines Sud oranaises et Sud algéroises dont l'altitude décroît du djebel Mzi à l'ouest (1200 m) à la dépression salée du Hodna au centre (1100 m) occupée par des dépôts détritiques.

- les steppes orientales à l'Est du Hodna, sont formées par les hautes plaines du Sud constantinois où domine le crétacé de nature calcaire et dolomitique (fig. 1).

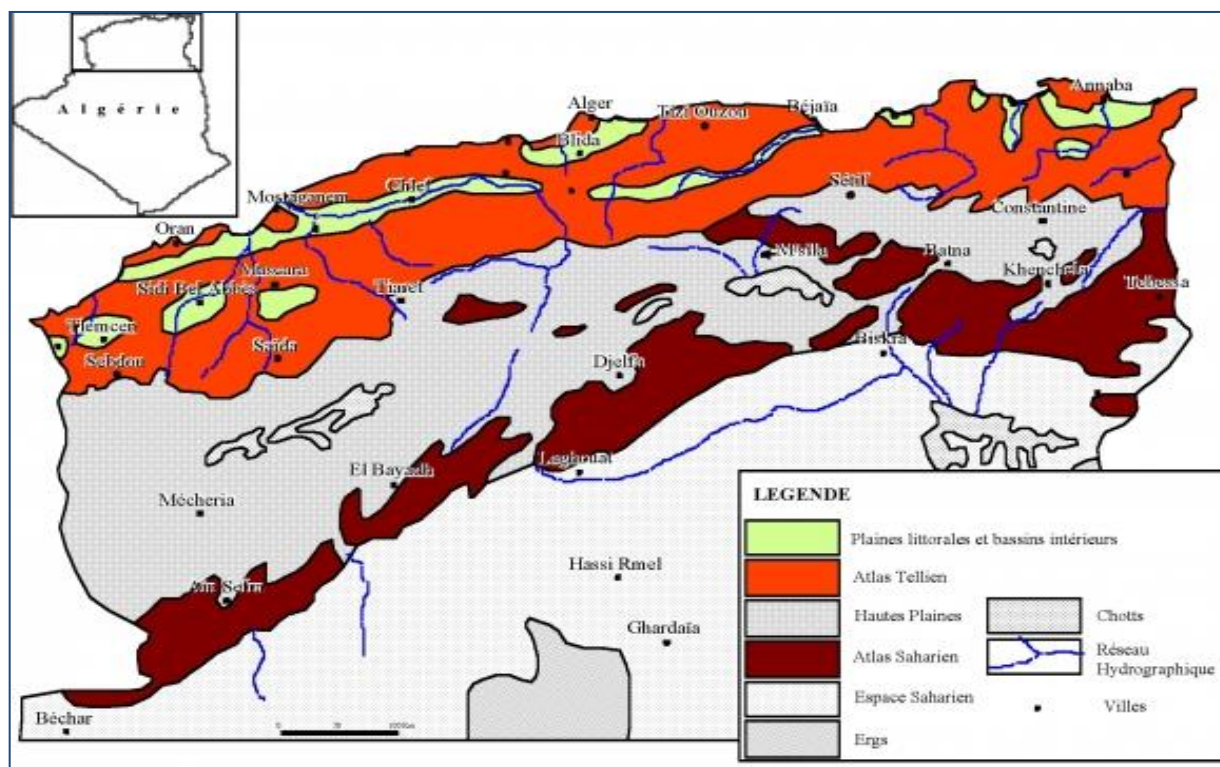


Figure1: Les limites naturelles des hautes plaines steppiques algériennes (Nedjraoui, 2004)

1.3. Géo-structures majeures de la steppe Algérienne

D'après les études géologiques et notamment les travaux de Caire (1971) in Tsaki (2003), il apparaît que l'histoire géologique de la steppe algérienne se précise avec le plissement Alpin. Ce dernier a repoussé sur le socle Africain, en place depuis le Précambrien, des matériaux déposés durant le Mésozoïque et le Tertiaire dans les dépressions de la mésogée.

Au contact de la plate-forme saharienne, une chaîne de montagne allongée d'Est en Ouest s'est érigée sous l'effet des forces tectoniques : l'Atlas saharien. Plus au nord, l'Atlas tellien constitue une gigantesque ride charriée sous l'effet de cette poussée provenant de l'Europe. Sa structure est essentiellement caractérisée par un empilement de nappes d'âges Miocène, qui ont été charriées vers le Sud. Après la mise en place de cette nappe de charriage, des massifs locaux se sont soulevés mettant à découvert des parties profondes de l'édifice tectonique.

Lors de cette orogénèse, une avant-fosse Alpine est apparue en bordure Sud et a été comblée de matériaux fins provenant de l'Atlas saharien et plus grossiers provenant de l'Atlas tellien. Ce dernier recouvre une partie de l'avant-fosse sous l'effet des paroxysmes Alpains.

A - Période prétectonique

Du Trias à l'Eocène moyen, les processus sédimentaires sont dominants. Les dépôts sont du type épicontinental avec des variations sensibles de faciès et d'épaisseur (Gautier, 1914 in Tsaki, 2003) :

- Le Trias : est constitué surtout de dépôts argilo-gypseux et parfois de sel gemme, qui joueront au Tertiaire en niveau de dysharmonie et de décollement suite à des phénomènes de diapirisme.
- Le Jurassique : par sa vaste transgression mésogène amène des dépôts essentiellement carbonatés avec une relative uniformisation des faciès dolomitico-calcaires.
- Le Crétacé : est l'âge des grands dépôts du sillon intra-tellien et des bordures des massifs.

Dans le Tell, ces sédiments terrigènes sont constitués de marnes, calcaires, schistes sombres et flysch schisto-gréseux. Dans l'Atlas saharien, le Crétacé inférieur est représenté par des grès continentaux au sud et des dépôts carbonatés au nord. La période transgressive du Crétacé supérieur est représentée par des dépôts calcaires et marneux.

- L'Eocène inférieur et moyen : présente une diversification des faciès beaucoup plus poussée qu'au Crétacé. Les calcaires à silex et les couches phosphatées sont fréquents dans les sous-zones du sillon tellien. A l'Eocène moyen, des marnes épaisses se déposent dans le sillon médio-tellien. Sur le talus présaharien, les premières dislocations alpines provoquent la formation de brèches, de dépôts flyschoides et de discordance, particulièrement au Lutétien supérieur, qui semble marquer un paroxysme.

B - Période Tecto-orogénique

Les pulsations orogéniques peuvent être regroupées en deux grandes phases qui diffèrent par leur style de surface mais qui peuvent être dues à un même processus de profondeur (TSAKI, 2003) :

- Phase Eocène : dans l'Atlas tellien, les bordures Nord et Sud du sillon se déforment en large plis. Par contre, les zones subsidentes reçoivent de puissants dépôts synorogéniques d'âge Eocène supérieur et Oligocène. A la fin de cette première phase, tous les dépôts sont à granulométrie fine et d'aspect mollassique. Dans l'Atlas saharien se forment des plis de style jurassien et des failles, avec des déformations épirogéniques et des dénivellations. Après dégagement d'une surface d'aplanissement de type pédiplaine, se dépose un Miocène inférieur détritique, généralement continentale et de teinte rouge.

L'évolution Oligo-miocène des deux domaines atlassiques se termine par l'installation d'une surface d'érosion et de remblaiement.

- Phase Néogène : cette seconde phase orogénique (du Miocène inférieur) reprend la mobilisation des seuils et talus du Tell. L'avant-fosse naît et se creuse rapidement. La partie interne du talus présaharien se soulève et les premiers lambeaux de terrains qui se détachent glissent vers le Sud. Dans l'Atlas

saharien, la phase tectonique Miocène fait rejouer les plis, avec tendance au style éjectif (anticlinaux étroits, pincés, faillés et même écaillés).

C - Période Post-tectonique

Elle est caractérisée par une continentalisation progressive. Dans le Tell, des bombements accompagnés de déversements locaux sont soumis à l'érosion et font apparaître, en fenêtres ou demi-fenêtres, les nappes profondes, le parautochtone ou l'autochtone intratélien.

A la fin du Miocène, les phénomènes corrélatifs d'érosion et de sédimentation tendent à créer une nouvelle surface d'aplanissement sur les deux Atlas. Enfin les phases Plio-quaternaires provoquent des déformations: ondulations, basculements, développement de glacis emboîtés accompagnés de phénomène de pédogénèse, suivis de profonds ravinements.

D - Morphogénèse du Quaternaire

La stratigraphie du Quaternaire: le schéma de la morphologie Quaternaire continentale en Afrique du Nord considère que les terrasses fluviatiles étaient des formations cycliques indépendantes des terrasses marines et que les comblements des oueds a eu lieu pendant les ères pluviaux (glaciaires = régressions), alors que le creusement s'exerce pendant les Interpluviaux (interglaciaires = transgressions). Cette échelle stratigraphique comprend les principaux cycles (ou périodes) suivants : Le Quaternaire récent (Gharbien et Soltanien), le Quaternaire moyen (Tensiftien et Amirien), le Quaternaire ancien (Salétien et Moulouyen) (Bock ,1983).

– Formes et paysages : à l'intérieur des deux domaines bien différenciés qui sont les reliefs abrupts de l'Atlas saharien et des étendues planes des hautes plaines, apparaissent des associations de formes construites par la morphogénèse au cours du Quaternaire qui permettent de définir des sous-régions et secteurs. Dans le premier domaine, ce sont les versants d'expositions diverses, dans le second, des étagements de glacis de piémont, de terrasses et de buttes "témoins" des pourtours des dépressions fermées, les Chotts. Ces surfaces anciennes fossilisées par une dalle calcaire ou croute calcaire (Quaternaire ancien et moyen) sont recoupées et le plus souvent recouvertes par des formations plus récentes (alluvions, colluvions, apports éoliens). Les formes du Quaternaire récent ou actuel semblent confirmer leur position chronologique à travers les transects temporo-spatiaux. En contrebas des surfaces du Quaternaire ancien ou moyen s'emboitent des terrasses récentes. Ces dernières surmontent le plus souvent des formations subactuelles à actuelles des daya et sebkha.

1.4. Aspects biogéographiques

Djebaili (1984) en s'inspirant des travaux de Maire (1926), confirme que la végétation de la zone steppique appartient au domaine mauritanien steppique subdivisé en trois secteurs :

- secteur des hauts plateaux orano-algérois.

- secteur du Sud constantinois.
- secteur de l'Atlas Saharien.

À l'exception des sommets des monts du Hodna et des Aurès, le domaine mauritanien steppique correspond à l'aire de distribution des steppes des hauts plateaux et des forêts claires à chêne vert et à pin d'Alep de l'Atlas Saharien et des piémonts sud Aurès. Il s'agit donc de division chorologique sans références à aucune classification biologique ou écologique.

Après, c'est la préoccupation essentiellement floristique qui a été abordée par les travaux de Quézel et Santa (1962), Barry et Celles (1974) qui ont modifié les subdivisions en domaines et secteurs et sous secteurs.

Quézel et Santa (1962) ont distingué des sous-secteurs dans les hautes plaines et l'Atlas Saharien. Pour Barry et Celles (1975), ils ont démontré que la végétation des hautes plaines steppiques appartient aux formations climatiques de la région méditerranéenne subdivisée en deux sous-régions : Eu-méditerranéen et Saharo-sindienne.

Emberger (1930) a noté que « l'étage de végétation tel que nous entendons est une unité ayant ses caractéristiques propres, entièrement indépendantes de l'altitude ».

Ozenda (1975) a interprété le complexe des steppes situées à 1000 m d'altitude en moyenne, et à base d'alfa, de sparte et d'armoïse blanche comme une forme semi-aride du méso-méditerranéen.

1.5. Les sols steppiques

Les sols sont soumis à une forte érosion hydrique et éolienne due aux conditions climatiques et à la forte action anthropique qui diminue le couvert végétal. L'érosion éolienne affecte principalement les régions arides et semi-arides. L'action du vent emporte les fines particules telles que les sables et les argiles et laisse sur place un sol caillouteux qui devient improductif. Près de 600 000 ha de terres en zones steppiques sont totalement désertifiées sans possibilité de remontée biologique. On distingue plusieurs types de sols (Djebaili *et al.*, 1983):

- les sols minéraux bruts : ces sols sont caractéristiques des forêts et des matorrals.
- les sols peu évolués regroupent:
 - les sols d'origine colluviale sur les piedmonts des monts et les glacis,
 - les sols d'origine éolienne avec des formations sableuses fixées,
 - les sols bruns calcaires à accumulation calcaire qui sont très répandus sur les glacis,
 - les sols à encroûtement gypseux qui sont plus rares,
 - les sols carbonatés sont les plus répandus en Algérie, notamment dans les écosystèmes steppiques et présahariens où ils représentent de vastes étendues encroûtées (Haltim, 1988).

1.5.1. Les sols iso-humiques

Ils sont représentés dans les glacis d'érosion polygéniques du quaternaire récent. Ils regroupent les sols à encroûtement calcaire ou gypseux (Kacimi, 1996).

1.5.2. Les sols halomorphes

Ils regroupent les sols salins de profils AC et les sols salins à alcalis de profil A (B) C. Ces sols sont généralement profonds et localisés dans les chotts et les sebkhas.

1.6. Hydrographie

Au niveau de la steppe, les ressources hydriques sont faibles, peu renouvelables et anarchiquement exploitées. Le réseau hydrographique est diffus et peu hiérarchisé sur le piémont où il se disperse en chenaux multiples sur les cônes de déjection et sur les glacis. Les oueds sont caractérisés par un écoulement temporaire et endoréique qui se termine généralement au niveau des dépressions salées, chotts ou sebkhas (Joly, 1986).

1.6.1. Le caractère de l'écoulement des eaux

Les oueds de la steppe sont caractérisés par des écoulements temporaires, pour la plupart secs en été et parcourus par de violentes et abondantes crues le plus souvent au début et à la fin de l'hiver.

Parmi les causes de cet écoulement temporaire :

- la rareté des précipitations ;
- le mode des précipitations marqué par des averses (les orages déversent brutalement d'énormes masses d'eau dans les oueds) ;
- la répartition annuelle des précipitations (les oueds ne reçoivent les eaux que durant un nombre de jours assez limité).

L'écoulement en direction des bassins endoréiques (chott et zahrez) est une autre caractéristique des oueds de la steppe. En effet, hormis trois exceptions (oued Mekkera, oued Nahr Ouasel et oued Touil constituant par leur réunion l'oued Chéelif), les cours d'eau de la steppe ne parviennent jamais à la mer, cela est dû essentiellement à la topographie du terrain.

1.6.2. Le mode de l'écoulement des eaux

Deux types d'écoulements sont à faire signaler en steppe à savoir:

- un écoulement en nappe: qui se manifeste le plus souvent sur les piémonts au débouché des montagnes, c'est l'épandage des crues.
- un écoulement en ravines profondes: lorsque la pente, trop forte, ne permet pas l'épandage. Les ravines aggravées après chaque crue sont un facteur redoutable de dégradation des sols.

1.6.3. Les nappes phréatiques

Les grandes cuvettes endoréiques sont de part leur structure, de véritables réservoirs où les eaux d'infiltration s'accumulent en nappes, plus ou moins artésiennes.

Ces nappes recèlent plusieurs milliards de m³ d'eau dont une partie (encore mal précisée) est fortement salée, donc difficilement utilisable (Tsaki, 2003).

1.7. Dynamique de la végétation steppique

Les populations naturelles ne sont pas des entités amorphes subissant passivement les effets des facteurs externes ou de leurs variations (Barbault, 1981), aboutissant à une transformation au fil du temps. Cette transformation a été reconnue par Ozenda (1979) comme "dynamique de la végétation".

D'après Le Houerou (1995), la dynamique de la végétation peut être subdivisée en deux catégories: une progressive ou évolutive et l'autre régressive (fig. 2).

a- Evolution progressive

L'évolution progressive est observée dans des zones plus ou moins protégées des facteurs de dégradation. L'ensemble des processus observés est appelé "remontée biologique" (Le Houerou et Hoste, 1977). Elle 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 d'eau, de l'activité biologique et de la productivité primaire.

b- Evolution régressive

L'étude de la dynamique des steppes montre qu'elles sont dérivées de forêts claires de la façon suivante (Le Houerou, 1995):

- forêt claire de pin d'Alep ou de thuya de Berbérie.
- garrigues à romarin, cistes et alfa avec d'autres compagnes forestières.
- steppes d'alfa avec compagnes forestières : romarin, genévrier de Phénicie, ciste à feuilles de sauge, ciste du Liban, thymus, globulaire, hélianthèmes forestiers.
- steppe d'alfa avec reliques mineures de compagnes forestières: thymus, globulaire, hélianthèmes forestiers.
- steppe d'Alfa avec invasion d'espèces steppiques, d'armoïse blanche et ou d'armoïse champêtre, hélianthèmes steppiques et espèces présahariennes.
- steppe d'armoïse blanche.
- steppe dégradée ou culture ou jachères.

Ces transformations de la végétation sont accompagnées d'une évolution des sols.

1.8. Aspects climatiques

L'Algérie, qui est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien (Nedjraoui, 2004).

Il s'agit cependant, pour les steppes, d'une forme particulière de ce climat caractérisé essentiellement par:

➤ des faibles précipitations présentant une grande variabilité intermensuelle et interannuelle ; des régimes thermiques relativement homogènes mais très contrastés, de type continental (Le Houerou *et al.*, 1977).

1.8.1. La pluviométrie

Djebaili (1978) définit la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat, la pluviosité moyenne annuelle est en général faible. Les travaux sur la pluviosité en Algérie soulignent une aridité croissante dans les steppes, et tout particulièrement dans les steppes occidentales.

Selon Le Houerou (1975), les hautes plaines Algéro-Oranaises reçoivent entre 200 et 400 mm en moyenne. Elle diminue dans la région du Chott El Hodna, et beaucoup plus sur les piémonts de l'Atlas saharien. Seuls les sommets des massifs montagneux reçoivent des quantités d'eau plus importantes qui peuvent atteindre 500 mm. (Djelouli, 1981).

La répartition saisonnière est marquée par la prédominance des pluies d'automne et de printemps avec un minimum pluviométrique assez net en février. Durant la période chaude, une certaine quantité d'eau, en fait assez faible, mais d'autant plus importante que l'on va vers l'Est, est apportée par les orages dont la fréquence est maximale durant cette saison (Le Houerou *et al.*, 1977).

De faibles pluies réparties sur un grand nombre de jours produisent un effet tout différent de celui d'une pluie tombant en une journée et fournissant à elle seule le même total ». Cette remarque d'Angot (1914) illustre toute l'importance de la fréquence des pluies en écologie notamment.

Selon Djebaili (1984), le nombre de jours de pluie est plus faible sur les piémonts sud de l'Atlas Saharien. Les jours de pluie y sont plus fréquents en automne et au printemps. Sur les plaines steppiques, le nombre de jours de pluie est variable et semble diminuer d'Ouest en Est. Les pluies y sont plus fréquentes en hiver et en automne.

Pour Belgat (2001) *in* Aboura (2006), l'intensité des pluies et leurs fréquences jouent un rôle prépondérant sur :

➤ la stabilité ou l'instabilité des sols, combinées aux facteurs physiques du sol, elles peuvent favoriser ou défavoriser la stabilité structurale du sol.

- elles agissent sur la solubilité et la migration des nutriments dans le sol. En conséquence, elles participent à la répartition spatiale des espèces.
- elles accélèrent ou elles bloquent l'évolution des matériaux organiques et minéraux, et elles interviennent dans la formation des sols.

1.8.2. Variations annuelles des précipitations

Comme le signale Seltzer (1946) et le note Djebaili (1984), les variations annuelles dans les hautes plaines et l'Atlas Saharien sont toujours moins sensibles. Le cas de Saïda avec un écart maximum de 73 mm (tableau1).

Tableau 1: Ecarts maximums moyens des précipitations annuelles (Djebaili, 1984).

Stations	Précipitations minimales (mm)	Précipitations moyennes (mm)	Ecart maximum (mm)	Ecart moyen (%)
Saïda	350	432	73	19,1
El Bayadh	309	323	14	4,4
Djelfa	284	308	24	8,1
Mécheria	264	276	29	10,4

1.8.3. Les températures

Les températures représentent le deuxième facteur agissant sur la détermination du type de climat d'une région donnée.

Profondément enchâssée à l'intérieur des terres et séparée de la mer par une barrière quasi-continue de montagnes, l'Algérie steppique connaît un régime thermique contrasté, de type continental. L'amplitude thermique annuelle y est partout supérieure à 20° C (Le Houerou *et al.*, 1977). Située dans son ensemble, à une distance sensiblement constante de la mer, le régime thermique est fortement influencé par l'altitude; la latitude n'intervient qu'en deuxième facteur pour différencier les points extrêmes. La température moyenne annuelle pour l'ensemble de la steppe varie de 19 à 24°C. L'amplitude thermique annuelle y est comprise entre 20 et 22 °C. Janvier est le mois le plus froid et «m» varie de -1,8 °C (El Bayadh) à 6,7 °C (Biskra) et d'une façon générale «m» diminue avec l'altitude selon un gradient moyen de 0,50 °C tous les 100 mètre (0,40 °C pour Seltzer 1946. Juillet reste le mois le plus chaud avec des valeurs de «M» variant de 33°C (Aflou) à 41,7 °C (Biskra).

Parmi les variantes thermiques, les moyennes des températures minimales du mois le plus froid «m» et les températures maximales du mois le plus chaud «M» sont considérées comme déterminantes et limitantes pour la vie et la répartition des végétaux.

La steppe connaît le gel en hiver et la canicule en été dûs à l'influence continentale et une altitude forte. L'amplitude des températures moyennes annuelles (différence entre les températures moyennes du mois le plus froid (janvier) et les températures moyennes du mois le plus chaud (juillet) est supérieur à 20 °C.

Selon Le Houerou *et al.* (1977), l'Algérie steppique reste entre les isothermes + 1°C et + 3°C et entre 34°C et 37 °C.

1.8.4. Les vents

Au niveau de la steppe, l'action des vents est doublement néfaste:

- par leur action thermique: le « Sirocco », vent chaud et sec venant du Sahara souffle vers le nord en moyenne 20 à 30 jours par an sur les Hautes Plaines, et moins de 15 jours sur le piémont sud saharien. Sa fréquence augmente de l'ouest vers l'est, il est très fréquent en juillet et en août et provoque souvent des orages ; mais son action est d'autant plus néfaste sur la végétation et les cultures quand il souffle au printemps (avril ou mai).

Chargé de sable, ce vent détériore le système aérien des végétaux, déchausse les touffes et accumule des dépôts aux pieds des plantes.

- par leur force et persistance: n'étant pas freinés par des obstacles, les vents secs activent l'évaporation, dessèchent et décapent les sols en emportant les particules fines ne laissant que les éléments grossiers contribuant à accentuer l'aspect désertique de ces paysages.

1.8.5. Le gel

Les conditions orographiques locales (vallées, dépressions, expositions) exercent une influence sur l'intensité et les fréquences des gelées. La moyenne est de 40 à 60 jours de gelées blanches par an; elles sont plus fréquentes dans les hautes plaines (30 jours par an) et dans l'Atlas saharien jusqu' à 50 jours par an (tableau 2). Le risque de gelée commence quand le minimum de la température tombe au dessous de 10 °C et il dure tant que ce minimum reste inférieur à cette valeur. En pratique, pour la végétation, le risque de gelées persiste pendant toute la moitié de l'année, en général de novembre à fin avril.

Tableau 2: Nombre de jours annuels moyens pour quelques stations (Seltzer, 1946)

Stations	Nombre de jours par an		
	Enneigement	Gelées blanches	Sirocco
El Bayadh	13,1	17,8	--
El Kreider	3,0	48,2	22
Djelfa	7,8	31,2	12,8

1.8.6. L'évaporation

Au niveau de la steppe où l'eau est un facteur limitant, l'évaporation est très importante et atteint son maximum en été. La tranche d'eau évaporée annuellement est presque toujours supérieure à la quantité totale de pluie tombée (Seltzer, 1946). Les précipitations au niveau de la steppe ne peuvent pas combler l'intense évapotranspiration à laquelle est soumise la végétation durant la saison estivale. Le déficit n'est comblé que par les réserves d'eau du sol en fonction de sa capacité à emmagasiner les précipitations qu'il reçoit.

1.8.7. La grêle

Quelques jours par an en moyenne, donc assez négligeable d'autant que les grêlons, de taille réduite, n'occasionnent pas de dégâts sérieux aux cultures (Pouget, 1980).

1.8.8. La neige

À la faveur d'une température pas trop basse, l'eau de neige imbibe le sol, plus la durée d'enneigement au sol persiste plus le potentiel hydrique du sol augmente. Ainsi, plus que sa fréquence, la durée d'enneigement moyen au sol (nombre de jours où le sol est couvert de neige), est une donnée la plus utile à connaître. Selon Djebaili (1978), le nombre de jours d'enneigement varie de 5 à 19 jours.

Dans les hautes plaines, l'épaisseur de la couche de neige au sol est très mince, elle ne dépasse pas les 10 cm. Elle est par contre plus dense et d'après Seltzer (1946), on estime qu'elle fournit le cinquième de sa hauteur en tranche d'eau, c'est-à-dire dans les meilleurs cas un apport d'eau de l'ordre de 20 mm par an. Ceci est d'autant plus appréciable lorsque la fusion intervient au début du printemps.

1.8.9. Les orages

Les précipitations orageuses dues aux perturbations atmosphériques engendrées par les dépressions en provenance des régions sahariennes. Ces dépressions abordent les zones steppiques par le Sud durant la saison chaude; elles sont d'autant plus nombreuses que l'on va vers l'Est, d'où les fréquents orages estivaux dans les Hautes-Plaines sud constantinoises et les hautes steppes tunisiennes (Le Houerou *et al.*, 1977).

1.9. Aspect bioclimatique de la steppe algérienne

Classiquement, la classification bioclimatique d'Emberger utilisée dans la région méditerranéenne, repose sur « les caractères climatiques qui influencent le plus fortement la vie végétale » (Emberger, 1955).

De nombreux auteurs se sont attachés à synthétiser les données climatiques en recherchant une classification des types de climats qui puisse rendre compte au mieux du comportement de la végétation, particulièrement dans les zones arides. Le problème étant de « mettre en évidence les zones homoclimatiques où les conditions climatiques de la croissance et la production végétale soient sensiblement identiques » (Le Houerou, 1975).

Les nombreuses classifications proposées se basent le plus souvent sur le calcul d'un indice climatique tenant compte de la pluviosité, des températures, de l'ETP (évapotranspiration potentielle), etc. Les indices climatiques les plus classiques sont:

1.9.1. Indice annuel d'aridité de DEMARTONNE (1923)

$$I = P / (T + 10)$$

I : Indice d'aridité de DE MARTONNE

P: Pluviosité annuelle moyenne en mm

T: Température annuelle moyenne en °C.

1.9.2. Indice xérothermique (Ix) de BAGNOULS et GAUSSEN (1957)

En fait, cet indice complète les diagrammes ombrothermiques qui montrent l'importance de la période sèche; un mois est considéré comme « sec » si la pluviosité P (mm) est égale ou inférieure au double de la température en degré Celsius c'est-à-dire $P \leq 2T$.

Selon Pouget (1980), l'indice Ix, tenant compte de l'humidité atmosphérique, module la durée de la saison sèche en donnant le nombre de jours « biologiquement secs » au cours de la période sèche.

1.9.3. Quotient pluviométrique Q_2 d'EMBERGER (1954)

Les valeurs de Q_2 sont reportées sur un climagramme pluviométrique avec : m en abscisse et Q_2 en ordonnée. Sur ce graphe, Emberger trace les limites des différents étages bioclimatiques tels que l'indique l'étude de la répartition de la végétation. L'usage a très largement consacré cette caractérisation des bioclimats méditerranéens (Daget, 1977).

Selon Le Houerou (1995), toutes les Hautes Plaines entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien appartiennent à la zone aride moyenne ou supérieure, à l'exception du centre de la dépression Hodnéenne. Les piedmonts sud de l'Atlas Saharien, sur une largeur de 20 à 50 km font partie de la zone aride inférieure de Khanga Sidi Naji à Béchar (Biskra, El Abiod, Laghouat, O.Djellal, Ain Sefra).

En 1977, Le Houerou *et al.* en se basant sur les données de P, m et M, ont pu définir les principales zones bioclimatiques des steppes algériennes (tableau 3) avec des variantes et des sous-variantes :

- Le sub-humide à hivers très froids
- Le semi aride à hivers froids et frais
- L'aride supérieur à hivers froids et frais
- L'aride moyen à hivers froids, frais et tempérés
- L'aride inférieur à hivers frais, tempérés et doux
- Le saharien à hivers tempérés et doux (fig. 3).
- Les étages semi-aride et aride, en particulier, couvrent de vastes étendues et caractérisés par une végétation très diversifiée, en passant par des nappes homogènes à alfa aux mosaïques à sparte et armoise blanche pour rencontrer des faciès à alfa et rétama (Bouchetata, 2001).

L'application des gradients pluviométriques et thermiques de (tableau 3) confirme deux hypothèses faites à partir de l'étagement de la végétation (fig 3) :

- la présence du subhumide froid, au djebel Mâadar dans les Aurès et en même temps son absence le long de l'Atlas saharien.
- la présence du bioclimat semi-aride froid sur les versants Nord de l'Atlas saharien.

Tableau 3: Valeurs approchées de précipitation et température pour les sommets des monts de l'Atlas saharien et des Aurès (Djebaili, 1984)

Lieux	Altitude (m)	Précipitation approchée (mm)	Température approchée (°C)	Bioclimat
Djebel Aïssa	2200	473,0	- 7,3	Semi aride froid
Djebel Ksell	2008	497,5	- 6,1	Semi aride froid
Sommet-Senalba Gharbi	1660	408,0	- 2,8	Semi aride froid
Djebel Mâadar	1863	552,0	- 2,4	Semi aride froid
Djebel Belezma	2094	692,0	- 6,0	Sub-humide froid
Djebel Ichmoul	2071	680,0	- 5,6	Sub-humide froid

Pour expliquer les causes de la distribution des végétaux de la zone steppique, du moins pour la région méditerranéenne, il faut se baser sur deux composantes principales: ce sont les précipitations et

les températures du fait qu'elles constituent des facteurs déterminants, mais cela n'exclut pas l'influence d'autres composantes telles que la neige, les vents et les gelées (Duvigneaud *et al.*, 1984).

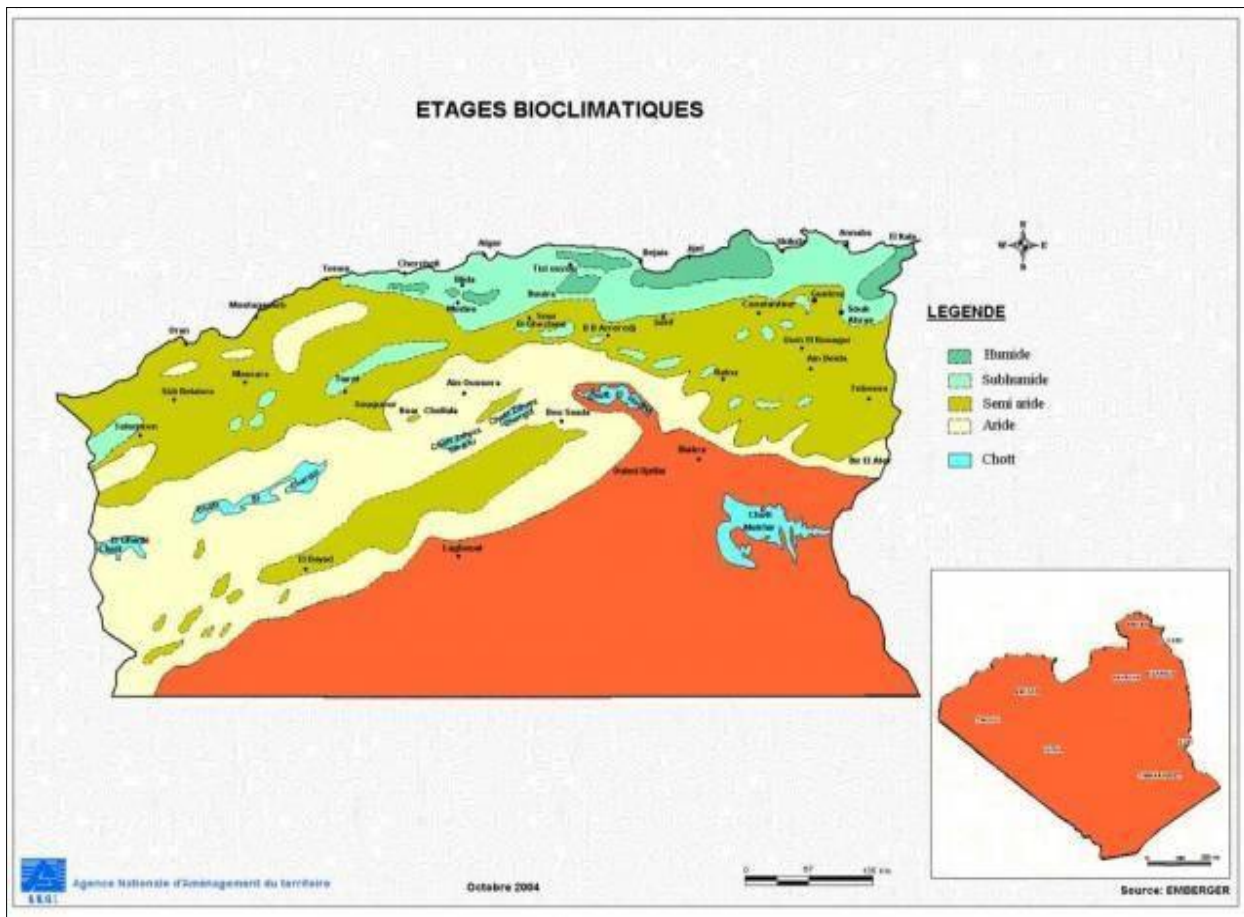


Figure 3: Carte bioclimatique de l'Algérie (ANAT, 2004).

1.10. Aspect socio-économique

1.10.1. La population

Les facteurs socio-économiques impliqués dans les bouleversements qui ont marqué le monde pastoral steppique semblent complexes et se situent à des niveaux divers.

Un des premiers facteurs est la croissance démographique, la steppe algérienne est caractérisée actuellement par une population urbaine et rurale de plus de 7 millions d'habitants. La forte croissance de la population algérienne (taux brut de natalité de 3,2 %) et la tendance générale dans laquelle s'insère l'évolution de la population de la steppe (TBN de 3,5%) doivent être précisées; car une première analyse semble expliquer une influence de cette région dans la poussée démographique nationale (liée entre autre à des considérations sociales et culturelles en défaveur du contrôle des naissances) (Tsaki.2003).

La répartition de la population de la steppe par groupes d'âge montre une tendance à la jeunesse de celle-ci. Ainsi 58% de cette population ont un âge entre 0 et 19 ans, 37% ont un âge entre 20 et 59 ans et 5% ont 60 ans et plus.

1.10.2. Les activités économiques au niveau de la steppe

L'activité économique principale de la population de la steppe est basée sur l'élevage ovin. En effet, la steppe reste toujours le pays du mouton et du nomadisme.

L'activité agricole, trop aléatoire sous la contrainte des conditions climatiques et édaphiques, ne constitue qu'un appoint économique pour la plupart des ménages.

a - L'activité pastorale

Le cheptel ovin national est le premier fournisseur de viande rouge, soit 68.000 tonnes en 1983. En 1996, il fournissait 75% des 2.996.000 quintaux produits. Sa contribution à l'économie nationale est importante dans la mesure où il représente un capital de plus de 1.000.000.000 de dinars. En 1985, sur un effectif national de 15.500.000 têtes, quelques 11.500.000 têtes restaient cantonnées dans la steppe. En 1996 l'effectif du cheptel ovin s'élevait à 17.301.000 têtes dont 75% concentrées dans la zone steppique (Bouchetata, 2002). On estime actuellement le cheptel national ovin à 18.000.0000 de têtes (Madr, 2010), avec la même proportion au niveau de la steppe.

Alors que part le passé les mortalités ovines par la sécheresse et les maladies permettaient aux parcours steppiques de se régénérer. Actuellement la bonne couverture vétérinaire, l'apport d'orge, de concentré et de fourrages entraînent le maintien, voire même l'augmentation des effectifs provoquant une pression permanente sur les potentialités naturelles de ces espaces.

Le cheptel national est constitué essentiellement de races ovines locales bien adaptées aux conditions du milieu steppique. Selon Nedjraoui (2004), on les distingue avec les proportions suivantes:

- Race Ouled Djellal: 58%
- Race Hamra et Béni Guil : 21%
- Race Rimbi: 18%
- Race Métissée: 8,2%
- Race D'men: 0,3%
- Race Barbarine: 0,15%

La distribution du cheptel par groupe de propriétaires (sédentaires ou nomades) et la concentration des troupeaux peuvent révéler, d'une part l'importance économique des différents groupes de populations et d'autre part le modèle d'exploitation pastorale prédominant dans la steppe. Il apparait à ce sujet que 70 % des troupeaux de la steppe sont détenues en propriété par les nomades.

A part la garde familiale du troupeau qui n'intéresse que les petits éleveurs, plusieurs facteurs imposent le recours à la gestion indirecte par l'emploi de bergers rétribués. Le berger garantit la mobilité du troupeau en fonction de l'utilisation des pâturages et seuls les nomades peuvent assurer ces déplacements de manière fonctionnelle.

b - L'activité agricole

C'est la céréaliculture qui représente l'activité agricole la plus importante au niveau de la steppe. Sur le plan économique, elle répond à une double nécessité: elle constitue la production de survie si le ménage n'a pas d'autres sources de revenus et assure les besoins alimentaires des familles. Sur le plan social, elle constitue un moyen d'appropriation des espaces de pâture.

Cette activité occupe une superficie de 2,5 millions d'hectares soit 12.5 % de la superficie de la steppe. Les rendements moyens annuels sont de l'ordre de 3,5 Qx/ha.

Naturellement, les rendements varient considérablement selon les régions en décroissance depuis les parcelles à irrigation permanente (10 Qx/ha/an) aux parcelles à irrigation occasionnelle par épandage des crues (7 Qx/ha/an) et aux parcelles à culture en sec (3,5 Qx /ha/an).

Il y a lieu de signaler que plus de 85% des ménages nomades pratiquent la céréaliculture en sec contre 40% pour les ménages sédentaires.

En bonne année, les quantités de céréales disponibles par ménage exploitant semblent être suffisantes pour les besoins familiaux (70% des ménages nomades disposent de moins de 10 Qx/an). Si le produit de la moisson est supérieur aux nécessités de l'auto consommation, il peut constituer une source de revenue par commercialisation (pour une famille moyenne, le besoin annuel en céréales est de l'ordre de 6 Qx). (Nedjraoui, 2004).

c- Les migrations saisonnières

Les déplacements migratoires des populations nomades et semi-nomades sont liés en général à la gestion et conservation des troupeaux. Ces migrations concernent deux types de déplacements : une migration d'été dite " Achaba " du terme arabe " achab " = herbe, utilisé dans le sens de la recherche de l'herbe ; et une migration d'hiver dite " Azzaba " du terme arabe " azzab " = célibataire, utilisé dans le sens de la recherche du travail.

Les migrations d'été: les migrations d'été se font dans le sens du nord (de la steppe vers le Tell) et concernent jusqu'à 35% (en année moyenne) de la population nomade et semi-nomade. Dans le passé, cette migration avait pour principal objectif la recherche des pâturages d'été (les moissons), actuellement elle est liée beaucoup plus à la recherche du travail qu'aux stricts besoins de l'activité de l'élevage (Tsaki, 2003).

- Les migrations d'hiver: les migrations d'hiver se font dans le sens du sud (de la steppe vers les parcours prés-sahariens) et concernent plus de 40% du cheptel de la steppe.

1.11. Aspect phyto-écologique et pastoral

De nombreux travaux relatifs à l'étude de la végétation ont permis de faire ressortir les potentialités pastorales des steppes algériennes qui sont dominées par 6 grands types de formations végétales (Djebaili, 1978 ; Nedjraoui, 1981 ; Aidoud, 1989 ; Le Houerou, 2000).

a- Les steppes à alfa (*Stipa tenacissima*)

L'aire potentielle de ces steppes était de 4 millions d'hectares (Nedjraoui, 2004). On les retrouve dans les bioclimats semi-arides à hiver frais et froid dans l'étage aride supérieur à hiver froid. Ces steppes colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1800 m d'altitude. La production de l'alfa peut atteindre 10 tonnes MS/ha mais la partie verte qui est la partie exploitable à une production de 1000 à 1 500 kg MS/ha. L'alfa présente une faible valeur fourragère de 0,3 à 0,5 UF/KgMS, 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 (Aidoud et Nedjraoui, 1992).

b- Les steppes à armoise blanche (*Artemisia herba alba*)

Recouvrent 3 millions d'hectares (Nedjraoui, 2004), sont situées dans les étages arides supérieurs et moyens 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. 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.

c- Les steppes à sparte (*Lygeum spartum*)

Selon Nedjraoui (2004), Représentent 2 millions d'hectares, rarement homogènes, occupant les glacis d'érosion encroûtés recouverts d'un voile éolien sur sols bruns calcaires, halomorphes dans la zone des chotts. Ces formations sont soumises à des bioclimats arides, supérieurs et moyens à hivers froids et frais.

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

d- 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, bruns calcaires à dalles 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 kgMS/ha et la productivité pastorale est comprise entre 25 et 50 UF/ha/an. Ce type de steppe est surtout exploité par les camelins.

e- Les steppes à psamophytes

Ces steppes sont liées à la texture sableuse des horizons de surface et aux apports d'origine éolienne. Ces formations sont inégalement réparties et occupent une surface estimée à 200.000 hectares. 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 psamophytes sont généralement des steppes graminéennes à *Aristida pungens* et *Thymellaea microphyla* ou encore des steppes arbustives à *Retama raetam* et leurs valeurs pastorales varient de 200 à 250 UF/ha.

f- Les steppes à halophytes.

Ces steppes couvrent environ 1 million d'hectares. 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 (Nedjraoui, 2004).

1.12. Les facteurs de dégradation des écosystèmes steppiques

La dégradation des parcours est devenue par la force des choses, un facteur limitant au développement des zones steppiques, elle s'exprime comme prélude à la désertification par la diminution de la biomasse des espèces pérennes. Elle est suivie à plus ou moins longues échéances, par la baisse de la richesse spécifique, par un appauvrissement du sol et par la dominance d'espèces à capacité colonisatrice élevée et bien adaptées aux milieux pauvres (Aidoud, 1994).

La dégradation de la steppe est issue de l'interaction de deux types de facteurs. Des facteurs naturels liés aux conditions du milieu physique en général, et des facteurs socio-économiques, liés à l'action l'homme sur l'écosystème.

1.12.1 Les facteurs naturels

a- Le climat

L'irrégularité des précipitations et leur mauvaise répartition, les fortes températures donnent lieu à des périodes de sécheresse estivales marquées par une durée souvent supérieure à 6 mois. Ces perturbations affectent négativement la végétation des parcours (El moudden, 2004).

La diminution des précipitations dans la steppe algérienne est de l'ordre de 18 à 27% et la durée de la saison sèche aurait augmenté de 2 mois entre 1913-1938 et 1978-1990 (Djellouli et Nedraoui, 1995 *in* Nedjraoui, 2004).

b- Le sol

Les sols steppiques sont réputés pour être squelettiques, c'est-à-dire, peu profonds ou encore, présentant une couche arable très fine. Ils sont à dominance d'éléments grossiers et présentent un faible pouvoir de rétention d'eau, ce qui augmente le risque de leur dégradation par érosion qu'elle soit hydrique ou éolienne.

Des données récentes montrent que les phénomènes d'érosion hydrique et éolienne ont provoqué d'énormes pertes: près de 600.000 ha de terres en zone steppique sont totalement désertifiés sans possibilités de remontée biologique et près de 6 millions d'hectares sont menacées par les effets de l'érosion hydrique et éolienne (Ghazi, 1997).

1.12.2. Les facteurs anthropiques

a- Evolution de la population steppique

Le nomadisme et notamment la transhumance (Achaba-Azzaba) constitue la principale activité pastorale qui découle des facteurs historiques économiques et sociaux. C'est une forme d'adaptation à un milieu contraignant où l'offre fourragère est marquée par une discontinuité dans le temps et dans l'espace. Ces déplacements, s'effectuant en été vers les zones telliennes (Achaba) et en hivers vers les parcours présahariens (Azzaba), allègent la charge sur les parcours steppiques leur permettant ainsi de se régénérer (Nedjimi *et al.*, 2006).

Une forte croissance démographique est enregistrée durant la dernière moitié du siècle. La population de la steppe qui était de 900 milles habitants en 1954, est estimée à plus de sept (07) millions d'habitants en 1999 (HCDS, 2005). La transhumance ou déplacement de grande amplitude (Azzaba; transhumance d'été vers les chaumes des zones telliennes ou Achaba; transhumance d'hiver vers les piémonts Nord de l'Atlas Saharien) qui permettait dans le passé une utilisation rationnelle des ressources naturelles, ne concerne plus que cinq (5%) de la population steppique (Nedjimi *et al.*, 2008).

Le reste de la population est devenu semi-sédentaire. Les pasteurs ont modifié leur système de production en associant culture céréalière, élevage et sédentarisation (Khaldoune, 2000).

La principale conséquence de cette transformation du mode de gestion des parcours est la surexploitation des ressources biologiques et la dégradation des terres. L'équilibre social et biologique se trouve fortement perturbé par l'intensification des besoins engendrés par la croissance démographique et la mutation de la population steppique, dont une grande partie a rejoint d'autres secteurs d'activités.

La diminution de la population vivante en zones éparses et la baisse de la population nomade traduisent l'importance de la sédentarisation qu'ont vécue les steppes ces dernières années. Il ressort que, la croissance démographique et la sédentarisation de plus en plus importante ont eu comme conséquences l'augmentation de la pression sur les ressources et l'intervention anarchique de l'homme. La pression humaine continue est à l'origine de l'important déséquilibre écologique des zones steppiques.

b- Les systèmes d'élevage

En Algérie, les régions steppiques constituent les terres de parcours par excellence dans lesquelles se posent les vrais problèmes liés au pastoralisme (Nedjraoui, 2001).

L'effectif du cheptel, pâturant en zones steppiques et dont la composante prédominante est la race ovine (environ 80% du cheptel), n'a cessé d'augmenter de 1968 à 1998 (6000 à 17000 têtes). Les troupeaux sont de petite taille car plus de 70% des propriétaires possèdent moins de 100 têtes et 90% des populations ovines appartiennent à des éleveurs privés. La croissance exponentielle du troupeau steppique et sa concentration en raison de la régression du nomadisme sont dues à plusieurs phénomènes (tableau 4).

Tableau 4: Effectif du cheptel en régions steppiques

Années	1968	1978	1988	1998	2008	2010
Ovins	5.600	8.500	12.000	16.320	16 800	20 000
Caprins	560	1.000	1.400	–	1 630	3800
Bovins	120	120	200	280	305	1650
Camelins	100	175	100	135	144	290
Equidés	250	450	530	750	650	-
Total	6.370	9.805	13.830	18.885	10950	25740

Sources : FAO statistiques Agricoles, (1974, 1990-1999 et 2000-2010).

D'après Bedrani (1994), les causes de la forte croissance du cheptel steppique sont liées:

- au maintien d'une forte croissance démographique dans les zones steppiques;
- à la faiblesse de création d'emplois dans les zones steppiques;
- à la demande soutenue et croissante de la viande ovine;

- à la haute rentabilité de l'élevage en zones steppiques du fait de la gratuité des fourrages et du fait de la disponibilité pendant une longue période d'aliments de bétail importés vendus à bas prix.

En 1968, les parcours steppiques avec 1,6 milliard d'UF (Nedjraoui, 2004) nourrissaient 7 890 103 équivalents-ovins, ce qui donnait une charge de 1,9 ha/eq.ovin. En 1996 le cheptel équivalait à 19 170 103 eq.ovins et la charge réelle des 15 millions d'hectares, correspondrait à 0,78 hectare pour 1 eq.ovin.

Les différentes études (U.R.B.T., 1981; Le Houerou, 1985; Aidoud, 1989; Kacimi, 1996) ont montré que les parcours se sont fortement dégradés et que la production fourragère est équivalente à environ 1/3 de ce qu'elle était en 1968, c'est-à-dire 533 millions d'UF. La charge pastorale potentielle serait d'environ 8 ha/1 eq.ovin. Et donc 10 fois supérieure à la charge réelle des parcours ce qui donne lieu à un surpâturage intense qui se manifeste par le maintien trop prolongé du troupeau sur les aires pâturées prélevant une quantité de végétation largement supérieure à la production annuelle.

c- Extension de la céréaliculture

L'effectif croissant des troupeaux et le déficit fourrager ont conduit les éleveurs à développer la céréaliculture en sec basée sur la production d'orge. Ces cultures qui se faisaient dans les dayas, les lits d'oueds et les zones d'épandages de crues ont gagné une grande partie des parcours sur des terres impropres à l'agriculture au détriment de la végétation pérenne. L'extension des labours et l'introduction de la mécanisation sont des paramètres de dégradation aussi importants que le surpâturage.

Actuellement, on estime à 2,5 millions d'hectares qui sont défrichés soit 12.5 % de la superficie de la steppe. Les faibles rendements obtenus (en moyenne 3,5 Qx/ha) ne compensent pas la perte de sol et de végétation qui en résulte.

d- L'éradication des espèces ligneuses

En l'absence de forêts pour la satisfaction des besoins ménagers en combustibles (pour la cuisson des aliments et le chauffage), les habitants de la steppe déracinent les espèces ligneuses basses, même parfois de petite taille comme les armoises.

Après la dénudation des ligneux, les touffes d'alfa sont brûlées à leur tour par les bergers au cours des rudes hivers de la steppe. Ainsi la destruction de l'ultime protection du sol laisse libre cours à l'érosion (Tsaki, 2003).

L'espèce principale soumise à cette destruction est l'armoise blanche 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.

1.13. Impact des facteurs de dégradation sur les ressources naturelles

Les différents facteurs de dégradation se conjuguent pour créer un déséquilibre écologique social et biologique se traduisent par:

- la régression du couvert végétal en général, et particulièrement les pérennes, qui conduit par conséquent à la désertification.
- la régression de la superficie des parcours, principal facteur de production sur lequel se basait l'activité pastorale.
- le sol devient moins productif, voire stérile (salinisation) ; sa structure et sa composition chimique et biochimique peuvent être affectées. Les éléments minéraux indispensables à la nutrition des plantes et des microorganismes sont emportés par le vent et l'eau.
- la biodiversité s'affecte sur ses deux niveaux :
 - sur le niveau spécifique, l'action intense du troupeau sur les parcours a modifié leur composition floristique. Les bonnes espèces pastorales à bonne appétibilité (*Artemisia herba-alba*, *Medicago minima*, *Salvia verbenacca*, etc.) sont consommées avant d'avoir eu le temps de fructifier ou de former des repousses pour les saisons à venir.

Leur système racinaire dépérit et elles disparaissent totalement du faciès en laissant la place à des espèces non palatables (espèces épineuses ou toxiques : *Atractylis humilis*, *Noaea mucronata*, et *Peganum harmala*, etc.). Le résultat de cette transition régressive est la diminution de la richesse floristique (Bouazza et Benabadji (année); Kadi-Hanifi, 1998).

- sur le niveau génétique, l'un des dangers réels de la surexploitation constante des ressources pastorales réside dans l'appauvrissement génétique des espèces les plus productives suite à la disparition progressive des portions de populations (pools génétiques) les plus performantes assurant une production soutenue et étalée dans le temps.

Cette érosion génétique implique à la fois une baisse des aptitudes des populations qui subsistent à valoriser des ressources édaphiques existantes, et compromet les performances d'éventuelles actions de restauration-réhabilitation, le matériel végétal le plus approprié ayant alors disparu (Visser, 2001; Le Houerou, 2001 in Aidoud *et al.*, 2006).

- sur le plan socio-économique, la dégradation des parcours steppiques est porteuse de pauvreté et d'érosion socioculturelle.
- Exode rural de la population pastorale vers les centres urbains.
- Le phénomène d'ensablement affecte les infrastructures de base.

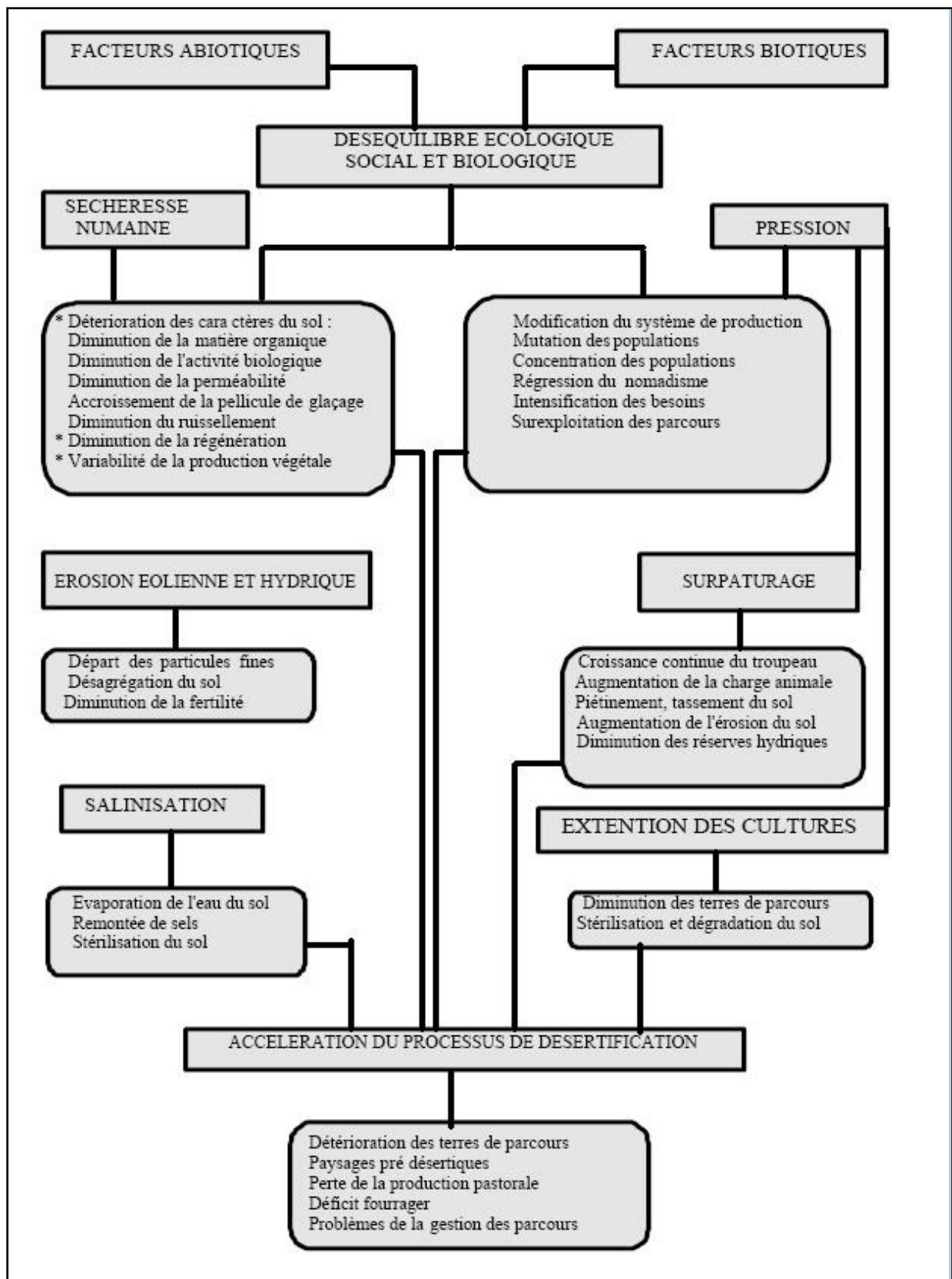


Figure 4: Les indicateurs de dégradation de la steppe (Nedjraoui, 2004).

CHAPITRE 2
MONOGRAPHIE DE
L'ALFA
(Stipa tenacissima L.)

1. Classification et caractères botaniques

1.1. Classification

1.1.1: Classification classique

L'espèce *Stipa tenacissima* L. est classée selon Quézel et Santa (1962) comme suit:

Embranchement: Angiospermes

Classe: Monocotylédones

Ordre: Glumiliflorales

Famille: Graminées

Sous-famille: Agrostidées

Tribu: Stipées

Genre: *Stipa*

Espèce: *Stipa tenacissima*.

1.1.2. Classification APG (Guignard et Dupont, 2004)

Règne: plantes

Embranchement: angiospermes

Classe: monocotes

Sous-Classe: Commélinidés

Ordre: Poales

Famille: Poacées

Sous-famille: Poïdées.

Tribu: Stipées

Genre: *Stipa*

Espèce: *Stipa tenacissima*

2. Description morphologique

L'alfa est une herbe vivace qui se présente sous forme de touffes, comprenant une partie souterraine très importante pour la régénération de la plante et une partie aérienne atteignant 1m de hauteur.

2.1. La partie souterraine

La partie souterraine de la touffe d'alfa est constituée par un ensemble de rhizomes caractérisés chacun par des nœuds, des entre-nœuds, des racines et des radicules (Zeriahene, 1987).

2.1.1. Rhizome

Il est caractérisé par des entre-nœuds très courts et par des ramifications. Sur leur face supérieure, les entre-nœuds présentent les bourgeons, qui donnent soit un nouvel entre nœud, soit un rameau

aérien. Sur la face inférieure d'un entre-nœud, partent vers les bas des racines adventives disposées le plus souvent par deux ou trois. Ce sont les rhizomes qui permettent à la plante de résister à la sécheresse estivale et au froid hivernal, qui sévissent dans les régions qu'elle recouvre (Hellal *et al.*, 2004, 2007).

2.1.2. Les racines

Selon Zeriahe (1989), le système racinaire de l'alfa est rameux et touffu. Il est constitué de:

- * Racines adventives, 2 mm de diamètre environ, présentant de nombreuses ramifications.
- * Racines fasciculées de formes circulaires permettant à la plante de se fixer et d'absorber l'eau et les éléments nutritifs dans le sol.

Les zones terminales de ces racines secrètent des mucilages de nature polysaccharidique. C'est le système racinaire qui permet à l'alfa de se fixer au substrat édaphique luttant ainsi contre l'érosion éolienne et hydrique. Ce type d'enracinement, entraîne au niveau des touffes, la formation de dômes surélevés par rapport à la surface du sol et contribue à piéger le matériel éolien.

2.2. La partie aérienne

Les innovations sont formées par les jeunes pousses du rhizome; elles portent à l'opposé de la feuille axiale, une pré-feuille constituée par une gaine portant deux prolongements linéaires (Mehdadi *et al.*, 2000).

Les feuilles insérées au niveau des entre-nœuds courts se recouvrent mutuellement par leurs gaines, camouflant ainsi l'axe caulinaire ou sommet de la tige. Extérieurement, les groupes de 2 à 3 rameaux apparaissent donc enveloppés, sur une longueur de 15 cm environ, par les gaines foliaires successives, d'où s'échappent 3 à 6 limbes et parfois aussi les deux prolongements soyeux, plumeux axillant un rameau latéral.

Parfois, l'axe caulinaire (sommet de la tige) se développe sur les rameaux les plus anciens, donnant naissance à un chaume florifère qui peut atteindre 60 à 120 cm de haut. Ce chaume, à entre nœuds plus longs, est porteur de l'inflorescence : panicule à épillets indépendants comportant une fleur fertile (Le Houerou, 1995).

L'inflorescence de l'alfa est une panicule compacte et dressée, de longueur comprise entre 25 et 30 cm ; composé par l'ensemble des épis constitués eux même par des épillets en nombre variable, qui correspondent aux fleurs (Ghrab ,1981). L'épillet est fixé sur un pédoncule par un entre-nœud et il est formé de :

- deux glumes (inférieure et supérieure).
- deux glumelles (inférieure et supérieure). La glumelle inférieure ou lemme est la plus grande, elle est souvent porteuse d'une ou plusieurs arêtes, la glumelle supérieure est appelée paléole, un verticille de

trois étamines dont les filets s'allongent fortement quand le pollen approche de la maturité, une fleur unique portée par un rachis (Ghrab, 1981) qui est articulé et qui se détache facilement à maturité.

La feuille de l'alfa est constituée d'une gaine lisse, luisante, coriace et enroulée. Une ligule velue, la sépare du limbe. C'est à ce niveau que l'on peut assez facilement détacher la feuille d'alfa (fig. 6). Contrairement à d'autres espèces telles que *Lygeum spartum* L., c'est cette propriété qui est mise à profit dans la cueillette manuelle traditionnelle de l'alfa. La longueur du limbe, de 25 à 120 cm, détermine généralement un critère de qualité. Des longueurs moyennes varient de 40 à 60 cm par temps humide.

Les limbes d'alfa sont recherchés pour la quantité et la qualité des fibres cellulosiques qu'elles contiennent (Harche, 1978 ; Mehdadi *et al.*, 2008).

Le fruit de l'alfa est un caryopse habituellement mais improprement appelé graine, mesure à maturité 5 à 8 mm de longueur sur 1 mm de largeur. Au sommet subsiste deux pédoncules stigmatiques, à la base l'emprunte embryonnaire se prolonge par un sillon linéaire sur toute la longueur du caryopse (Harche, 1978).

3. Caractère biologique de l'alfa

3.1. Phase de végétation

L'alfa entre dans la catégorie des végétaux verts et dans le groupe physiologique des graminées de la steppe, il est bien adapté au climat excessif des hautes plaines (fig.5).

L'alfa se développe au début du printemps, dès que la température dépasse la limite de 5°C, les feuilles persistantes entrent en activité, et les jeunes feuilles déjà ébauchées depuis l'automne sortent des gaines, de nouvelles innovations se forment à la fin d'avril-début mai, les fleurs apparaissent au début de l'été, les fruits sont murs en juillet et sous l'influence de la sécheresse, la feuille se met en état de vie latente en fermant ses stomates et en se pliant pour devenir jonciforme et réduire ainsi considérablement l'évaporation. Aux premières pluies d'automne, la végétation se réveille, les feuilles en voie de développement au centre des innovations s'allongent et le travail d'assimilation continue. Lorsque la température s'abaisse au dessous de 3 °C, la plante se remet en état de vie latente.

L'alfa présente sur le plan biologique deux périodes de repos: hivernal dû au froid qui diminue l'assimilation dès que la température descend au dessous de 3 à 5 °C, et une période de repos estival qui débute généralement en juillet jusqu'au début de l'automne (Harche, 1975).

Il faut noter cependant que ces périodes sont variables suivant le climat et les stations (Rodin *et al.*, 1970).

L'alfa peut se reproduire selon trois façons différentes: par semis, par bourgeons dormants ou par extension ou fragmentation des souches.

Le mode de reproduction par semis naturel est exceptionnel et les touffes issues de semis sont très rares, notamment en l'absence de couvert forestier (Mehdadi *et al.*, 2004 ; Hellal *et al.*, 2004 et 2007). Quelques rameaux périphériques portent des bourgeons dormants qui au printemps, ceux-ci se développent et donnent naissance à de petites touffes dont les feuilles restent courtes pendant trois années ou plus. Cette rénovation des touffes à partir des bourgeons dormants est le principal mode de reproduction des nappes alfatières, détruites par l'abus de cueillette (Kadik *et al.*, 1987).

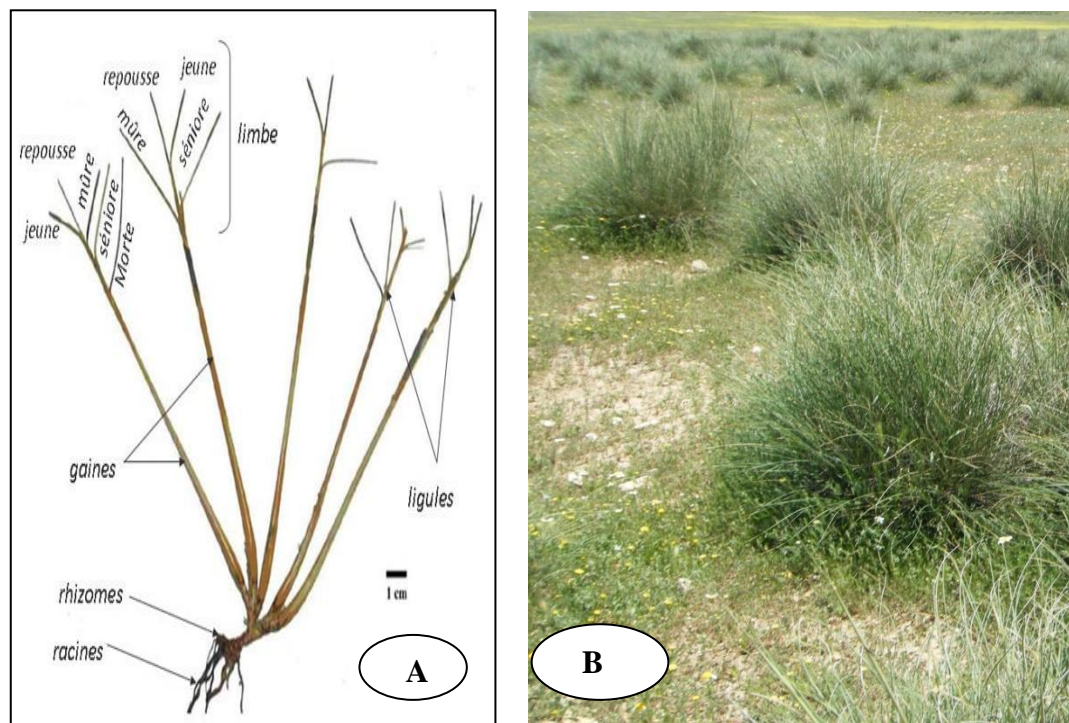


Figure 5: *Stipa tenacissima* L. avec indication des parties principales

- A** : Les indications des parties principales de *Stipa tenacissima* L.
- B** : Les Touffes de *Stipa tenacissima* L.(Chalane, 2013)

4. Ecologie de l'alfa

En Afrique du Nord, il est connu que les steppes à alfa assurent la transition entre les groupements forestiers et les groupements steppiques à sparte et armoise blanche. Elles sont très répandues dans les hautes plaines steppiques avec une grande amplitude écologique. Plante hautement xérophile, *Stipa tenacissima* n'appartient pourtant pas à la végétation la plus aride. Au Sud, son extension est limitée par la sécheresse; au Nord c'est l'humidité croissante qui l'arrête (Boudy, 1950).

Selon Celles (1975), l'alfa est régit par des facteurs édaphiques et surtout par des facteurs climatiques.

4.1. Le climat

4.1.1. La pluviométrie

L'alfa supporte une pluviosité variée (100 à 600 mm / ans), mais s'installe de préférence dans les régions de pluviosité comprise entre 200 à 400 mm/ an (Trabut, 1889 ; Boudy, 1950; Djebaili, 1978).

L'alfa pousse entre les isohyètes 500 et 100 mm / an mais ne forme des nappes qu'entre les isohyètes 400 à 100 mm/ an, mais si elle dépasse 600 mm selon Khelil (1984), l'alfa est remplacé par le diss (*Ampelodesma mauritanica*).

4.1.2. La température

L'alfa résiste à une température de -15 °C et peut aller jusqu'à -19 °C à Rogassa (Elbayadh) (Rgagba, 2012). Au dessus de 1 à 3 °C, la plante se met en état de vie latente (Lacoste, 1955). Son optimum de développement se situe entre +16 °C et 25 °C de température moyenne annuelle. Lacoste (1955) a montré qu'une moyenne estivale supérieure à 25 °C pendant 4 mois est néfaste pour le développement de la plante.

4.1.3. La lumière

Le rythme biologique de l'alfa est induit par la photopériode qui a pour résultat de coïncider la période de reproduction sexuelle avec la saison la plus favorable, en l'occurrence le printemps (Kadik *et al.*, 1984).

Durant l'hiver, les feuilles persistantes utilisent les rayons solaires, ce qui explique, d'après Pouget (1980) l'exclusion de l'alfa des peuplements forestiers trop fermés.

Harche (1975) note qu'à 20 °C, la lumière naturelle, la luminosité rouge et infrarouge n'ont pas d'effet sur la capacité germinative des caryopses de l'alfa.

4.1.4. Le vent

Le vent joue un rôle important dans la dispersion des semences et le transport des matériaux qui en s'accumulant au niveau de la touffe d'alfa augmentent l'épaisseur du sol ; par contre le vent violent et fort, à caractère érosif, est aussi responsable en grande partie de la destruction des peuplements steppiques (Khelil, 1995).

5. Facteurs édaphiques

Le facteur édaphique joue un rôle moins décisif dans la répartition des nappes alfatières. L'habitat typique est les sols peu épais, légers ou limono sableux et graveleux, présentant une bonne aération (Djilali *et al.*, 1985). Les sols argileux ne conviennent pas à alfa qui préfère un sol léger recouvert de minces pierrailles calcaires formant les croûtes plus ou moins superficielles (Latreche, 2004). Pour Marion (1952), si l'argile dépasse 12% à 15% des éléments constitutifs du sol, l'alfa ne peut pas s'installer.

Les sols alfatiers des hautes plaines sont généralement alcalins, c'est ce qui a été démontré dans certains travaux comme ceux de Yahiaoui *et al.* (2014), Chalane *et al.* (2015) et Arabi (2016). Un pH compris entre 7 à 8.5 convient le plus pour le développement de la plante. L'alfa ne supporte pas les sols salins (Hasnaoui, 2008).

6. Répartition géographique

L'Alfa est une graminée typiquement méditerranéenne, elle se localise dans les zones les plus sèches de cette région. La répartition territoriale de l'Alfa est estimée comme suit (Donadieu, 1979):

- Algérie : 4 millions d'ha
- Maroc : 3 186 000 ha
- Tunisie : 600 000 ha
- Libye : 350 000 ha
- Espagne : 300 000 ha

Selon Ozenda (1982), En Algérie, l'alfa est abondante dans la région oranaise, depuis le littoral jusqu'aux monts des Ksours, sur les hauts plateaux de la région de Ksar Chellala, Djelfa, autour de Boussada, jusqu'aux montagnes d'Ouled Nail et autour de Laghouat. A l'est, elle se répartit surtout dans les régions ouest et sud de Sétif, les Bibans, Boutaleb et Maadi. Elle couvre également une partie importante des versants de montagnes du massif des Aurès.

En Tunisie, les peuplements de Constantine s'étendent en Tunisie, de Tébessa à Gasfa, Feriana jusqu'à l'ouest de Kairaouen. Au sud, elle est répandue dans les plateaux de Matmata.

Au Maroc, la surface recouverte par l'alfa est très grande et atteint environ la moitié de celle des nappes algériennes. Elle s'étend sur les hauts plateaux, tels que le Moyen Atlas, le grand Atlas, (Djebel Ansiten, Cap Ghir, Agadir).

Le climat, de ces zones, est méditerranéen aride où la pluie est l'élément climatique prépondérant et la délimitation des zones climatiques peut être valablement fondée sur la moyenne pluviométrique annuelle (P en mm/an). La variabilité interannuelle des pluies, qui constitue également un facteur primordial pour le fonctionnement des systèmes arides, peut être approchée par le coefficient de variation de précipitation (de 30 à 60 % pour la zone aride *stricto sensu*) (Aidoud *et al.*, 2006).

7. Intérêts de l'alfa

L'alfa est une plante rustique, peu exigeante en eau et en sol, bien adaptée à la sécheresse et qui représente d'énormes utilisations.

L'alfa est un élément essentiel de l'équilibre pastoral, il présente un intérêt écologique considérable sur le plan de lutte contre l'érosion éolienne et par conséquent la désertification.

Elle contribue à la protection du sol, favorise l'infiltration de l'eau et constitue une réserve des graines et un abri pour une flore et une faune spécifique (Aidoud, 1996).

Les bétails peuvent se nourrir de l'alfa à l'état vert (Automne, Printemps). Ils broutent les jeunes pousses mais ils refusent les feuilles lignifiées. En période de disette, on peut servir l'alfa comme aliment de support ou comme produit de remplacement de paille, ou pour la confection de produits d'alimentation mixte (Kihal et Harche, 1989).

Le meilleur débouché demeure la fabrication de la pâte à papier (Harche, 1978). En effet, les recherches effectuées sur le système foliaire de cette graminée ont montré que la plante dispose d'un potentiel important en élément fibreux, notamment en cellulose (40 % à 50 %), matière première de l'industrie papetière (Mehdadi *et al.*, 2008; Moulessehoul et Mehdadi, 2014).

Tadjeddine (1986) a montré dans ces travaux que l'alfa pourrait servir à la fabrication de composée utilisés dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique. Ces travaux ont révélé l'existence de xylose, sucre équivalent en pouvoir sucrant, au saccharose, et qui conviendrait fort bien aux diabétiques, car son métabolisme ne nécessite pas d'insuline. Par ailleurs, la feuille d'alfa possède en faible quantité, des acides gras insaturés, notamment l'acide oléique et l'acide linoléique, pouvant être valorisés dans le domaine diététique (Mehdadi, 2003; Mehdadi *et al.*, 2006).

8. Les principaux facteurs de dégradation des nappes alfatières

Selon Pouget (1980), la steppe n'est pas climacique et ne représente qu'un des stades de dégradation des groupements végétaux forestiers. La dégradation de ces groupements climaciques proviendrait vraisemblablement d'une évolution climatique dont les effets auraient été aggravés par les actions anthropiques, les facteurs de dégradation sont d'ordre écologique et humain.

8.1. Facteurs écologiques

8.1.1. Le climat

La steppe du point de vue climat subit deux périodes défavorables, un hiver froid et rigoureux, un été chaud et sec qui inhibent la vie végétative. D'après Aidoud et Touffet (1996), la contrainte principale est sans doute climatique avec des pluies peu fréquentes, des journées de sirocco variant de 20 à 55 jours par année et une amplitude thermique élevée, l'eau des pluies torrentielles emporte les éléments fins du sol par ruissellement, l'écart des températures désagrège les roches ce qui permet aux vents d'emporter les matériaux fins.

8.1.2. Le sol

D'une manière générale, les sols sont à un seul horizon différencié, de 25 cm au maximum, assez meuble, ils offrent une très faible capacité de rétention en eau de telle sorte que malgré les faibles pentes, l'érosion tant éolienne qu'hydraulique est intense (Khelil, 1995).

8.1.3. Facteurs humains

8.1.3.1 Défrichage

C'est une des principales causes de diminution des surfaces alfatières, il peut avoir pour motif la céréaliculture avec l'introduction du tracteur dans les steppes. De ce fait, nous assistons à une augmentation de la fréquence de destruction du couvert végétal. Ce défrichage se fait au dépend des meilleurs nappes, celles qui reçoivent entre 300 et 400 mm de pluie par an (Aidoud, 1996).

8.1.3.2. Surpâturage

La dégradation du couvert est rapide compte tenu de la charge élevée en cheptel. Le développement de la végétation est très faible à partir du moment où on ne laisse pas le temps aux plantes de s'épanouir ce qui explique que la vitesse de régénération ne s'équilibre pas avec la vitesse à laquelle pâture ce cheptel (Bousaid, 2008).

8.1.3.3. L'incendie

C'est un facteur écologique extrêmement important, il a probablement contribué à la sélection des peuplements presque exclusivement alfatières. En effet d'après Kadik (1986) grâce à sa possibilité de régénération par bourgeons dormants et sa relative résistance aux effets du pacage, l'alfa semble particulièrement être avantagé dans la concurrence interspécifique entre végétaux dans les zones soumises à des incendies répétés.

9. Problèmes de régénération naturelle de l'alfa

La dégradation des nappes alfatières a très vite soulevé le problème de leur régénération qu'est l'ensemble des processus par lesquels les plantes se reproduisent naturellement sans intervention humaine.

Les steppes à alfa s'étendaient sur 4 millions d'ha dans les années 1970 et cette superficie est évaluée seulement à 2 millions d'ha, ce qui exprime que ces steppes ont été les plus affectées par la dégradation (Aidoud, 2000).

Les steppes algériennes connaissent de sérieuses modifications depuis plus de 30 décennies ; la mer d'alfa décrite par de nombreux explorateurs aux XIXe et XXe siècles, ne figure plus que dans les archives (Laumont et Berbigier, 1953).

En Oranie, la formation steppique à *Stipa tenacissima* ne couvre que 1.250 000 ha (Benguerai, 2006) alors qu'elle couvrait plus de 2. 200 000 ha dans la décennie 1970-80 (HCDS, 2004) et se trouve dans un état de dégradation très avancé nécessitant des actions de réhabilitation et de préservation.

Les formations à *Stipa tenacissima* dans le Sud-Oranais n'occupaient que 2 200 000 ha dominés par 1 700 000 ha de formations très claires et 500 000 ha de formation moyennement dense (Benabdeli, 1989). La pression anthropozoogène que subit en permanence cette formation s'est traduite par une perte remarquable de biomasse verte de l'alfa qui est passée en moyenne de 1750 à

moins de 100 kg/MS/ha (Aidoud & Touffet, 1996). Ces chiffres sont confortés par l'inventaire du CNTS en 1989 qui souligne que plus de 50% des nappes alfatières ont disparu.

Divers facteurs, en particulier l'anthropisation, la lenteur du rouissage et les aléas climatiques, sont responsables de la situation actuelle des nappes alfatières. Actuellement du fait de leur difficulté à se régénérer ces steppes régressent rapidement et la diminution de la biomasse verte de l'alfa peut s'expliquer par le surpâturage comme cause principale de dégradation, par la sécheresse (Djebaili *et al.*, 1984; Aidoud, 2000 ; El Zerey *et al.*, 2009), par la cueillette abusive, le brulage et le défrichement (cultures céréalières) (Le Houerou, 1995; Aidoud, 2000).

Face à leur difficulté à se régénérer, les steppes à *Stipa tenacissima* régressent rapidement et le sol se dénude accélérant le processus de la désertification. La fragilité éco-physiologique et physiologique (absence de fructification des graines et de régénération) de la formation à *Stipa tenacissima* est provoquée essentiellement par les pratiques humaines irrationnelles (défrichement abusif, surpâturage, sur-collecte de l'alfa) auxquelles s'ajoutent les fluctuations climatiques (essentiellement diminution des précipitations). Cette formation végétale steppique doit également faire face à un bioclimat contraignant (période annuelle sèche allant jusqu'à 9 mois dans le Sud oranais ; une pluviométrie faible et irrégulière).

Cette perte de la capacité de régénération naturelle des steppes à alfa est la conséquence des conditions souvent défavorables à la germination.

Mehdadi *et al.* (2004), Bessam *et al.* (2010), Moulessehoul et Mehdadi (2015) ont réalisé plusieurs tests sur la régénération par semis et ont montré que la germination des caryopses au laboratoire peut être améliorée en utilisant certains prétraitements comme le pré-trempe pendant 24h dans de l'eau distillée à une température de 25°C, la scarification mécanique et chimique par trempage dans l'acide sulfurique pur pour une durée de 10 à 15 mn. La capacité de germination des caryopses d'alfa fluctue en fonction de leur origine géographique, ce qui laisse supposer l'existence d'écotype, et en fonction de leur âge. Les conditions climatiques défavorables de la saison estivale rendent presque impossible la survie des jeunes plantules issues de la germination des caryopses (Mehdadi *et al.*, 2004). Les mêmes résultats étaient obtenus par Boudjada *et al.* (2009) sur les différentes provenances des semences.

Les divers résultats obtenus depuis les années 1950 n'ont pas encore permis de sauver cette formation végétale si stratégiquement et socio-économiquement.

DEUXIÈME PARTIE
PARTIE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE 1
PRÉSENTATION DE LA
ZONE D'ÉTUDE

1. Situation géographique

Notre zone d'étude se localise dans la wilaya de Saida (Algérie occidentale) qui occupe une position mitoyenne entre les wilayas steppiques au sud et les wilayas telliennes au nord. Elle est limitée (fig.7) :

- au nord par la wilaya de Mascara,
- au sud par la wilaya d'El Bayadh,
- à l'est par la wilaya de Tiaret,
- à l'ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbas.

La superficie totale de la wilaya s'élève à 6765,40 km² (D.P.A.T., 2012) avec une altitude comprise entre 700 et 1100 m, positionnée entre les longitudes 0°35' ouest et 0°93' est, et les latitudes 34°32' et 35°17' nord.

Selon de nombreuses études (B.N.E.D.E.R, 2005; Abdeslam, 2012; Henni 2012; Arabi, 2015), le territoire de la wilaya est nettement subdivisé en trois ensembles homogènes (fig. 6). Le premier au nord de la wilaya formant un paysage relativement montagneux constitué par les monts de Daïa et les monts de Saida généralement orientés sud-ouest, nord-est correspondant à un domaine agro-sylvo-pastorale; le deuxième au centre et au nord-ouest de la wilaya formé par des plaines représentant le domaine privilégié de la céréaliculture (plaines Mâalifs, plaines de Daoud, etc.). Le troisième au sud de la wilaya correspondant aux hautes plaines steppiques formant un paysage monotone de terrains plats marqués par de multiples dayas (Dayet Zeraguette, Dayet el Ouessra, Dayet el Mekmene, etc.) et parcourus par plusieurs oueds (Oued Falette, Oued Labtar, Oued Mahsar, etc.). Ce dernier ensemble est caractérisé par de vastes parcours steppiques (Hasba, Sfala, Kbidana, Rogassa, etc.) où prédomine l'élevage ovin.

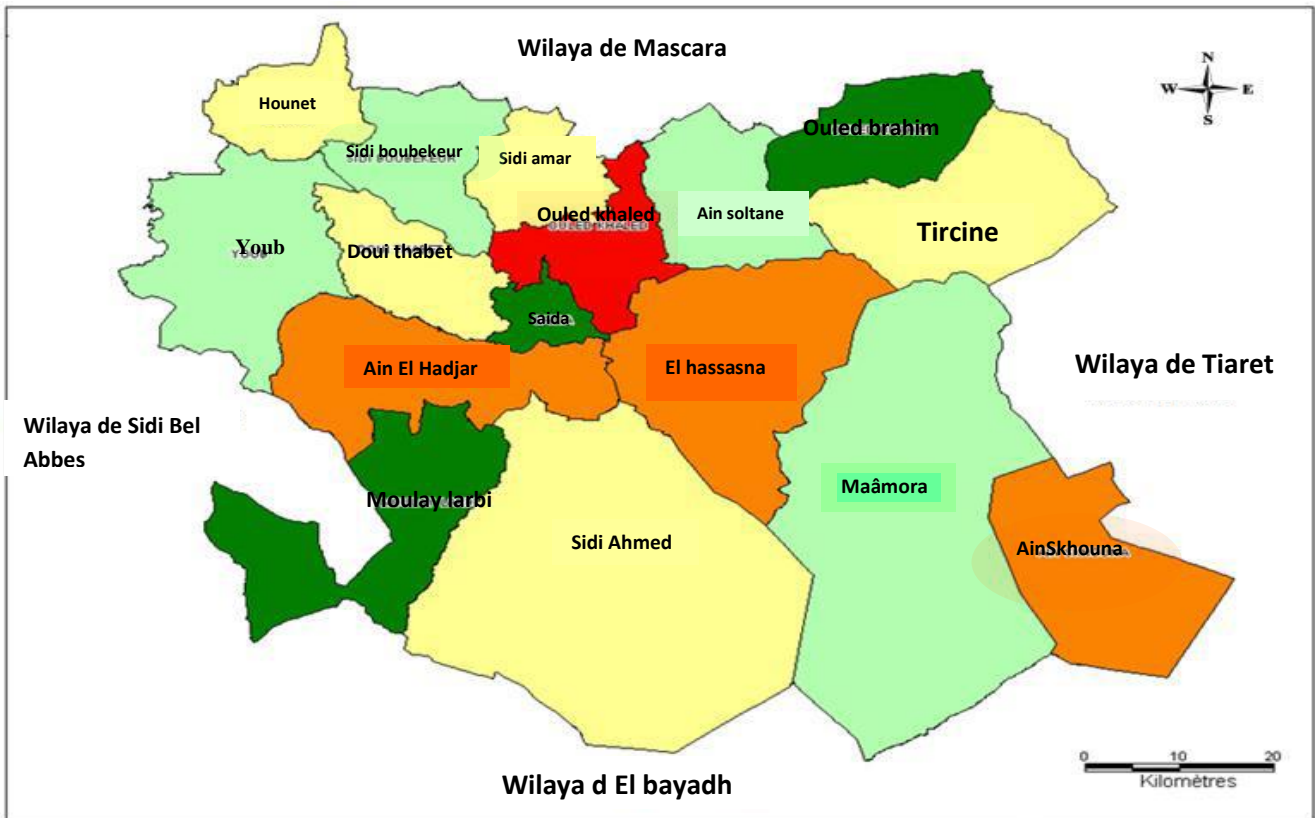


Figure 6: Limites administratives de la wilaya de Saida (Source: D.P.A.T., 2012).

2. Géologie

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. 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 strates rougeâtres, sablo-argileuses d'âge Tertiaire où un recouvrement de croûte calcaire y est rencontré de façon variable; cet encroutement représente une fossilisation de la surface topographique constituée par des alluvions tertiaires continentales (Lucas, 1952).

3. Géomorphologie

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 divers (tableau 5).

Tableau 5: 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 Djebels à pentes fortes avec corniches structurales gréseuses - Dynamique : érosion négligeable sous forêts et broussailles
	Sur formation éruptive de Tifrit	- Modelé : versants de Djebels à pentes fortes.
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 disséqué (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 : B.N.E.D.R, 1992).

4. Hydrologie

Etant 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 (Labani, 2005). Les plus importants sont (fig.7) :

- Bassin de oued Saida : il s'agit du haut cours d'oued Saida, celui-ci prenant sa source près d'Ain El Hadjar.
- Bassin de oued Tiffrit
- L'oued Berbour à l'ouest des montagnes, qui est un important apport des oueds Bouatrous, conflue avec l'oued Sefioun pour donner l'oued de Hounet.
- Bassin d'oued El Abd

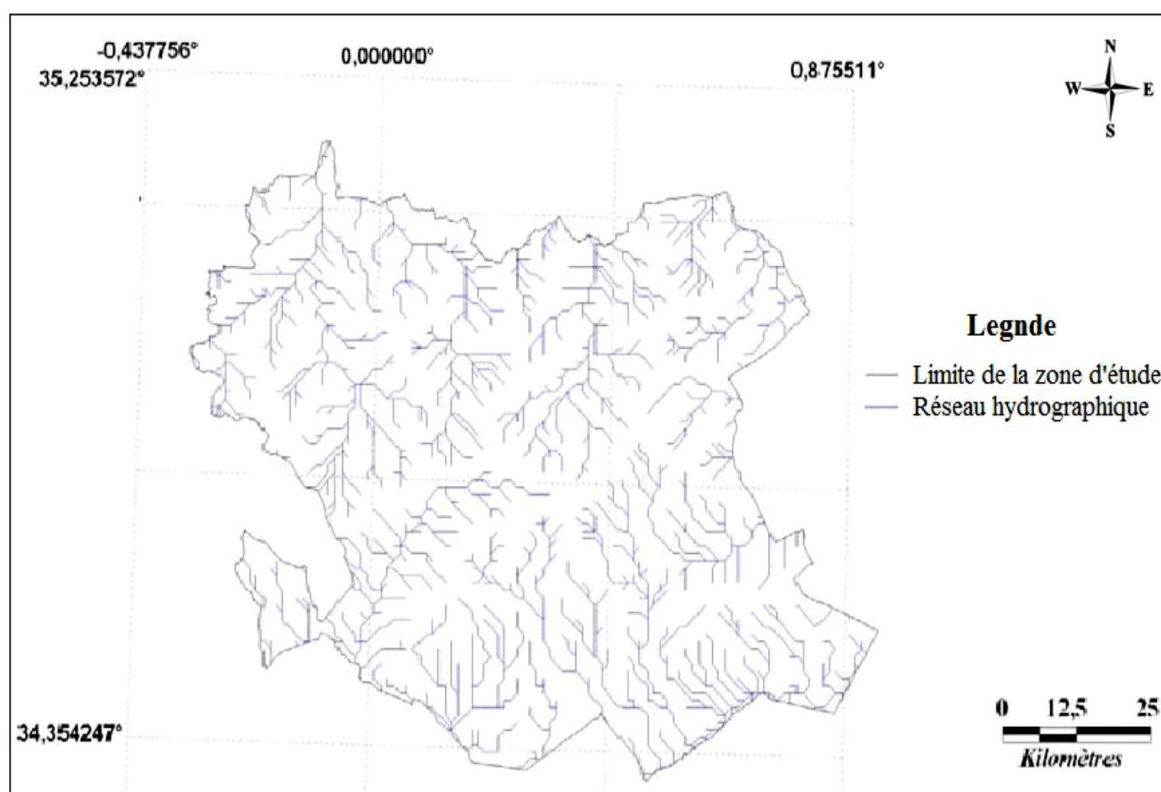


Figure 7: Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Saida (BNEDER, 2012).

5. Pédologie

Les travaux de cartographie, de phytoécologie et de pédologie réalisés dans la région (S.A.T.E.C, 1976; Halitim1988, Chalane, 2009, Yahiaoui, 2014) indiquent que les types de sols rencontrés sont (fig. 8):

5.1. Les sols alluviaux (peu évolués)

Ces sols sont très répandus sur les lits d'oueds, les dépressions et aux bordures du chott. Dans cette catégorie, nous pouvons distinguer les types de sols suivants:

5.1.1. Les sols alluviaux des plaines et des terrasses alluviales

Ces sols sont les plus intéressants du point de vue de leur qualité édaphique, leur texture souvent équilibrée à lourde et leur profondeur appréciable généralement supérieure à 80 cm.

5. 1. 2. Les sols remaniés de Dayet Zeraguette

Ces sols sont aussi d'origine alluviale mais se distinguent des autres sols de dayas parce qu'ils ont fait l'objet de travaux d'aménagement qui leur ont conféré des caractéristiques nouvelles par rapport aux sols alluviaux des dayas qui ont évolué dans des conditions naturelles. Les sols de Dayet Zeraguette se caractérisent par une profondeur variant entre 50 et 80 cm, une texture lourde et quelques traces de salinité.

5.1.3. Les sols alluviaux des bordures de chott

Ils sont localisés en bordures du chott Ech-cherghi suite à des dépôts d'alluvions sableux et limoneux. Ce sont des sols minéraux de très faible taux de matière organique avec une profondeur inférieure à 50 cm et une salinité un peu élevée. Ils sont généralement couverts par une mince pellicule de sables ou voile sableux dû à la déflation.

5.1.4. Les sols alluviaux des lits d'oueds

Ce sont des sols d'origines alluviales (limons et sables) déposés dans les larges lits d'oueds (Oued Falette). Leur profondeur est très variable allant de 20 cm à plus de 1m. Lorsque les colluvions ne sont pas nombreuses, ces sols permettent de réaliser des emblavures de céréales en profitant de leur humidité

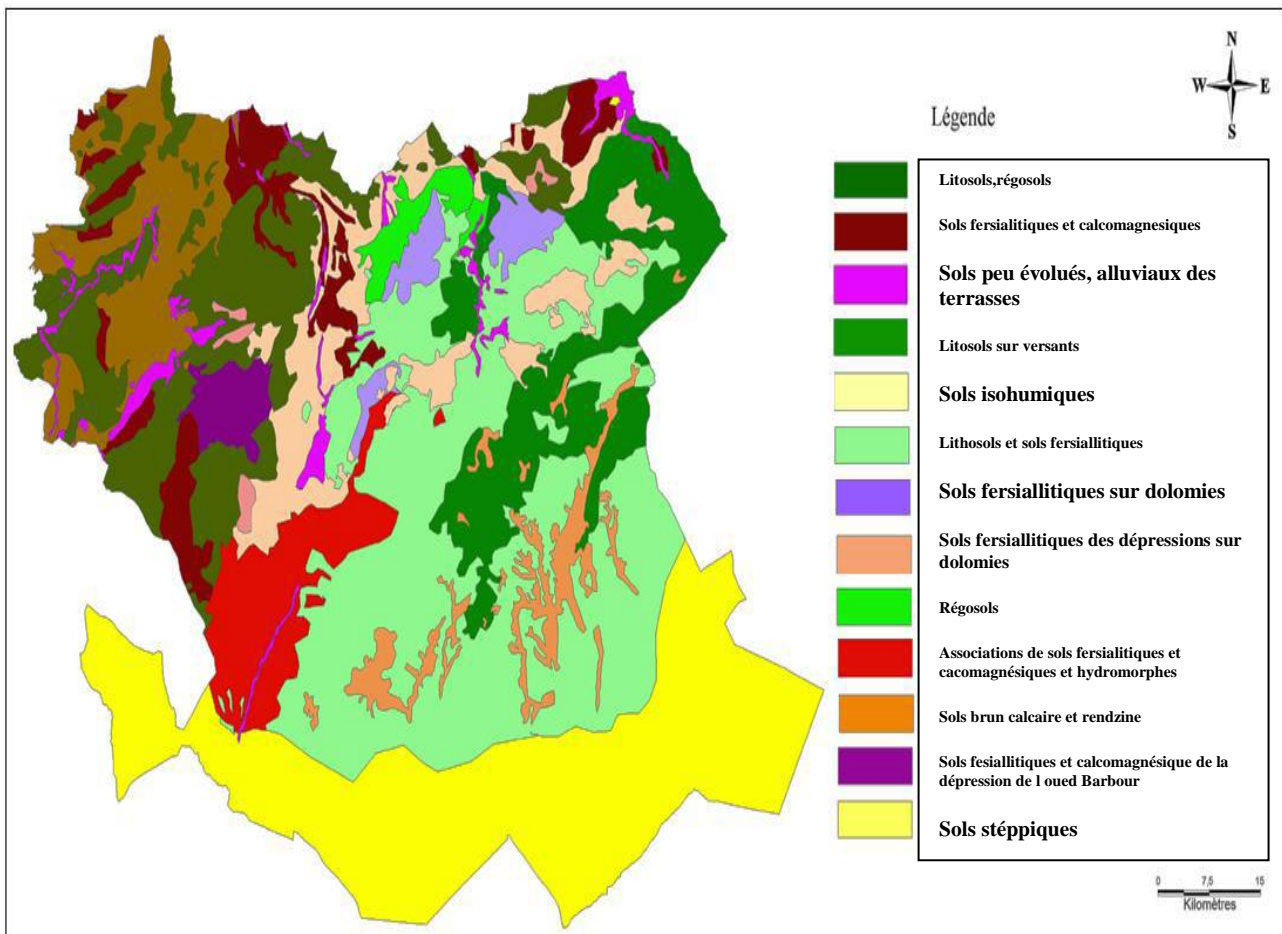


Figure 8: Carte des sols de la wilaya de Saida. (B.N.E.D.E.R. 1992).

5. 2. Les sols bruns

A cette catégorie appartient trois types de sols qui sont : les sols bruns calcaires, les sols bruns à caractère vertique et les sols bruns rouges.

5. 2. 1 Les sols bruns calcaires

Ils sont assez étendus sur les collines du nord et nord-ouest de la wilaya (région de Daoud). Ils sont en général peu épais et pauvres en matière organique. Toutefois, leur épaisseur est variable même si elle atteint rarement 50 cm et ce sont les sols travaillés ou supportant des cultures céréalières qui sont plus profonds que les sols des parcours. Les pierres et les cailloux sont omniprésents dans ces sols et seuls quelques champs de la taille de dizaines d'hectares ont été épierrés. De plus, la croûte calcaire sous-jacente largement étendue affleure en divers endroits, de même que ces sols sont lessivés en surface par le ruissellement diffus (décapage).

5. 2. 2. Les sols bruns à caractère vertique

Ils s'étendent en général sur la partie méridionale à l'intersection des deux faces tellienne et steppique allant du sud-ouest à l'est de la wilaya (plateau de Hassasna- Moulay Larbi). Ces sols ont une profondeur variable au gré de la topographie (50 à 80 cm). Leur texture est lourde et si ce n'est leur caractère vertique (hydromorphie de surface), ils conviennent mieux à la céréaliculture. Par endroit, ce sont de véritables dayas qui s'y sont au nord-est de la région de Moulay Larbi.

5. 2. 3. Les sols bruns rouges

Parmi ce type de sol on trouve:

A) Les sols bruns rouges à horizon humifère

A l'origine des sols bruns rouges (à deux horizons A-B et un horizon humifère), ces sols ont connu un processus de brunification dû à l'humus de l'horizon superficiel ce qui leur confère un caractère rendziniforme. Par endroit, ils sont des rendzines franches et bien développées (sous forêts denses) évoluant quelques fois à l'orée des formations forestières ou dans les clairières cultivées en rendzines dégradées. La profondeur de ces sols est appréciable atteignant facilement les 80 cm dans les profils des rendzines bien développées. Leur texture est moyenne à lourde et leur structure est polyédrique en profondeur. Mise à part l'horizon humifère, la matière organique est bien présente mais variable selon les conditions de développement du profil notamment le couvert végétal sus-jacent. On y observe aussi une microfaune traduisant une bonne activité biologique dans le profil, des traces de calcaire et une humidité moyenne. Localisés sur les versants pentus et les sommets, ces sols sont affectés par les ravinelements néanmoins bien protégés par la végétation naturelle.

B) Les sols bruns rouges méditerranéens peu évolués

Ce sont des sols sesquioxydes de fer ou fersialitiques. Ils sont très étendus dans la wilaya et occupent les versants moyennement pentus à mi-versants des reliefs élevés mais aussi des grandes espaces des plateaux de Ouled Brahim et Tircine jusqu'aux versant nord de Djbel Sidi Youcef. Ils sont pauvres en matière organique, de texture généralement équilibrée à lourde, des traces de calcaire s'y trouvent et leur profondeur avoisine facilement les 50 cm. Le décapage est la seule contrainte de ces sols.

C) Les sols bruns rouges méditerranéens à texture légère

Ces sols connus sous le nom de causses sont en réalité des terra rossa évoluant sur les causses proprement dites (anciens dépôts de sables rouges). La terra rossa est une formation rouge se rencontrant dans les régions karstiques (calcaire cristallin et dolomie), ce sont des paléosols ayant pris naissance à la fin du tertiaire et ayant poursuivi leur formation au début du quaternaire. En ce temps les processus sur la pédologie étaient gouvernés par le climat tropical. Le profil de ces sols est de type A-C (l'horizon « C » est celui d'altération des sables rouges des causses). La texture de ces sols est légère

(sableuse à sablo-argileuse), leur profondeur est variable selon les conditions de localisation mais atteint facilement les 80 cm sinon plus. La matière organique y paraît faible, de même que leur humidité diminue selon que le profil soit plus ou moins sableux. A cause de leur texture légère ces sols sont soumis à l'action du vent qui transporte des particules de leur horizon superficiel dès que la couverture végétale est absente. De même, ils sont partiellement soumis au ruissellement diffus.

D) Les sols bruns rouges méditerranéens sous formations steppiques

Ce sont des sols particulièrement riches en silice. La matière organique y est faible à très faible et leur épaisseur excède rarement les 20 cm. A cette faible profondeur s'ajoute comme facteur limitant une dalle calcaire assez épaisse (carapace calcaire pléistocène) qui limite toute tentative d'amélioration foncière par rootage. Du reste, la carapace calcaire affleure très souvent même sur pentes douces voire dans des conditions de topographie plane et ce tout au long de l'axe Moulay Larbi-Khalfallah (sud-ouest de la wilaya) grâce à l'action conjuguée du ruissellement en nappe et de la déflation éolienne. Cailloux et pierres parsèment ici, sans discontinuer, l'ensemble de ces maigres sols.

5. 3. Les lithosols

Ils sont assez étendus et se retrouvent sur presque tous les versants dénudés. Ils sont peu épais (moins de 20 cm généralement) et très morcelés ou discontinus laissant la place aux affleurements rocheux. Ces sols portent parfois une broussaille ou un maquis très dégradés. Outre les affleurements de la roche mère (calcaire, grès ou dolomie) le ravinement y est intense.

5. 3. 1. Les sols halomorphes

Ils se trouvent dans la zone du chott Ech-cherghi pour l'essentiel et à Dayet Zeraguette (sud-est de la wilaya) où ils sont peu étendus et surtout conséquent d'un mauvais drainage. Aux alentours du chott, ces sols sont peu épais, à texture limoneuse et portent une végétation halophile.

5. 3. 2. Les sols hydromorphes

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

5. 3. 3. Les sols des plaines et vallées

Dans les petites plaines du nord de la wilaya (Ain Brannis et Hounet) et les vallées plus ou moins encaissées (Tifrit, Saida et Berbour), les sols alluviaux sont dominants et occupent les parties basses et planes. Ils sont quelques fois associés à des sols bruns rouges méditerranéens (plaine d'Ain Brannis) ou des sols rouges sableux (plaine de Hounet) ou encore des sols bruns ou des lithosols qui les surplombent soit à partir des collines douces, soit à partir des versants pentus des vallées encaissées.

Ces sols constituent le meilleur potentiel pour la production céréalière notamment sous irrigation à cause d'un drainage naturel satisfaisant.

5. 3. 4. Les sols des montagnes

La plus grande partie des sols décrits précédemment se trouvent en milieu montagneux. Cependant, il y a un ordonnancement naturel dans leur répartition dû encore à leurs conditions de développement. Sur les hauts versants quand la végétation naturelle offre une bonne couverture et de bonnes conditions pédogénétiques (cas des forêts au nord de la wilaya) s'installent des rendzines. Une fois cette végétation naturelle est dégradée (cas des clairières ou les orées des forêts ou maquis claires) la place est laissée à des rendzines dégradées, voire des lithosols. De même que les sols bruns calcaires, les sols bruns rouges méditerranéens et les sols rouges sableux remontent sur les versants boisés, ils se trouvent même sous les formations forestières.

5. 4. Les sols des plateaux telliens et des hautes plaines steppiques

Il n'est tenu compte ici que des plateaux de Hassasna et de Moulay Larbi parce qu'en réalité ce qu'il est qualifié de montagnes précédemment appartient aussi à l'ensemble des plateaux telliens. Les sols de Moulay Larbi et Hassasna sont bruns et profonds, mais affectés par l'hydromorphie de surface. Ils sont néanmoins de bons sols convenant particulièrement à la céréaliculture. Les autres sols répartis dans les zones steppiques (maigres sols rouges, sols alluviaux, hydromorphes et halomorphes) n'offrent pas un grand intérêt agronomique.

6. Occupation du sol

L'analyse de l'occupation du sol (fig. 8) révèle qu'elle est fortement corrélée aux conditions du milieu naturel. Cette occupation s'individualise en trois types d'espaces (D.P.A.T, 2012):

6.1. Espace agricole (céréaliculture)

D'après les données énoncées par la D.P.A.T. (2012), la superficie agricole totale de la wilaya est estimée à 477 471 ha. La superficie agricole utile (S.A.U.) s'étend sur 308 206 ha soit 45,56 % de la superficie totale de la wilaya dont la S.A.U. irriguée s'élève à 9 662 ha, soit 3,13 % de la (S.A.U.). Les principales cultures pratiquées sont:

- les céréales sur une superficie de 81 920 ha;
- les légumes secs sur une superficie de 104 ha;
- les fourrages sur une superficie de 2 735 ha;
- les cultures maraîchères sur une superficie de 4 004 ha;
- l'arboriculture fruitière sur une superficie de 7 170 ha.

Cet espace se localise essentiellement sur les plaines qui représentent un relief de pentes dominantes faibles de 3 à 5 % recevant une pluviométrie de 300 à 350 mm/an, où est pratiquée une agriculture extensive avec une dominance de la céréaliculture à sec, soit 12,11% de la superficie de la wilaya. Les principaux bassins céréaliers sont : les secteurs de Hassasna, de Ain Soltane, de Balloul, de Moulay Larbi, de Ain El Hadjar et de Youb (Labani, 2005).

6.2. Espace forestier

Cet espace s'étend sur 156 401 ha soit 23,12% de la superficie de la wilaya (D.P.A.T., 2012). Il correspond aux zones montagneuses et collinaires (celles des monts de Daïa et de Saida) qui présentent un relief assez accidenté où la pente dominante est supérieure à 12,5%. C'est la zone la plus arrosée (350 à 400 mm/an)

Les principales essences forestières et leurs superficies évaluées par la D.P.A.T. (2012) sont :

- ✓ Pin d'Alep : 65 053 ha
- ✓ Chêne vert : 42 211 ha
- ✓ Thuya : 18 835 ha
- ✓ Genévrier et Chêne kermès : 7 820 ha
- ✓ Autres espèces : 24 164 ha

6.3. Espace parcours

Les terres de parcours s'étendent sur une superficie de 163 063 ha soit 24,10 % de la superficie totale de la wilaya (D.P.A.T., 2012). Ceci représente une part importante dans l'occupation du sol de la wilaya. On distingue les parcours se situant dans la partie tellienne et les parcours se situant dans la partie steppique qui englobent respectivement 11,98 % et 19,44 % de la superficie totale de la wilaya (B.N.E.D.E.R., 1992). Les parcours telliens ont été individualisés des parcours steppiques compte tenu de leur appartenance au tell et à la configuration topographique du relief (zones de montagnes et de piémonts généralement). Les parcours steppiques se situent au sud de la wilaya (communes de Moulay Larbi, Sidi Ahmed, Maâmora et Ain Skhouna). Dans la wilaya de Saida, on distingue 4 types de parcours où il est précisé le niveau de dégradation :

➤ **Les parcours à alfa:** ils couvrent 39 536 ha soit presque 6 % de la superficie totale de la wilaya (B.N.E.D.E.R., 1992). Ils 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 %, ils occupent 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 %. Leur 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 connaissent une très faible étendue et sont présentes seulement dans la commune de Sidi Ahmed avec 1,19% du total du territoire de la commune (Chalane, 2012).

➤ **Les parcours à armoise blanche:** les parcours 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., 2014). Ils sont localisés au sud, notamment dans la commune de Maâmora (Dayet El Mekmen) où ils occupent une

superficie de 54 021 ha soit 43,16 % de la superficie de cette commune. Ces parcours 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* (Abdesslem, 2012).

➤ **Les parcours à salsolacées** : ils 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 Skhouna et Maâmora (Abdesslem, 2012).

➤ **Les parcours à atriplex** : ils correspondent aux plantations artificielles à base d'atriplex en particulier *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens* réalisées par les différentes structures étatiques (H.C.D.S., G.C.A., Conservation des forêts) dans le cadre des programmes mis en oeuvre par le ministère de l'agriculture (Abdesslam, 2012).

La superficie totale de ces parcours est estimée à 50 000 ha localisée dans la région steppique au sud de la wilaya (H.C.D.S.-Saida, 2012). Ces plantations se caractérisent par une strate arbustive monospécifique (*Atriplex halimus* 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).

7. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

Le climat est défini comme étant l'interaction entre l'ensemble des phénomènes météorologiques (températures, pression atmosphérique, vents et précipitations) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné. C'est un élément essentiel dans l'étude des différentes régions du monde. C'est le facteur qui se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystèmes écologiques (Emberger, 1939).

Le climat de la steppe algérienne a fait l'objet de plusieurs travaux d'études tel que Stewart (1946, 1968, 1969 et 1975); Seltzer (1946); Bagnouls et Gausson (1957); Pouget (1980); Djellouli (1981, 1990); Le Houerou (1995); Benabadji et Bouaaza (2000, 2008) et Hireche *et al.* (2007). L'influence directe du Sahara confère à la steppe un climat sec et chaud, marqué par des fluctuations thermiques importantes (Benguerai, 2011).

La détermination des caractéristiques climatiques de notre région se base sur les données climatiques concernant une période de 30 ans (1985-2015), issues de la station météorologie de Rebahia-Saida située à 40 km de la zone d'étude (tableau 6) et celles de 1913 à 1938 qui ont été obtenues à partir du recueil météorologique de Seltzer (1946).

Tableau 6 : Caractéristiques de la station météorologique.

Station	Altitude	Longitude	Latitude
Saida	750 m	00°09'00''Est	34°55'00''Nord

7.1. Les Précipitations

Les précipitations représentent la source principale d'eau nécessaire pour une production de la biomasse, caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon le jour, les mois et aussi selon les années (Guyot, 1997).

En générale, l'origine des pluies en Algérie est plutôt orographique, en effet les paramètres climatiques varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagne et de l'exposition (Kadik, 1986).

Selon la station météorologique (tableau 7), le volume moyen des précipitations annuelles oscille autour de 358 mm/an. Le mois de novembre, avec une moyenne mensuelle maximale de 44,8 mm, représente le mois le plus pluvieux. En revanche, le mois de juillet représente le mois le plus sec avec une moyenne mensuelle minimale de l'ordre de 5,1 mm. La moyenne annuelle de la période 1913-1938 était de 430 mm/an (Seltzer, 1946).

Tableau 7 : Moyennes mensuelles des précipitations (période 1985-2015).

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc.	Total
P (mm)	41	36,9	40,1	38,3	30	12,1	5,1	10,3	21,1	42,3	44,8	35,8	357,8

7.1.1. Le régime pluviométrique

Le régime pluviométrique permet de voir la forme de répartition saisonnière des précipitations, cette répartition entraîne naturellement d'importantes conséquences écologiques et agronomiques. Dans le tableau 9, sont représentées les précipitations saisonnières.

Tableau 8: Le régime pluviométrique de la région d'étude

Périodes	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Pluviométrie totale	Régime pluviométrique
1985-2015	118	80,4	36,6	122,9	430mm	AHPE
1913-1938	154	132	30	114	357,9mm	HPAE

Le régime saisonnier est de type $A > H > P > E$. La pluviométrie est très importante en automne avec un cumul des trois mois (octobre, novembre et décembre) de l'ordre de 122,9 mm, suivi par l'hiver avec un cumul de 118 mm et le printemps où le cumul de la saison est de 80,4 mm. Cette pluviométrie atteint son minimum en été qui présente un cumul de l'ordre de 36,6 mm.

7.2. Les températures

Selon les données enregistrées entre 1985 et 2015 (tableau 9) par la station météorologique de Rebahia (Wilaya de Saida), les valeurs des trois variantes thermiques (maximale, minimale et moyenne) augmentent en période estivale et diminuent en période hivernale. Les températures moyennes mensuelles atteignent un maximum de 27,1°C en juillet qui représente le mois le plus chaud et un minimum de 8,3°C en janvier qui représente le mois le plus froid avec une température moyenne annuelle évaluée à 16,6°C durant la période 1985-2015 avec une hausse de 0,25°C par rapport à la période 1913-1938. Une température moyenne annuelle maximale de 23,6°C durant la période 1985-2015 avec une hausse de 0,3°C par rapport à la période 1913-1938 en juillet comme le mois le plus chaud de l'année pour la période 1985-2015 avec 36,1°C. Cette moyenne est enregistrée au mois de juillet pour la période 1913-1938 avec 36,2°C.

L'écart entre les températures maximales et minimales extrêmes est très important allant de $m = 2,9^\circ\text{C}$ à $M = 36,1^\circ\text{C}$ soit une amplitude thermique de l'ordre de 33,1°C durant la période 1985-2015

La température joue un rôle important dans la vie des végétaux et des animaux. Il s'agit surtout des températures extrêmes (minima et maxima).

Tableau 9: Variations de la température mensuelle en fonction du mois (période 1985-2015).

Mois	J	F	M	A	Mai	JU	JUL	AU	S	O	N	D	Total
T° _{max}	13,6	15,3	18,1	20,5	25,3	31,5	36,1	35,5	30,3	24,4	18,1	14,5	23,59
T° _{min}	2,9	3,7	5	6,5	10	14,5	17,9	18,4	15	11,4	7	4,2	11,6
T° _{moy}	8,3	9,5	11,55	13,5	17,65	23	27,1	26,9	22,6	17,9	12,55	9,35	16,65

7.3. Indice de continentalité simple de Rivas-Martinez (2002)

La continentalité correspond à un ensemble de caractères climatiques déterminés par un affaiblissement des influences marines à l'intérieur des terres (Izard, 1988). Selon Emberger (1971), la vie du végétal se déroule entre deux pôles thermiques : la moyenne des minima du mois le plus froid (m) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M). L'indice de continentalité simple exprimé en degré Celsius, correspond à l'amplitude thermique annuelle. Il est égal à la différence entre la température moyenne du mois le plus chaud et la température moyenne du mois le plus froid de l'année.

$$IC = T_{max} - T_{min}$$

- IC : Indice de continentalité
- Tmax : Température maximale du mois le plus chaud
- Tmin : Température minimale du mois le plus froid.

Les types et les sous types de continentalité des climats figurent dans le tableau 10.

Tableau 10: Indice de continentalité

Type	Sous type	IC
Hyperocéanique (IC = 0 à 11)	Fortement hyperocéanique	0 – 4
	Eu - hyperocéanique	4,1 – 8
	Faiblement hyperocéanique	8,1 – 11
Océanique (IC = 11 à 21)	Semi - hyperocéanique	11,1 – 14
	Eu - océanique	14,1 – 17
	Semi - continental	17,1 – 21
Continental (IC = 21 à 65)	Sous - continental	21,1 – 28
	Eu- continental	28,1 – 46
	Hyper-continental	46,1 – 65

Avec un indice de continentalité calculé $IC = 32,6^{\circ}C$, le secteur délimité est soumis à un climat de type continental (tableau 11) et sous type Eu -continental. Comparant nos données avec celles de

Selter (1946), Tmax = 36,2°C et Tmin = 2,6°C, l'amplitude thermique est passée de 33,6 à 32,6°C avec une hausse de 1°C.

Tableau 11: Le régime pluviométrique de la région d'étude
Période (1913- 1938)-(1985- 2015).

Période	M	m	M-m	Type de climat
1913- 1938	36,2°	2,6°	33,6°	Continental
1985- 2015	35,5°	2,9°	32,6°	Continental

7.4. Indice d'aridité De MARTONNE

Cet indice a été très largement utilisé du fait de sa simplicité, il permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température (Guyot, 1997) avec la variation correspond aux changements d'écoulement de l'eau pour une zone donnée (Hufty, 2001).

L'indice d'aridité annuelle est défini comme suit :

$$I = P / T + 10$$

I: Indice d'aridité de DE MARTONNE

P: Précipitation moyenne annuelle en mm.

T: Température moyenne annuelle en °C.

DE MARTONNE a proposé ainsi la classification des climats en fonction des valeurs de cet indice. Cette classification du climat est donnée dans le tableau 12 où un indice de 20 représente la limite de la sécheresse (Hufty, 2001).

Tableau 12: Classification des climats selon la valeur de l'indice
d'aridité de DE MARTONNE

Valeur de l'indice	Type de climat
0 < I < 5	Hyper de climat
5 < I < 10	Aride
10 < I < 20	Semi-aride
20 < I < 30	Semi-humide
30 < I < 55	Humide

Avec les paramètres de la station :

- **P** = 358 mm.
- **T** = 16,65°C.

Nous obtenons un indice d'aridité de **I** = 13.76, ce qui permet de dire que notre région se caractérise par un climat **Semi-aride**. C est le cas de l ancienne période avec un indice de I= 16,53.

7.5. Indice xérothermique (Gausson, 1954)

L'indice ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1952) permettent de comparer facilement l évolution des températures et des précipitations et de comparer facilement le climat d'endroits différents. D'après Bagnouls et Gausson un mois sec est un mois où les précipitations sont inférieures à 2 fois la température mensuelle $P < 2T$. La représentation sur un même graphique des températures et des précipitations moyennes mensuelles avec en abscisse les mois permet d'obtenir le diagramme ombrothermique qui met immédiatement en évidence la période sèche et la période pluvieuse (Guyot, 1997). Les échelles prises en ordonnées sont telles que 1°C correspond à 2 mm de précipitations. Donc nous avons une période sèche chaque fois que la courbe des températures passe au-dessus de la courbe des précipitations (Le Houerou, 1995 ; Guyot, 1997). Avec ce diagramme, la période sèche ou humide peut être facilement calculée (Hufty, 2001).

La saison sèche est par définition celle où se manifeste, pour la plupart des plantes, des conditions de stress hydrique plus ou moins intense et plus ou moins continue (Le Houerou, 1995).

Les figures 09 et 10 représentent les diagrammes ombrothermiques de la région d'étude des périodes 1913-1938 et 1985-2015, où on remarque un allongement de la saison sèche durant la période récente (1985-2015). En effet:

- pour la période 1913-1938, elle s'étale de fin Mai jusqu'à mi-octobre soit sur presque 146 jours (quatre mois et vingt six jours).
- Pour la période 1985-2015, elle couvre le mois de Mai et jusqu'à mi-octobre soit sur presque 165 jours. (Cinq mois et demi).

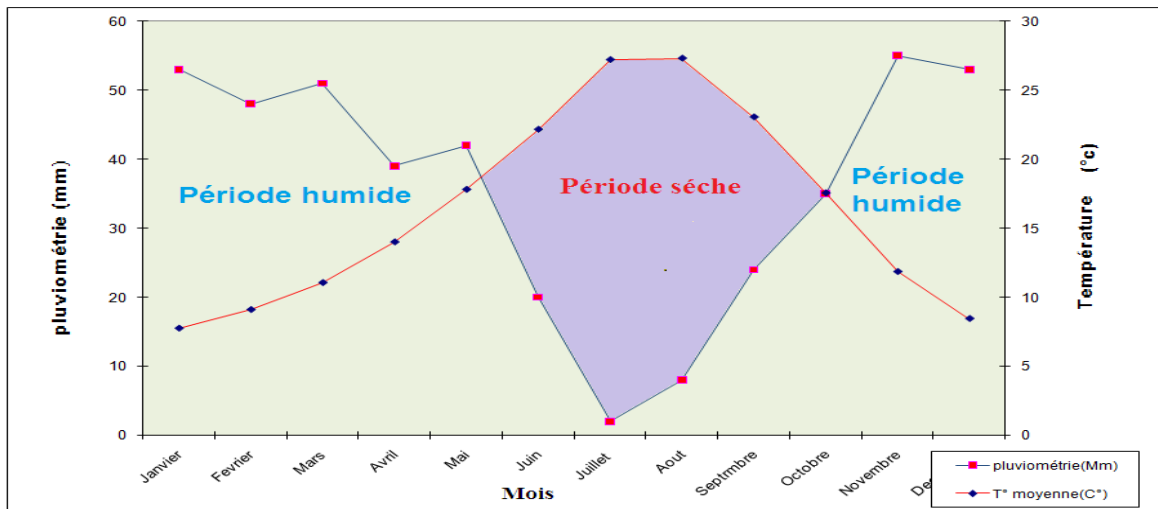


Figure 9: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la période (1913-1938)

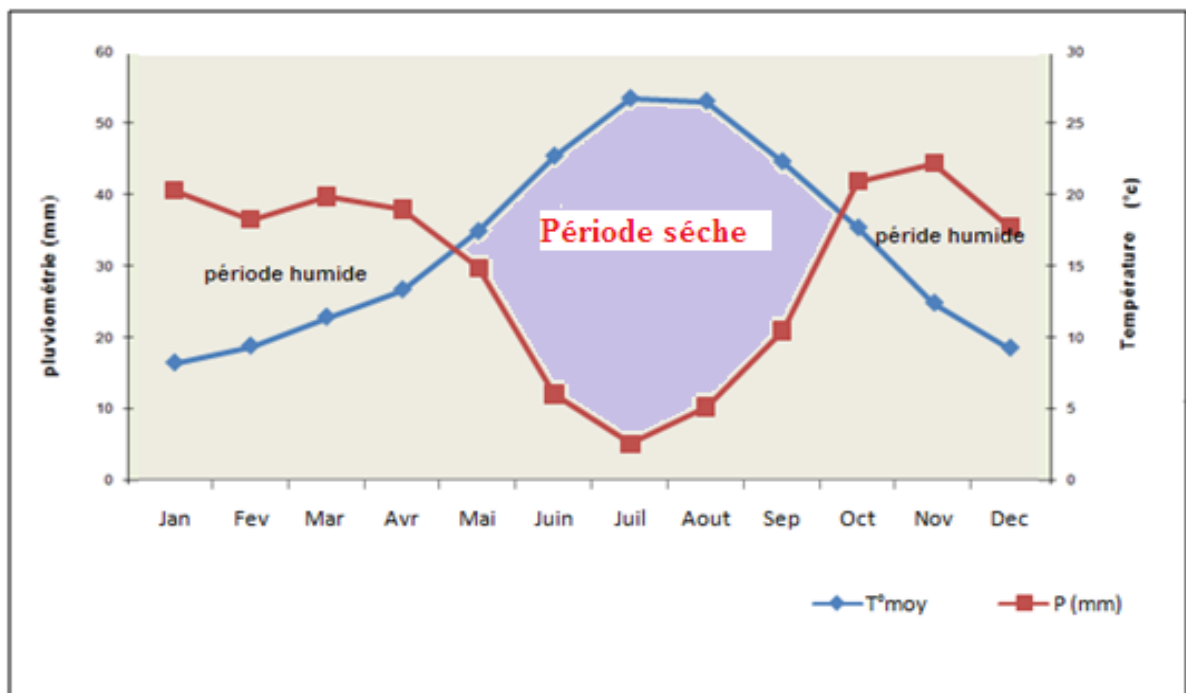


Figure 10: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la période 1985-2015

7.6. Le quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique proposé par Emberger (1930,1955) consiste à définir et classer les climats méditerranéens. Il est donné par la formule suivante:

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

- Q_2 : quotient pluviothermique
- P : précipitations moyennes annuelles (mm).
- M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C).
- m : moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

Puis il a été modifié par Stewart (1968) pour une meilleure application pour l'Algérie.

La formule proposée par ce dernier est la suivante:

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

Tableau 13 : Classification de la zone d'étude selon le quotient de STEWART.

Période	P (mm)	M-m	Q_3	Etage bioclimatique
1913 1938	430	33,6°	43,8	Semi -aride frais
1985 2015	358	32,6°	37,6	Semi -aride frais

Pour la période 1913-1938, la région d'étude présente un bioclimat semi-aride inférieur avec $Q_3 = 43,8$ à variante thermique à hiver frais et durant la période récente 1985-2015 avec un $Q_3 = 37,6$ à variante thermique à hiver frais (fig.11). Cela explique que notre zone d'étude connaît un décrochement significatif durant la période actuelle vers l'étage semi aride supérieur par rapport à la période ancienne. La région est passée d'une situation plus ou moins favorable au développement de certains végétaux (pin d'Alep) vers la limite de sa répartition naturelle.

Le résultat obtenu, après l'application de la formule d'Emberger, confirme le résultat de l'indice DE DEMARTONE (tableau13).

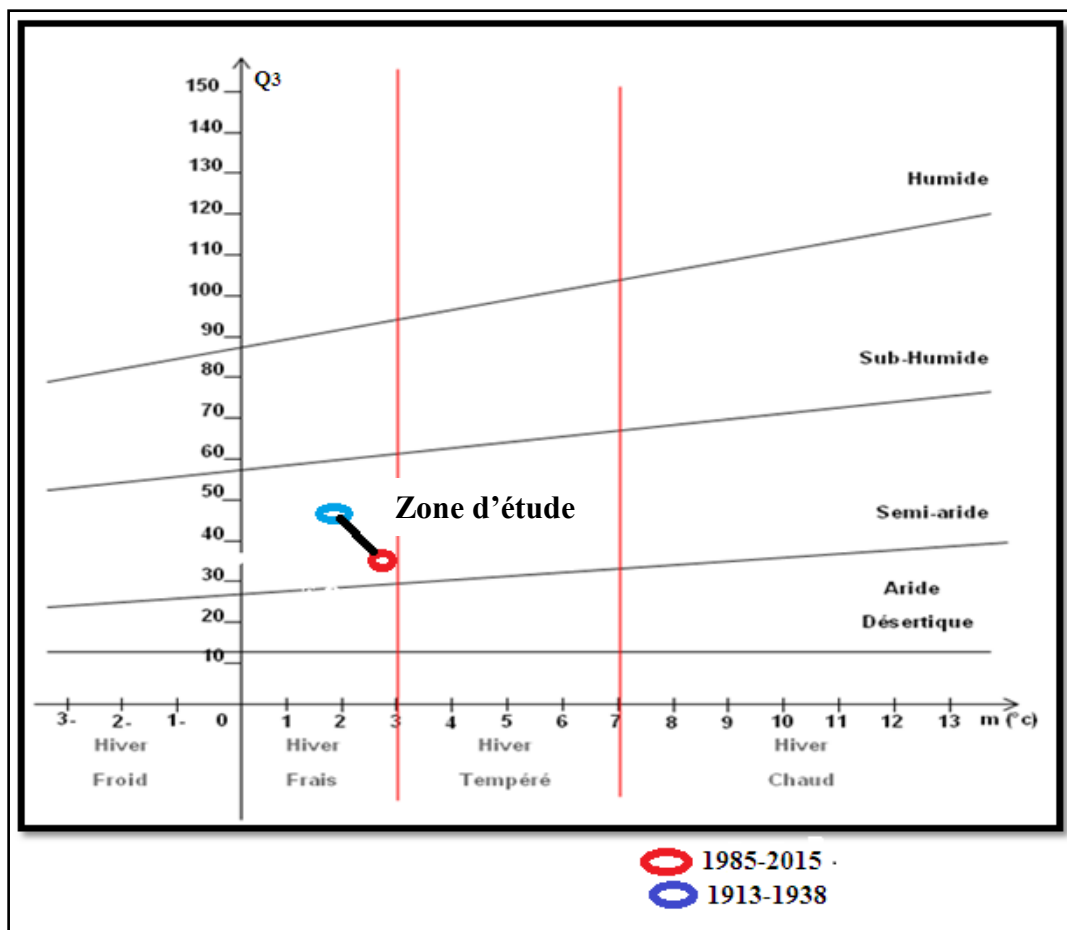


Figure 11: L'abaque de climmagramme d'EMBERGER pour la zone d'étude

Périodes : (1913-1938) et (1985-2015)

7.7. Synthèse climatique

La wilaya de Saida présente un climat méditerranéen typique des hautes plaines steppiques algériennes, caractérisée essentiellement par des précipitations faibles et une grande irrégularité intermensuelle et interannuelle et des régimes thermiques relativement homogènes mais très contrastés de type continental (Le Houerou, 1995). L'appartenance de cette wilaya à l'étage bioclimatique semi aride accentue cette irrégularité interannuelle des précipitations appelée aussi infidélité du climat méditerranéen (Seigue, 1985).

Notre zone d'étude présente des conditions climatiques plus sévères qui s'expriment par la diminution des précipitations moyennes annuelles en oscillant entre 150 et 589,9 mm/an, une période sèche prolongée d'un mois.

La température maximale élevée correspondant au mois de juillet (36°C) et une température minimale très basse correspondant au mois de janvier (2,9°C).

CHAPITRE 2

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Choix des stations

Notre travail consiste à réaliser un suivi à court terme, sur 3 années (2013-2014-2015), des caractéristiques floristiques et édaphiques de la zone steppique à alfa (*Stipa tenacissima* L.) de la commune de Maâmora (wilaya de Saida, ouest d'Algérie). Pour cela, nous y avons choisi trois stations d'échantillonnage qui diffèrent par le taux de recouvrement et l'état de dégradation de l'alfa (fig 12):

- une station de mise en défens par le Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) de Saïda depuis 2008 où l'alfa est bien développé (taux de recouvrement = 58%),
- une station où l'alfa est moyennement dégradé (taux de recouvrement = 28%) et,
- une station où l'alfa est dégradé, soumise à une forte pression anthropique (taux de recouvrement = 14%) (tableau 14).

Tableau 14: Description des stations d'étude.

Stations	Station à alfa bien développé	Station à alfa moyennement	Station à alfa dégradé
Cordonnées géographiques	X34°41' 378'' Y000°35'142''	X34°41' 362'' Y000° 35' 111''	X34° 40' 447'' Y000° 35' 776''
Altitude	1129 m	1130 m	1122 m
Taux de recouvrement de l'alfa	58%	28%	14%



Station à alfa bien développé



Station à alfa moyennement dégradé



Station à alfa dégradé

Figure 12: Les trois stations d'échantillonnage de la zone d'étude.

2. Analyse pédologiques

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). Dans notre cas, l'étude des caractéristiques du sol dans les stations étudiées permettra de faire ressortir les relations réciproques entre le sol et la végétation notamment *Stipa tenacissima*. Trois profils pédologiques ont été réalisés dans chaque station. Pour chaque profil, nous avons mesuré l'épaisseur de la couche meuble (de la surface jusqu'à la dalle calcaire) ensuite, nous y avons prélevé un échantillon que nous avons mis dans un sac codé. Les échantillons de sol sont séchés à l'air libre. Après dessiccation, la terre est tamisée à l'aide d'un tamis mécanique à mailles de 2 mm (Afnor, 1987) pour séparer les parties fines des grossières.

Des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur le sol prélevé pour évaluer la texture, le taux de salinité, le taux de matière organique, le pH, le taux de calcaire total et le taux d'humidité.

Les méthodes utilisées sont celles proposées dans le manuel d'analyse des sols établis par Aubert (1978).

2.1. Analyse granulométrique et texture

Pour classer les terres, nous avons procédé à l'analyse granulométrique du sol qui consiste à classer les éléments constitutifs du sol selon leur taille et la détermination du pourcentage respectif de chacun d'eux (sables, limons, argiles). Cette technique nous donne une idée sur la texture du sol (la notion de texture concerne la fraction fine du sol) (Guillet *et al.*, 1988). La texture est une caractéristique principale et pratiquement permanente du sol, elle influe beaucoup sur le processus physique et chimique dans le profil (Bullock *et al.*, 1985). L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon (tableau15), en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé sur la partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne de tamis de type Retschas 200 digit.

Tableau 15: Classification des différents éléments du sol selon leurs tailles (Afnor, 1987).

Éléments du sol	Tailles
Fraction grossière (FG)	$\varnothing > 2 \text{ mm}$
Sables grossiers (SG)	$2 \text{ mm} > \varnothing > 0,2 \text{ mm}$
Sables fins (SF)	$0,2 \text{ mm} > \varnothing > 0,02 \text{ mm}$
Limons (L)	$0,02 \text{ mm} > \varnothing > 0,002 \text{ mm}$
Argiles (A)	$\varnothing < 0,002 \text{ mm}$

La texture des différents échantillons du sol est définie après projection des résultats de l'analyse granulométrique sur le triangle de Jamagne (1967) (fig.13).

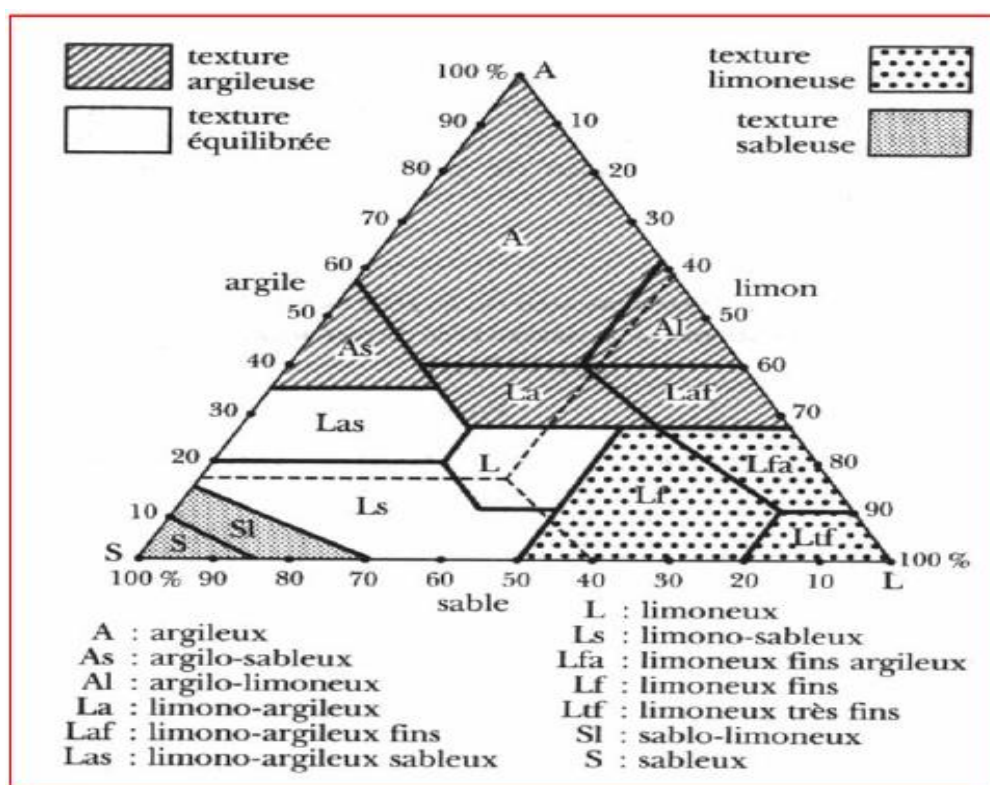


Figure13: Triangle des textures (Jamagne, 1967)

2.2. L'Humidité

Ce paramètre physique a une importance considérable : d'une part il intervient d'une manière directe et indirecte dans la maturation des plantes, en tant que véhicule des éléments nutritifs dissous; d'autre part, c'est un des principaux facteurs de la pédogenèse, qui conditionne la plupart des processus de formation des sols. Elle correspond à la teneur en eau d'un échantillon de sol. Elle est exprimée en pourcentage selon la formule suivante:

$$H = \frac{Pf - Ps}{Pf} \times 100$$

H = humidité en %;

Pf = Poids frais du sol (gr);

Ps = poids après séchage (gr).

L'échelle d'interprétation de l'humidité de Lambert (1975), nous a permis de déterminer les classes de nos échantillons.

- Sols très faiblement humides avec un taux >3%
- Sols faiblement humides avec un taux de 3-6 %
- Sols moyennement humides avec un taux de 6-9 %
- Sols fortement humides avec un taux de 9-12 %
- Sols très fortement humides avec un taux de 12-49 %

2.3. Le potentiel hydrogène (pH)

Le sol n'est pas un milieu inerte, des colloïdes (argiles et humus) régularisent la teneur en éléments nutritifs. Ce mécanisme de régulation concerne la teneur en cations métalliques (calcium, potassium,..) et la teneur en ions H⁺ de la solution du sol ou acidité du sol qui est due aux ions hydrogènes qui s'y trouvent.

En outre, le pH est universellement reconnu comme un facteur d'importance primordiale pour la moitié des éléments traces et leur disponibilité vis-à-vis des êtres vivants.

La mesure du pH est faite par la méthode électrométrique en utilisant un pH mètre de type « HANNA pH 209-209R » sur l'extrait 1/5 d'une suspension de la terre avec de l'eau distillée, afin d'apprécier l'alcalinité ou l'acidité du sol.

L'interprétation des résultats est faite selon l'échelle d'appréciation du pH du sol (Gagnard *et al.*, 1988).

- sols fortement acides avec un pH < 5,5
- sols acides avec un pH = 5,5-6,5
- sols très légèrement acides avec un pH = 6,5-6,8
- sols neutres avec un pH = 6,8- 7,2
- sols légèrement alcalin avec un pH = 7,2- 8,5
- sols fortement alcalin avec un pH 8,5 >

2.4. Conductivité électrique (C.E)

La conductivité électromagnétique (C.E.M) des sols est mesurée à l'aide d'un conductimètre, pour déterminer le taux de salure dans le sol. Le principe du sol à conduire le courant électrique est en fonction de la concentration en électrolytes de la solution du sol (Rieux et Chevery, 1976). La conductivité électrique est exprimée en millisiemens par centimètre (mS/cm). Elle est déterminée sur une solution d'extraction aqueuse (rapport sol /eau égale à 1/5) à l'aide d'un conductimètre type HANNA Dist. WP4. Il s'agit d'obtenir à partir d'un échantillon de sol, une solution de pâte saturée en eau distillée, soit le rapport sol/eau constant (1/5 c'est-à-dire 10g du sol dans 50ml d'eau distillée).

Les sols étudiés sont classés selon l'échelle de salure en cinq classes (Aubert, 1978):

- sols non salés avec une conductivité électrique < 0,6 mmhos/cm
- sols peu salés avec une conductivité électrique de 0,6 à 1,2 mmhos/cm
- sols salés avec une conductivité électrique de 1,2 à 2,4 mmhos/cm
- sols très salés avec une conductivité électrique de 2,4 à 6 mmhos/cm
- sols extrêmement salés avec une conductivité électrique > 6 mmhos/cm.

2.5. Calcaire total (C.T)

Le calcaire total se trouve sous deux formes, active ou inactive. Le calcaire actif : c'est la fraction fine argileuse ou limoneuse du carbone facilement solubilisée dans l'eau chargée de CO₂.

Le calcaire inactif: c'est le carbonate sous forme de grains grossiers ou cristallins peu solubles dans l'eau chargée de CO₂.

Il présente une réserve évoluant par érosion vers une forme active. Selon la méthode du Calcimètre de Bernard, cette grandeur est mesurée par un dosage qui est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de calcium (CaCO₃) en contact de l'acide Chlorhydrique (HCl).

Le calcul du CaCO₃ en % se fait selon la formule suivante :

$$\% \text{ CaCO}_3 = V_m \times 273 / T_m \times P_m / 760 \times 100 \times 100 / 44 \times 0.001964$$

- V_m : volume de CO₂ dégagé en cm³.
- T_m : température en °C+ 273 (degré Kelvin)
- 273/T_m : facteur de correction de T°.
- P_m/760 : Facteur de correction de pression.

Les valeurs obtenues sont exprimées en pourcentage et l'échelle d'interprétation des carbonates permet de déterminer la quantité de CaCO_3 comprise dans un échantillon du sol. Selon leur teneur en calcaire, les sols sont classés en cinq classes (Lambert, 1975) :

- sols légèrement pourvus de calcaires avec un taux de $\text{CaCO}_3 < 5\%$
- sols faiblement calcaires avec un taux de CaCO_3 de 5 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 $\text{CaCO}_3 > 50\%$.

2.6. Matière organique (M.O)

Le carbone de la matière organique est oxydé par bichromate de potassium en présence d'acide sulfurique. En connaissant la quantité de bichromate nécessaire pour cette oxydation, nous pouvons calculer le pourcentage du carbone organique et d'humus dans le sol. On admet que la matière organique représente deux fois la masse du carbone. Peser 10g de terre fine dans un creuset en silice taré et passer à l'étuve à 105°C ; calculer la teneur en eau de la terre utilisée, porter le creuset au four, chauffer jusqu'à 750°C et maintenir pendant $\frac{1}{2}$ heure à cette température. Après refroidissement, jusque vers $150-200^\circ\text{C}$, déposer le creuset dans un dessiccateur, puis on pèse.

Selon Lambert (1975) on peut distinguer quatre classes:

- Sols très pauvres avec un taux de matière organique < 1
- Sols pauvres avec un taux de matière organique = 1 à 2
- Sols moyens avec un taux de matière organique = 2 à 4
- sols riches avec un taux de matière organique > 4

3. Analyse de la végétation

3.1. Approche phytosociologique

Cette méthode s'appuie sur la technique des relevés phytosociologiques de Braun-Blanquet (1951) qui consiste à établir la liste complète de toutes les espèces présentes dans le site d'étude qui doit être représentatif et homogène. Les relevés floristiques effectués sont en nombre de 21, à raison de 07 relevés floristiques par station, réalisés pendant la période de la végétation optimale, d'avril à mai.

3.1.1. Exécution des relevés

Chaque relevé doit être accompagné d'une fiche d'enregistrement des caractères écologiques d'ordre stationnels: altitude, pente, exposition, surface du relevé, le taux de recouvrement.

Pour nos relevés, une aire minimale de 100 m² a été utilisée (Djebaili, 1984, Chalane, 2012, Yahiaoui, 2012, Arabi, 2014). La détermination des taxons a été faite en utilisant la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales (Quézel et Santa, 1962- 1963). Aux espèces inventoriées ont été affectés les coefficients suivants:

A) Coefficient d'abondance-dominance

L'abondance exprime le nombre moyen des individus de chaque espèce dans le relevé, tandis que la dominance est la surface occupée par la projection au sol de l'ensemble des individus de l'espèce considérée. A cet effet, nous avons utilisé l'échelle de Braun-Blanquet (1951).

- +: Espèce rare et sporadique.
- 1: Espèce dont le recouvrement total est inférieure à 5%.
- 2: Espèce dont le recouvrement total est de 5% à 25 %.
- 3: Espèce dont le recouvrement total est de 25% à 50 %.
- 4: Espèce dont le recouvrement total est de 50 % à 75 %.
- 5: Espèce dont le recouvrement total est de 75 % à 100 %.

4. Diversité floristique

L'originalité floristique des différents groupements ainsi que leur état de conservation et de leur valeur patrimoniale est mise en évidence par l'analyse de leur richesse floristique, ainsi que par leur caractère biologique et chorologique (Dahmani, 1997).

4.1. Caractérisations biologique, systématique et biogéographique

L'étude de la flore inventoriée dans les trois stations a été abordée du point de vue biologique, systématique et biogéographique.

La détermination des caractéristiques des divers types de chaque espèce a été réalisée à travers la consultation de la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales de Quézel & Santa (1962-1963) ainsi que la grande flore en couleurs de Gaston Bonnier (1990).

4.1.1. Caractérisation biologique

Chaque espèce a été affectée de son type biologique selon la classification de Raunkiaer (1943). Cette classification est basée sur la position des bourgeons de rénovation du végétal par rapport au sol. Elle distingue 05 types biologiques :

- phanérophytes (Ph): arbres, arbustes et végétaux ligneux dont les bourgeons sont à plus de 50 cm du sol;
- chaméphytes (Ch): végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons sont à moins de 25 cm du sol;
- hémicryptophytes (He) : végétaux herbacés dont les bourgeons sont à la surface du sol ;
- géophytes (Ge) ou cryptophytes : végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons se situent dans le sol, à l'apex des organes souterrains de réserve ;
- 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.

4.1.2. Caractérisation biogéographique

La phytogéographie est la discipline qui étudie la répartition des végétaux et les causes de cette dernière. Elle est au carrefour de la biologie végétale et de la géographie.

La présence d'une espèce végétale en un endroit donné, dépend des liens qui existent entre elle et les conditions environnementales locales.

Pour Quézel (1983), la diversité biogéographique de l'Afrique est due essentiellement aux modifications climatiques que la région a subies depuis le miocène.

5. La fréquence

La fréquence est le rapport entre le nombre de relevés «n» où l'espèce «x» existe et le nombre total «N» de relevés effectués, exprimé en pourcentage (%) (Du Rietz, 1920).

La fréquence traduit la régularité de la distribution d'une espèce dans une communauté végétale.

$$F \% = \frac{n}{N} \times 100$$

- 1: 0 % < F < 20% : Espèces très rares
- 2: 20% < F < 40% : Espèces rares
- 3: 40% < F < 60% : Espèces fréquentes
- 4: 60% < F < 80% : Espèces abondantes
- 5: 80% < F < 100% : Espèces très constantes

6. Indice de perturbation

Dans le but d'apprécier l'état de dégradation de la végétation, un indice de perturbation (**IP**) a été calculé pour chaque station. Cet indice est défini par Hebrard *et al.* (1995) comme suit:

$$\text{IP} = \frac{\text{Nombre de chamaephytes} + \text{Nombre de thérophytes}}{\text{Nombre total des espèces}}$$

7. Exploitation et traitement des données

7.1. Indices de diversité spécifique de Shannon et d'équitabilité

L'indice de diversité spécifique retenu est celui de Shannon (H') qui est le plus utilisé dans les travaux de recherches:

$$H' = \sum p_i \cdot \text{Log}_2 p_i$$

- p_i : fréquence relative ou contribution spécifique (C_{si}) = n_i / N .
- n_i : effectif de l'espèce i dans l'échantillon.
- N : nombre total de toutes les espèces de l'échantillon.

H' est exprimé en unités d'information par individu (bit /individu) avec des valeurs comprises entre 0 et 5 bits (Frontier, 1983; Frontier et Etienne, 1990).

L'indice de Shannon est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité de Piélu (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).

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

- H' : indice de Shannon.
- $H' \text{ max} = \log S$ (S = nombre total d'espèces).

7.2. Indices de similarité

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

Leurs formules sont les suivantes :

Coefficient de similarité (Sorensen, 1948)

$$Cs = 2j / a + b$$

Coefficient de similarité (Jaccard, 1901)

$$Cs = j / (a + b - j)$$

- Cs: Coefficient de similarité
- j: 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.

Pour notre cas, A représente la station 1 à alfa bien développé, B représente la station 2 à alfa moyennement dégradé, C représente la station 3 à alfa dégradé.

7.3. Analyse de la variance

Des analyses de la variance à un facteur (ANOVA 1) ont permis de déterminer séparément si certaines variables (richesse spécifique) étaient significativement différentes entre les groupes de relevés floristiques ou entre les échantillons. L'homogénéité des variances a été vérifiée et quand un effet significatif a été observé, des tests de comparaisons de moyennes de Fischer ont permis de comparer les moyennes des variables entre les groupes de relevés ou entre les échantillons. Le seuil critique (α) de significativité entre les moyennes est fixé et codé comme suit :

- différence non significative = NS ($p > 0,05$) ;
- différence significative = * ($0,01 < p < 0,05$) ;
- différence fortement significative = ** ($0,001 < p < 0,01$) ;
- différence très fortement significative = *** ($p < 0,001$)

7.4. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)

Les méthodes statistiques d'analyse multivariées nous permettent de traiter conjointement l'ensemble des données floristiques et écologiques, en utilisant l'analyse factorielle des correspondances (AFC) qui a pour but de visualiser les affinités existantes entre les relevés et par conséquent les relations existantes entre les groupements végétaux.

C'est une méthode dite métrique qui est basée sur le calcul de la similitude entre variable en fonction des objets. C'est une ordination qui est utilisée, depuis fort longtemps, pour les traitements phytosociologiques et phytoécologiques, avec notamment les études sur la végétation steppique (Celles, 1975; Djebaili, 1978; Pouget, 1980; Kadi-Hanifi, 1998 ;Chalane *et al.*, 2014, Saidi *et al.*, 2016). Ses premières applications remontent à Ramensky (1930) in Bouchareb (2000), appliqué à l'aide d'un logiciel Statistique qu'est le logiciel «Statistica 6.0».

Dans notre cas, nous avons utilisé l'AFC pour faire ressortir les affinités existantes entre les stations explorées et les types biologiques inventoriés ainsi que les paramètres physico-chimiques du sol (08 paramètres) y compris le taux de recouvrement. Pour cela, sur un tableau (sous Excel), nous avons reporté en colonnes les types biologiques, les paramètres du sol et le taux de recouvrement (variables) (tableau16).

Tableau 16: Codification des variables.

Les variables	Code
Sables	SB
Limons	LF
Argiles	A
Profil de l'horizon superficiel du sol	PR
Matière organique	MO
Humidité	HUM
Calcaire total	CaT
Taux de recouvrement	TR
Conductivité	CE
Station à alfa bien développé	St1
Station à alfa moyennement dégradé	St2
Station à alfa dégradé	St3

Thérophytes	TH
Chaméphytes	CHAM
Hémicryptophytes	Hem
Géophytes	Géo

L'A.F.C permet grâce à des représentations graphiques, de construire des nuages de points représentant les variables. Le nuage de « points lignes » ou de « points colonnes » s'étire le long d'une direction privilégiée correspond à l'axe factoriel. Chaque axe factoriel est caractérisé par une valeur propre traduisant l'inertie du nuage de points le long de l'axe. Le taux d'inertie de l'axe représente quant à lui le pourcentage d'informations apportées par l'axe dans l'inertie totale du nuage.

Benzecri (1973) précise qu'il n'y a pas lieu de remettre en doute la validité d'un premier axe ayant plus de 50 % de taux d'inertie. D'une manière générale, les taux d'inertie supérieurs à 10 % peuvent se révéler significatifs. Une valeur propre de l'axe supérieure à 0,6 indique une dichotomie nette sur l'axe, alors que des valeurs comprises entre 0,2 et 0,6 traduisent plutôt un gradient le long de l'axe (Kadi-Hanifi et Sadj, 2010).

CHAPITRE 3
RÉSULTATS ET
DISCUSSION

1. Evaluation préliminaire de la phytodiversité et des caractéristiques édaphiques de la zone d'étude

1.1. Analyses du sol

Les valeurs moyennes relatives aux différents paramètres physico-chimiques caractéristiques de l'horizon superficiel du sol correspondant aux trois stations retenues sont représentées dans le tableau 17.

Tableau 17: Analyses physico-chimiques du sol des trois stations

	Station ABV	Station AMD	Station AD
SG (%)	27,20	32,11	35,09
SF (%)	36,30	33,00	30,02
LG (%)	14,09	12,34	10,02
LF (%)	09,02	5,32	5,01
A (%)	08,58	15,45	15,45
Tex	LS	LS	LS
FG sol (%)	8,10	13,2	21,10
HS (cm)	15,00	11,00	6,00
MO (%)	2,08	0 ,62	0,51
CT (%)	4,62	8,56	9,43
CA (%)	2,52	2,31	2,72
CE (mmhos/cm)	0,42	0,70	0,26
pH	8 ,18	8,35	8,64

ABV: station à alfa bien développé; AMD: station à alfa moyennement dégradé; AD: station à alfa dégradé; A: argile; LG: limons grossiers; MO: matière organique; LF: limons fins; SF: sables fins; pH: potentiel hydrogène; SG: sables grossiers; CT: calcaire total; CA: calcaire actif; HS: épaisseur de l'horizon de surface; CE: conductivité électrique; FG sol: fraction grossière du sol; Tex: texture; LS: limono-sableuse.

L'épaisseur du sol dans la station ABV est de 15 cm, alors qu'elle est de 11 cm dans la station AMD et 6 cm dans la station AD. La composition de cet horizon joue un rôle important sur le comportement de la végétation ; en outre, les perturbations humaines, agricoles ou pastorales et la plupart des descripteurs du sol concernent donc surtout l'horizon superficiel (Devineau, 2001).

L'ensemble des échantillons de sol analysés sont caractérisés par des pourcentages appréciables de sables grossiers, de sables fins et de fractions grossières; alors que les argiles et les limons y sont faiblement représentés. Ceci rejoint les travaux de Hassani (2003) qui ont révélé des pourcentages appréciables de sables dans les sols steppiques du sud-algérois.

La texture du sol est limono-sableuse dans les trois stations, ce qui concorde avec les résultats obtenus par Djebaili (1978) sur les steppes Sud-Oranaises. D'après Halitim *et al.* (2009), la texture limono-sableuse a une certaine sensibilité à l'érosion éolienne, ce qui permet d'avancer que notre zone d'étude présente une sensibilité moyenne à forte au phénomène de désertification.

Nos résultats montrent aussi un taux moyennement élevé de matière organique dans la station ABV (2,08 %); alors que les stations AMD (0.62 %) et AD (0.51 %) en sont faiblement représentées. Ces données sont comparables à celles obtenues par Pouget (1980) et Halitim *et al.* (2009) dans la steppe Sud-Algéroise où ils donnent un intervalle de valeurs variant de 0,5 à 3%. Cette constatation a été faite également dans les travaux de Latreche (2004) et de Bendjaafar (2008) dans la région steppique de Ras El Ma ainsi que de Hasnaoui (2008) et Arabi (2010) dans la région de Saida (ouest algérien). Selon Aidoud *et al.* (1999), la forte teneur en matière organique enregistrée parfois dans l'étage semi-aride peut être liée à une longue période de refroidissement qui peut retarder le phénomène de minéralisation. Par ailleurs, Nadjraoui *et al.* (2008) soulignent que la teneur en matière organique dans le sol est en fonction de l'aridité du climat et de l'influence du couvert végétale.

Le pH dans la plupart des échantillons est légèrement basique, compris entre 8.18 et 8.64. Le pH n'est pas une caractéristique stable du sol, mais dépend des différents cations absorbés, la nature de la couverture végétale ainsi que des conditions climatiques (Dajoz, 1982) ; il est lié aussi à la quantité du calcaire présent dans le sol, et dépend de la présence du complexe argilo-humique (Huetz Delemps, 1980).

La projection des résultats de la conductivité électrique sur l'échelle de salure révèle des sols non salés pour les 3 stations. En effet, les mesures effectuées donnent des valeurs fluctuant entre 0.26 mmhos / cm dans la station AD, 0.42 mmhos/cm dans la station ABV et 0.70 mmhos / cm dans la station AMD.

Le taux de calcaire total oscille entre 4,62 et 9,43 %. Conformément aux normes établies par Baize (1988), ces pourcentages ont fait ressortir l'existence de deux classes de sols:

- classe 1: sol moyennement calcaire pour les stations AMD et AD avec des taux respectivement de 8,56% et 9,43 %.
- classe 2 : sol peu calcaire pour la station ABV avec un taux de 4,62%.

Les teneurs en calcaire actif sont le plus souvent inférieures à 3 % avec un maximum de 2,72 % noté dans la station AD (tableau 18). Cette teneur se trouve liée à la nature de la roche mère qui est souvent calcaire, alimentant le sol en carbonate de calcium (CaCO_3) (Sari, 2004).

Les analyses pédologiques effectuées ne font que confirmer les études déjà faites auparavant sur ces milieux steppiques qui sont caractérisés par une déficience remarquable en éléments essentiels à la pédogénèse et une mauvaise stabilité structurale et à la faible activité biologique. Ces facteurs agissent négativement sur l'évolution du sol ce qui accélère le phénomène de désertification (Mahyou *et al.*, 2010).

1.2. Etude floristique

1.2.1. Relevés floristiques

L'inventaire floristique réalisé sur les trois stations (tableau 18) a permis de comptabiliser 61 espèces: 38 espèces dans ABV, 28 espèces dans AMD et 25 espèces dans AD.

Tableau 18: Relevés phytocologiques

Stations	Station 1 (ABV)												Station 2 (AMD)												Station 3 (AD)														
Taux de recouvrement de l'Alfa	58%												27%												15%														
Altitude (m)	1123												1129												1130														
Coordonnées GPS	X: 34°41'378'' Y: 000°35'142''												X: 34°41'362'' Y: 000°35'111''												X: 34°41'447'' Y: 000°35'776''														
Surface (m ²)	100												100												100														
Pente	< 1%												< 1%												< 1%														
Géomorphologie	Terrain plat												Terrain plat												Terrain plat														
N° de relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Espèces																																							
<i>Adonis dentata</i>	++	-	-	++	++	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Alyssum scutigerum</i>	++	++	++	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Alyssum gratanence</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	-	++	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Aristida sahelica</i>	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Artimisia herba alba</i>	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asphodelus microcorpus</i>	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Astragalus caprinus</i>	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Atractylis humulis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	++	-	-	++	++	++	++	-	-	-	-	
<i>Avena alba</i>	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Borago officinalis</i>	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Bromus lanceolotus</i>	++	-	++	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Bromus rubens</i>	++	-	++	-	++	-	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Calendula dentata</i>	++	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Catananche lutea</i>	++	-	++	-	++	-	++	-	-	-	-	-	++	++	++	-	++	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-	++	-	++	++	-	++	-	++	-	-	
<i>Centaurea calcitrapa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	-	-	-	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Centaurea dilluta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Centaurea dimorphe</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Centaurea pungens</i>	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Chrysanthemum sp.</i>	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Cynedon dactylon</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-	-	++	-	-	-	-	-	-		
<i>Diplotaxis acris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Echinaria capitata</i>	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Echium austral</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-		
<i>Echium horidium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	++	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-		

1.2.2. Composition floristique

Les espèces recensées se rattachent à 18 familles botaniques (fig.14). La famille la mieux représentée est celle des compositées avec un taux de présence de 23,07 %, suivie en deuxième position par les poacées (17,30 %), la troisième position est occupée par les brassicacées (9,61%) ensuite viennent les légumineuses (7,69%), les caryophyllacées, les plantaginacées et les boraginacées (5,7%), les cistacées (3,87%), les lamiacées et les liliacées (3,84%); les chenopodiacées, les euphorbiacées, les malvacées, les papillonacées, les polygonacées, les geraniacées, les renonculacées et les thymelacées sont faiblement représentées (1,92%).

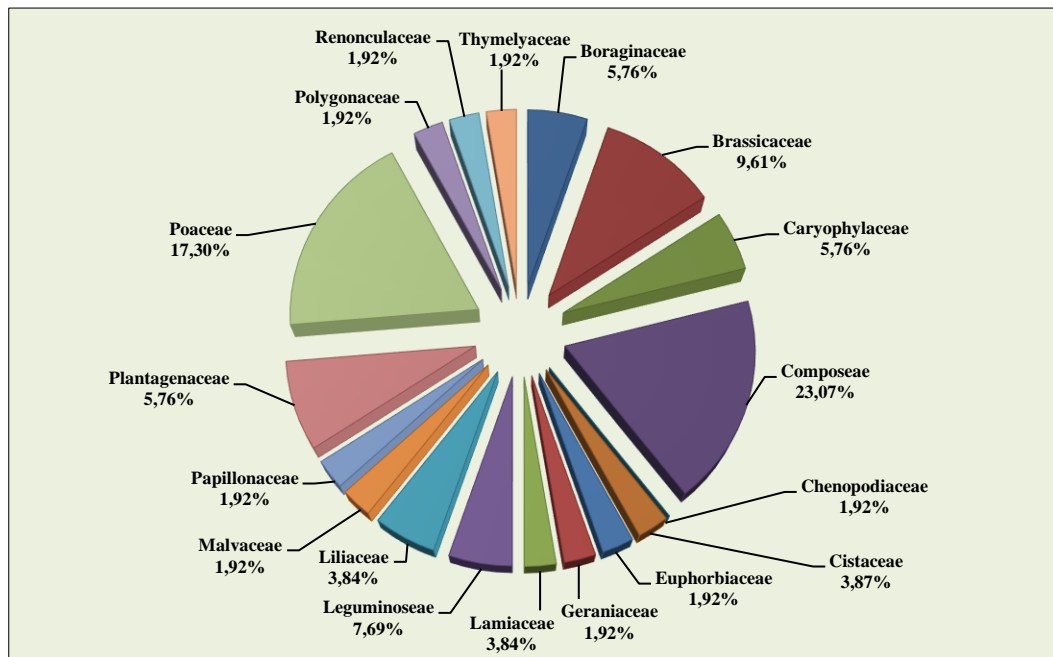


Figure14: Composition systématique des trois stations

Les thérophytes représentent le type biologique dominant (fig.15), notamment dans la station AD avec un taux de présence maximum de 60 % ; dans les stations ABV et AMD, ce taux est respectivement de 44,73% et 57,14%. Ceci montre que plus les conditions du milieu sont rigoureuses, plus les thérophytes supplantent les autres types biologiques. Cette thérophytisation est la conséquence de l'aridisation et de l'anthropisation (Dahmani, 1997; kadi-Hanifi, 1998; Amghar, 2002; Mahyou *et al.*, 2010). Les hémicryptophytes présentent un taux de présence de 18,42% dans ABV, 28,57 % dans AMD et 24 % dans AD. Les chaméphytes (Cham) présentent un taux de présence de 23,68% pour ABV et sont moyennement représentés dans AMD 7,14% et dans AD (8%). Les chaméphytes s'adaptent mieux à l'aridité, c'est ce qui est rapporté aussi par Sari (2004). Les géophytes (Géo) présentent un taux de présence de 13,15% pour ABV et sont moyennement représentés dans AMD (7.14%) et dans AD (8%).

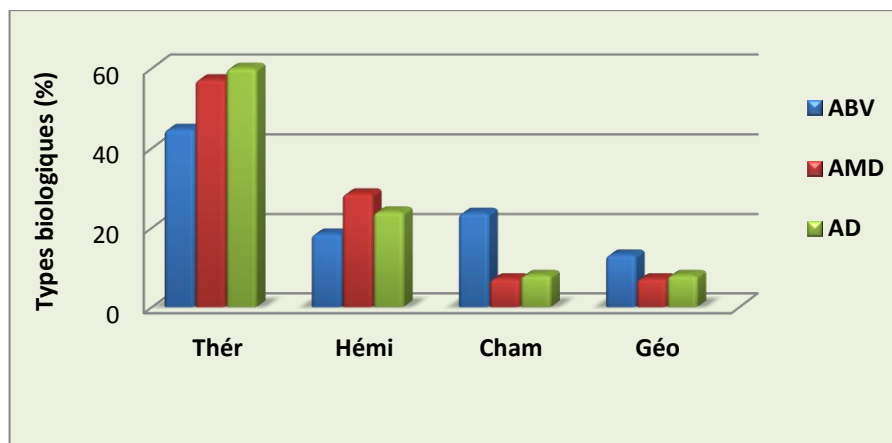


Figure15: Spectres biologiques des trois stations

Thér: thérophytes; **Hémi:** hémicryptophytes; **Cham:** chaméphytes; **Géo:** Géophytes.

1.3. Similarité et diversité spécifique

Les valeurs des indices de similarité de Sorensen et de Jaccard (tableau 19) ont fait ressortir des groupes de stations présentant des similitudes floristiques. De fortes similitudes floristiques caractérisent les stations ABV et AMD avec un indice de Sorensen de 0,95 et un indice de Jaccard de 0,90. Des similitudes moyennes sont notées entre les stations AMD et AD avec un indice de Sorensen de 0,54 et un indice de Jaccard de 0,37; par contre, de faibles similitudes sont notées entre les stations ABV et AD avec un indice de Sorensen de 0,27 et un indice de Jaccard de 0,15. Le calcul de l'indice de diversité de Shannon (H') montre une diversité floristique plus importante dans la station ABV où l'alfa est bien développé (0.84 bit/individu) et ce comparativement aux stations où l'alfa est moyennement dégradé (0.47 bit/individu) ou dégradé (0.24 bit/individu).

Tableau 19 Similarité et diversité spécifique des trois stations

	Similarité floristique entre les couples de stations		
	ABV – AMD	ABV- AD	AMD – AD
Indice de Sorensen	0,95	0,27	0,54
Indice de Jaccard	0,90	0,15	0,37
	Richesse spécifique des stations		
	ABV	AMD	AD
Indice de Shannon (bit/individu)	0,84	0,47	0,24

1.4. Synthèse des données floristiques et édaphiques

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) exécutée, dont la matrice est le croisement de l'ensemble des variables retenues (paramètres édaphiques, types biologiques végétaux et taux de recouvrement des trois stations échantillonnées) permet d'identifier deux groupes de variables et ce, en prenant en compte les contributions que prennent chacune de ces variables (fig. 16). Sur le plan factoriel F1-F2, l'axe F1 qui apporte le plus d'information dans l'AFC (88,89 % d'inertie) comparativement à l'axe F2 (11,11 %), oppose le faciès où l'alfa est bien développé (ABV) sur le côté positif (groupe 1) et les faciès moyennement dégradé (AMD) et dégradé (AD) sur le côté négatif (groupe 2).

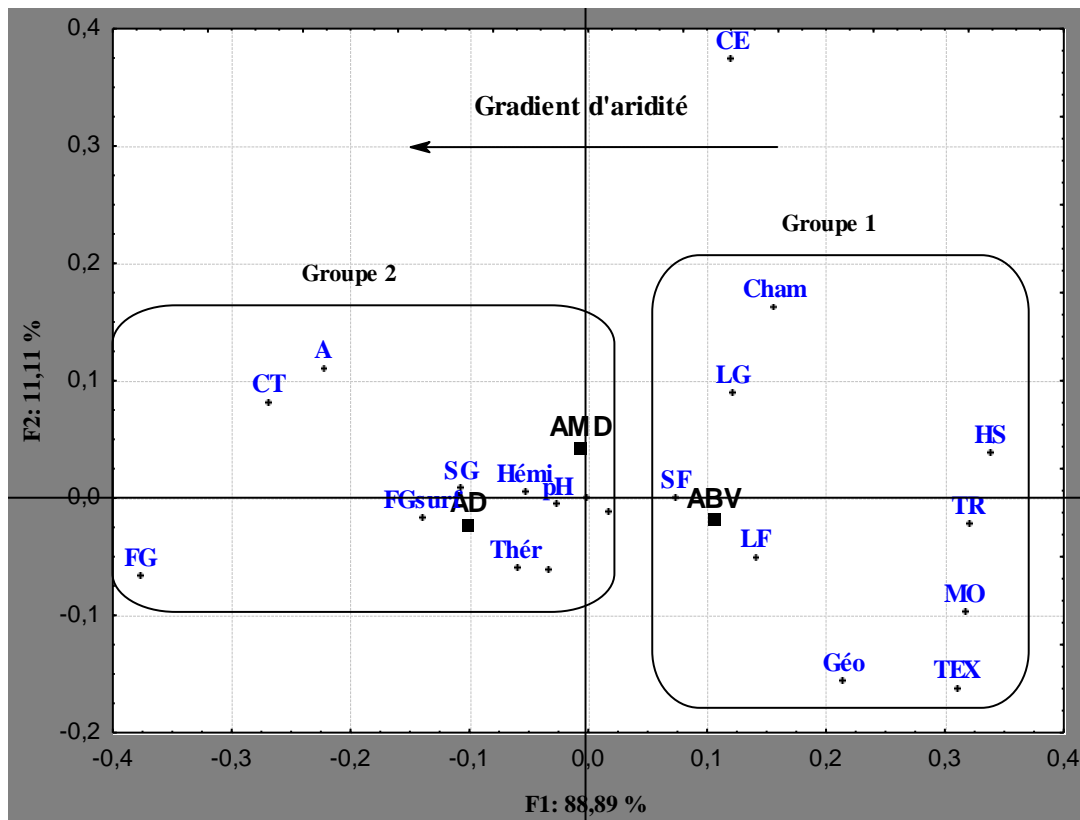


Figure 16: Analyse factorielle des correspondances

ABV: station à alfa bien développé, **AMD:** station à alfa moyennement dégradé, **AD:** station à alfa dégradé; **Cham:** chaméphytes; **Héli:** hémicryptophytes; **Thér:** thérophytes; **Géo:** géophytes; **TR:** taux de recouvrement; **A:** argile; **LG:** limons grossiers; **MO:** matière organique; **LF:** limons fins; **SF:** sables fins; **pH:** potentiel hydrogène; **SG:** sables grossiers; **FG:** fraction grossière du sol; **CT:** calcaire total; **HS:** épaisseur de l'horizon superficiel du sol; **TEX:** texture.

En tenant compte des contributions que prennent les paramètres édaphiques et floristiques analysés par l'AFC (fig. 13), le groupe 1 corrélé à la station ABV est constitué par : un meilleur taux de recouvrement de *Stipa tenacissima* (TR: 0,319), une prédominance des chaméphytes (Cham: 0,156) et des géophytes (Géo: 0,214), une meilleure épaisseur de l'horizon superficiel du sol (HS: 0,339), un meilleur taux de matière organique (MO : 0,316), de sables fins (SF: 0,073), de limons fin (LF: 0,14) et de limons grossiers (LG: 0,121). L'ensemble de ces paramètres traduisent l'effet favorable de la mise en défens sur la remontée biologique et sur l'amélioration de certains paramètres édaphiques (Slimani *et al.*, 2010).

La mise en défens serait donc un moyen de lutte contre la dégradation de l'écosystème steppique, et protège le sol contre l'érosion hydrique, l'érosion éolien et le phénomène d'ensablement (Benaredj *et al.*, 2010 ; Henni et Mehdadi, 2012).

Le groupe 2 est positionné sur le côté négatif de l'axe F1, il est corrélé aux stations AD et AMD. Ce groupe est représenté par un taux élevé de thérophytes (Thér: - 0,060), d'hémicryptophytes (Hém : - 0,052), de fraction grossière du sol (FG: - 0,139), de sables grossiers (SG: - 0,106), de calcaire total (CT: - 0,862) et d'argiles (A: - 0,222). Ceci exprime le degré d'ouverture du milieu qui est lié à un gradient d'aridité (dynamique régressive exprimée depuis la partie positive de l'axe vers sa partie négative).

Cette thérophytisation est une caractéristique des zones arides (Mahyou *et al.*, 2010), elle constitue une stratégie d'adaptation aux conditions défavorables et une forme de résistance aux rigueurs climatiques (Quézel, 2000; Bouazza *et al.*, 2004), ce qui témoigne de la forte pression anthropique au niveau des stations AMD et AD. Ce changement de la physionomie de la végétation est du, à notre avis, d'une part à une forte anthropisation liée surtout au pâturage, aux incendies favorisant l'accélération des processus d'érosion, et d'autre part à une sécheresse récurrente et persistante. Cela reflète bien le lien entre les types biologiques dominants et le degré de dégradation de l'environnement et les contraintes associées à chaque milieu particulier (Verlaque *et al.*, 2001; Latreche et Mehdadi, 2006). Ces observations corroborent celles faites par Henni et Mehdadi (2012) dans les formations steppiques dégradées dans la région de Saida l'Algérie occidentale.

L'ensemble de ces paramètres représentent des indices de dégradation, plus un système est influencé par l'homme plus les thérophytes et les hémicryptophytes prennent de l'importance et les géophytes régressent. Cela implique la présence des plantes xérophiles résistantes aux contraintes climatiques (sécheresse prolongée), édaphiques et à l'action anthropozoogène comme *Noaea mucronata* (Abdeslem, 2012).

Conclusion

Cette première évaluation ressort l'effet favorable de la mise en défens sur la préservation des steppes à alfa soumises à des aléas divers dans notre région d'étude, notamment à l'action anthropozoogène. En effet, l'exploitation de l'ensemble des paramètres pédologiques et biologiques pris en compte dans ce travail par l'analyse factorielle des correspondances (AFC) montre l'existence de deux groupes de paramètres: l'un corrélé à la station de mise en défens où l'alfa est développé (ABV), constitué par des variables indiquant l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol et la diversification de la végétation; l'autre groupe est corrélé aux stations non protégées où l'alfa est moyennement dégradée (AMD) et dégradé (AD), représenté par des indicateurs de dégradation du milieu. En outre, l'analyse des spectres biologiques montre la prédominance des thérophytes, notamment sur les stations dégradées. La comparaison des listes floristiques des trois stations montre une différence de similitude. Une forte similitude floristique relie les stations ABV et AMD, moyenne entre AMD et AD et faible entre ABV et AD. Ceci s'explique par la diversité spécifique beaucoup plus importante notée au niveau de la station ABV par rapport aux deux autres stations.

Enfin, cette évaluation ne représente que des résultats préliminaires, ce qui nous a incités à multiplier nos investigations pour élucider davantage l'état et l'évolution de la végétation et du sol de la steppe à *stipa tenacissima*. Pour cela, nous avons procédé à un suivi spatio-temporel de ces deux composants et dont les résultats sont présentés dans le chapitre suivant.

2. Evolution spatio-temporelle des caractéristiques floristiques et édaphiques de la zone d'étude.

2.1. Analyse des variations édaphiques

Les variations des paramètres édaphiques sont très peu perceptibles à l'échelle temporelle considérée dans ce travail. Néanmoins, il nous semble très utile de montrer l'instabilité de certaines caractéristiques édaphiques majeures observées durant les 3 années de suivi dans les trois stations étudiées (tableau 20).

Tableau 20: Variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques des sols étudiés

	Année	St1	St2	St3
Ep (cm)	2013	17	08	06
	2014	16,33	9,33	06
	2015	16,33	8,33	06
S (%)	2013	55	62,00	64,55
	2014	58	63,66	60,50
	2015	58	63,66	60,33
L (%)	2013	31,66	29,33	28
	2014	31,66	29,33	28
	2015	31	29,33	28
A (%)	2013	12	07	07
	2014	09	07	11,50
	2015	10	07	11,50
Tex	2013	Ls	Ls	Ls
	2014	Ls	Ls	Ls
	2015	Ls	Ls	Ls
MO (%)	2013	4,25	1,38	1,97
	2014	2,44	1,38	1,30
	2015	2,86	1,38	1,30
H (%)	2013	5,13	4,16	2,93
	2014	5,20	4,16	2,93
	2015	5,20	4,16	2,93
CE(%)	2013	0,03	0,07	0,27
	2014	0,04	0,08	0,27
	2015	0,04	0,08	0,27
pH	2013	8,20	8,80	8,60
	2014	8,20	8,80	8,60
	2015	8,60	8,80	8,70
CaT (%)	2013	16,78	15,59	20,07
	2014	16,44	16,59	22,39
	2015	16,44	16,59	22,39

St: station; **Ep:** l'épaisseur de l'horizon superficiel; **S:** sable; **L:** limons ; **A:** argile; **Tex:** texture; **MO:** matière organique; **H:** humidité; **CE:** conductivité électrique; **pH:** potentiel hydrogène; **CaT:** calcaire total; **Ls:** limono-sableuse.

L'épaisseur du sol des trois stations d'échantillonnage est presque constante durant la période d'observation. Cependant, elle reste toujours plus importante dans St1 (16.33 – 17.00 cm) comparativement à St2 (8.00 – 9.33 cm) et à St3 (6 cm). Le taux de la matière organique varie d'une station à une autre sur les trois années d'observation. Si bien que le taux de matière organique reste faible sur les trois stations. D'une manière globale, il est à noter qu'il reste toujours plus important dans la station 1 qui est une station protégée et ce comparativement aux stations 1 et 3. Ce taux varie légèrement entre les trois années pour les mêmes stations, exception faite pour la station 1 où la variabilité est prononcée ($P < 0,05$).

En reportant les pourcentages de chaque fraction granulométrique sur le triangle des textures, il ressort que le sol des trois stations est limono- sableux.

Pour le taux de sable, nous remarquons également une très faible variation entre les trois années d'observations pour chaque station. Cependant, ce taux est plus au moins important dans les stations 2 et 3 par rapport à la station 1.

Les mêmes constats sont notés pour les limons et les argiles dans la mesure où leur taux fluctue légèrement entre les années d'observations. Cependant, leurs taux sont plus au moins importants dans la station 1.

Le taux d'humidité est plus au moins important dans la station mise en défens (St1); ceci s'explique par l'importance du taux de recouvrement (53 %) dans cette station comparativement aux deux autres stations.

Le pH dans la plupart des échantillons est légèrement basique durant les trois années et pour toutes les stations.

Le sol des trois stations est non salin ceci est confirmé par le taux très faible de la conductivité électrique.

Le taux de calcaire total noté qualifie les sols des trois stations parmi les sols moyennement à fortement calcaires.

2.2. Analyse des variations floristiques

Les variations spatio-temporelles de la végétation des différentes stations ont été mises en évidence par la comparaison interannuelle des paramètres floristiques mesurés sur trois années (2013-2014-2015).

2.2.1. Relevés floristiques

À travers les différents relevés floristiques effectués, en 2013 le nombre total d'espèces était de 29, alors qu'il a diminué en 2014 à 22 espèces, pour augmenter en 2015 à 28 espèces. Les espèces recensées par station sont réparties respectivement sur les tableaux (21, 22, 23).

Tableau 21: Relevés phytocologiques de la Station1.

Année	2013							2014							2015						
Pente	Faible (1%)																				
Cordonnée GPS	X : 34°71'635'' Y : 000°56'576''																				
Géomorphologie	Terrain plat																				
Recouvrement de l Alfa	54%																				
Altitude	1124 m							1124m							1124m						
Relevés	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
espèces																					
<i>Achillea sp</i>	.	.	.	.	.	.	.	++	++	++	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Adonis dentata</i>	++	++	++	-	++	-	++	-	.	-	.	-	.	-	++	-	++	-	++	-	++
<i>Alyssum scutigerum</i>	-	++	-	++	++	++	-	.	.	.	-	.	-	.	-	++	-	++	++	-	++
<i>Artemisia herba alba</i>	++	++	.	++	.	.	++	.	++	.	++	++	.	++	++	.	++	.	.	.	.
<i>Aristida sahelica</i>	++	++	++		++	++	++	++	-	++	++	-	++	-	++	++	++	.	++	-	-
<i>Asphodelus microcarpus</i>	++	++	++	++	-	-	-	++	++	-	++	-	++	-	-	-	++	++	-	++	-
<i>Astragalus caprinus</i>	++	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-	++	-	++	-
<i>Borago officinalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	.	.	.		-	-	-	++	-	++	-	++	++	++
<i>Bromus rubens</i>	++	++	-	-	-	-	++	-	++	-	++	-	-	-	++	-	++	-	-	++	-
<i>Eruca vesicaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	++	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Helianthemum pillosun</i>	.	.	.	.	.	.	.	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Herniaria hirsuta</i>	++	.	++	.	++	.	++	.	.	.	++	++	.	++	.	.	.	++	++	.	++
<i>Hordeum murinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	++

<i>Iris pseudocaris</i>	+.+	+.+	+.+	.	+.+	.	.	.	+.+	+.+	.	+.+	.	.	.	.	+.+	+.+	.	+.+	.
<i>Launea nudiculis</i>	+.+	+.+	+.+	.	.	+.+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.+	.	+.+	.	+.+	.
<i>Lavandula dentata</i>	+.+	+.+	.	+.+	+.+	.	+.+	.	.	.	.	.	.	.	.	+.+	.	+.+	.	.	.
<i>Lygeum spartum</i>	+.+	.	.	+.+	.	.	+.+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.+	.	+.+	+.+	.
<i>Marrubium deserti</i>	+.+	+.+	+.+	+.+	+.+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.+	.	+.+	.	+.+	+.+
<i>Medicago hispida</i>	.	.	.	.	.	.	.	+.+	.	.	+.+	+.+	.	.	+.+	+.+	+.+	.	.	.	.
<i>Paronychea argentea</i>	+.+	+.+	.	.	.	.	.	+.+	+.+	+.+	.	.	.	.	.	+.+	.	+.+	.	+.+	.
<i>Plantago albicans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+.+	+.+	.	.	.	+.+	.	.	+.+	.	.	.	.
<i>Poa bulbosa</i>	+.+	+.+	+.+	+.+	.	.	.	.	+.+	.	+.+	+.+	.	.	+.+	+.+	.	+.+	+.+	.	.
<i>Schismus barbatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.+	.	+.+	+.+	.	+.+	+.+	+.+	.	.	.	.
<i>Reseda alba</i>	.	.	.	+.+	+.+	+.+	+.+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+.+	+.+	.	+.+	.
<i>Stipa barbata</i>	+.+	+.+	+.+	.	.	+.+	.	.	.	-	.	.	-	.	.	.	.	-	-	.	-
<i>Stipa agrostis plumosa</i>	+.+	.	+.+	.	+.+	.	+.+	.	.	.	.	.	.	.	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stipa parviflora</i>	+.+	+.+	-	-	+.+	-	+.+	-	-	-	+.+	-	+.+	-	-	-	+.+	-	+.+	-	+.+
<i>Stipa tenacissima</i>	4.3	4.2	4.2	3.4	3.4	4.3	4.4	4.3	4.4	3.2	4.3	4.2	3.4	3.4	3.4	3.4	4.4	3.4	3.3	3.2	3.4
Nombre des espèces dans les trois stations	20							18							24						

Tableau 22: Relevés phytocologiques de la station 2

Année	2013							2014							2015						
Pente	Faible (1%)																				
Cordonnée GPS	X : 34°66'99"; Y: 000°61'146"																				
Géomorphologie	Terrain plat																				
Recouvrement de l Alfa	32%																				
Altitude	1120 m																				
Relevés	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Espèces																					
<i>Adonis dentata</i>	++	++	++	-	++	-	++	-	.	-	.	-	.	-	.	-	.	-	.	-	.
<i>Alyssum scutigerum</i>	-	++	-	++	++	++	-	.	.	.	-	.	-	.	-	++	-	++	++	-	.
<i>Artemisia herba alba</i>	++	++	.	++	.	.	++	.	++	.	++	++	.	++	++	.	++	.	.	.	.
<i>Aristida sahelica</i>	++	++	++		++	++	++	++	-	++	++	-	++	-	.	.	.	.	++	-	-
<i>Asphodelus microcarpus</i>	++	++	++	++	-	-	-	++	++	-	++	-	++	-	-	-	++	++	-	++	-
<i>Atractylis humilis</i>	++	++	++	.	.	.	.	++	++	.	++	++	.	.	.	.	++	++	++	.	++
<i>Borago officinalis</i>	.	++	.	++	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Capparis spinosa</i>	++	++	.	.	++	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eruca vesicaria</i>	-	-	++	++	-	++	-	++	.	++	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Helianthemum pillosun</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	.	++	.	.
<i>Iris pseudocaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	.	++	.	.
<i>Launea nudicolis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	++	.	++	.
<i>Lygeum spartum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	++	.	++	++	.	.	.	.	.	.	.
<i>Marrubium</i>	++	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

<i>deserti</i>																						
<i>Medicago hispida</i>	.	++	++	.	++	.	.	++	.	.	++	++
<i>Noaea mucronata</i>	++	.	.	++	++	.	++	.	++	.	++	.	.	++	++	++	++	++	.	.	.	
<i>Paronichea argentea</i>	++	++	.	.	++	.	.	++	++	++	.	.	.	.	.	++	.	++	.	++	.
<i>Peganum harmala</i>	++	++	.	.	.	.	++	++	.	++	.	++	.	++	.	++	.	.	.	++	++
<i>Poa bulbosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	.	++	++	.	.
<i>Reseda alba</i>	.	.	.	++	++	++	++	.	.	++	.	++	.	++	.	++	++	.	++	.		
<i>Stipa barbata</i>	.	.	.	.	.	.	.	++	++	-	.	.	++	.	++	.	.	++	++	++	-
<i>Stipa tenacissima</i>	3.1	.	3.2	3.1	3.2	.	3.3	3.1	3.3	3.2	3.3	++	-	3.2	-	3.2	-	3.1	-	3.3	-	
<i>Thymelea microphylla</i>	++	.	++	.	++	.	++	++	.	.	.	.	++	.	.	++	++	.	.	++	++
Nombre des espèces dans les trois stations	16						14						16									

Tableau 23: Relevés phytocologiques de la station 3

Pente	1%																					
Cordonnée GPS	X: 34°41'447'';Y: 000°35'776''																					
Géomorphologie	Flat Terrain																					
Taux de recouvrement de l Alfa	14%																					
Altitude	1123 m																					
Année	2013							2014							2015							
Relevés	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
Espèces																						
<i>Alyssum scutigerum</i>	-	++	-	++	++	++	-	.	.	.	-	.	-	.	-	.	-	.	.	-	.	
<i>Artemisia herba alba</i>	++	++	.	++	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aristida sahelica</i>	++	++	++		++	++	++	.	-	.	.	-	.	-	.	.	.	.	.	-	-
<i>Asphodelus microcorpus</i>	++	++	++	++	-	-	-	.	.	-	.	-	.	-	-	-	.	.	-	.	-	
<i>Astragalus caprinus</i>	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	++		++
<i>Atractylis humulis</i>	++	++	++	.	.	.	.	++	++	.	++	++	.	.	.	.	++	++	++	.	++
<i>Borago officinalis</i>	.	++	.	++	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Helianthemum pillosun</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	.	++	.	.
<i>Lygeum spartum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	++	++	.	.
<i>Marrubium deserti</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		++	.	++	.	++	++	.
<i>Medicago hispida</i>	.	++	++	.	++	.	.	++	.	.	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.

<i>Noaea mucronata</i>	++.	.	.	++.	++.	.	++.	.	++.	.	++.	.	.	++.	++.	++.	++.	++.	.	.	.	
<i>Peganum harmala</i>	+.+	++.	.	.	.	.	++.	++.	.	.	.	.	.	.	.	++.	.	.	.	++.	++.
<i>Poa bulbosa</i>	++.	.	++.	.	++.	.	.	.	.	++.	.	++.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>senecio vulgaris</i>	.	.	.	++.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Schismus barbatus</i>	++.	++.	.	++.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++.	.	.	.
<i>Stipa tenacissima</i>	1.2	2.2	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	.	1.2	1.2	1.2	.	.	.	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	++.	.
<i>Reseda alba</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++.	.	++.	++.	.
<i>Thymeleae microphylla</i>	1.2	1.1	++.	++.	++.	1.2	++.	++.	1.1	1.1	1.2	1.1	++.	1.2	1.1	++.	++.	1.+	1.1	1.1	++.	
Nombre des espèces dans les trois stations	14							6							10							

2.2.2. Composition floristique

2.2.2.1. Distribution qualitative des familles taxonomiques et des espèces recensées

Dans le tableau 24 sont classées les familles auxquelles appartiennent les espèces inventoriées. Cet inventaire floristique est soldé par le recensement de 16 familles totalisant 36 espèces herbacées.

Les familles les plus représentées sont par ordre d'importance:

- les Poaceae : 09 espèces soit 25%
- les Asteraceae : 05 espèces soit 13.88%
- les Fabaceae : 03 espèces soit 8.33%

Les autres familles sont faiblement représentées. Les familles des Caryophyllaceae, Lamiaceae, Liliaceae comptent chacune 2 espèces soit 5.55%, alors que les familles des Chenopodiaceae, Cistaceae, Iridaceae, Malvaceae, Plantaginaceae, Ranunculaceae, Resedaceae, Thymelaeaceae, Zygophyllaceae sont monospécifiques avec un pourcentage de (2.77%).

Tableau 24: Répartition des espèces recensées en familles

Familles	Espèces	Nombre	(%)
Asteraceae	<i>Achillea sp.</i> ; <i>Artemisia herba-alba</i> ; <i>Atractylis humilis</i> ; <i>Launaea nudiculis</i> ;	04	13.88
<i>Capparidaceae</i>	<i>Capparis spinosa</i> .	01	2.77
Brassicaceae	<i>Eruca vesicaria</i> ; <i>Alyssum scutigerum</i> .	02	5.55
Poaceae	<i>Aristida sahelica</i> ; <i>Bromus rubens</i> ; <i>Hordeum murinum</i> ; <i>Lygeum spartum</i> ; <i>Poa bulbosa</i> ; <i>Schismus barbatus</i> ; <i>Stipa barbata</i> ; <i>Stipa parviflora</i> ; <i>Stipa tenacissima</i> .	09	25
Fabaceae	<i>Astragalus cruciatus</i> ; <i>Astragalus caprinus</i> ; <i>Medicago hispida</i> .	03	8.33
Caryophyllaceae	<i>Paronychia argentea</i> ; <i>Herniaria hirsute</i> .	02	5.55
Boraginaceae	<i>Borago officinalis</i> .	01	2.77
Cistaceae	<i>Helianthemum virgatum</i> .	01	2.77
Plantaginaceae	<i>Plantago albicans</i> .	01	2.77
Lamiaceae	<i>Lavendula dentata</i> , <i>Marrubium desertis</i> .	02	5.55
Liliaceae	<i>Asphodelus microcarpus</i> ; <i>Iris pseudocaris</i> .	02	5.55
Chenopodiaceae	<i>Noaea mucronata</i> .	01	2.77
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i> .	01	2.77
Iridaceae	<i>Iris sisyrinchium</i> .	01	2.77
Resedaceae	<i>Reseda alba</i> .	01	2.77
Ranunculaceae	<i>Adonis dentata</i> .	01	2.77
Thymelaeaceae	<i>Thymelaea microphylla</i> .	01	2.77

2.2.2.2. Distribution quantitative des familles taxonomiques et des espèces recensées

La distribution quantitative des familles taxonomiques et des espèces recensées durant les trois années de suivi est représentée sur le tableau 25.

Tableau 25: Nombre de familles et d'espèces dans les trois stations

	Station 1		Station 2		Station 3		Total	
Année	Familles	Espèces	Familles	Espèces	Familles	Espèces	Familles	Espèces
2013	09	20	12	16	10	14	12	29
2014	07	18	09	14	05	05	08	22
2015	11	24	08	16	06	10	14	28

Nous avons recensé en 2013 un nombre total d'espèces de 29 appartenant à 12 familles. Ce total chute en 2014 à 22 espèces appartenant à 08 familles avec apparition de la famille des Resedaceae (*Reseda alba*) pour augmenter en 2015 à 28 espèces appartenant à 14 familles avec l'apparition de certaines espèces annuelles absentes au moment des relevés en 2013 comme *Helianthemum virgatum*, *Paronichea. sp* etc. en provoquant ainsi une fluctuation de la richesse spécifique des stations. Les Poaceae, les Asteraceae et les Caryophyllaceae restent toujours les familles dominantes dans toutes les stations et durant les trois années. D'autre part, le nombre d'espèces est toujours élevé dans la stations 1 par rapport aux stations 2,3 (fig. 17, 18).

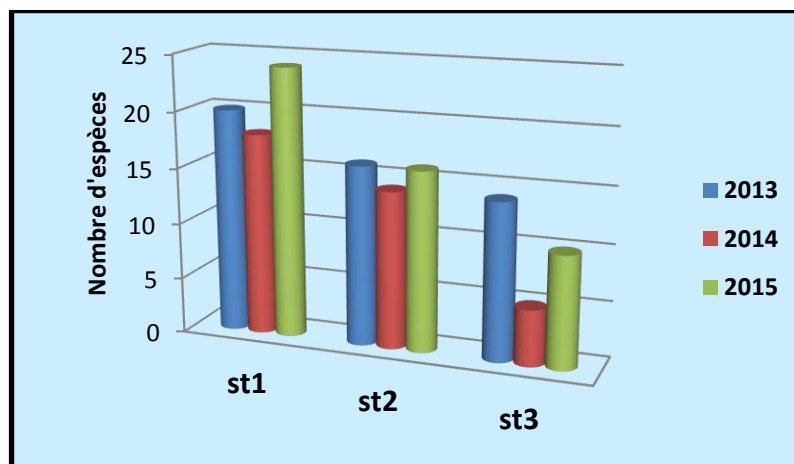


Figure 17: Les variations du nombre d'espèces inventoriées dans les stations Etudiées durant les trois années de suivi (2013- 2014 -2015)

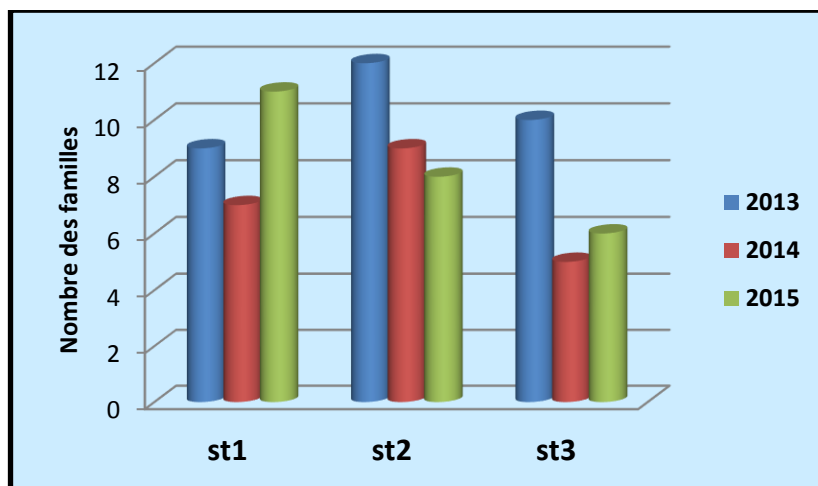


Figure 18: Variations du nombre de familles taxonomiques inventoriées dans les stations étudiées durant les trois années (2013- 2014 -2015).

st: Station

2.2.3. Caractérisation biologique

Les différents types biologiques des stations étudiées connaissent des fluctuations durant les 3 années (fig.19). Les thérophytes et les chaméphytes sont toujours majoritaires et occupent une grande part dans la composition du couvert végétal. Les thérophytes (Th) représentent le type biologique dominant notamment dans la St2 en 2013 avec un taux maximum de 50 %, 42,85% dans la St3 et 30% dans la St1. L'installation et la prédominance des thérophytes s'expliquent par l'aridité du climat et de l'anthropisation, signalée par de nombreux auteurs (Gounot, 1969; Daget, 1980; Barbero *et al.*, 1990; Mahyou *et al.*, 2010). Les chaméphytes sont très présents avec un taux de présence maximum de 60 % dans la St3, 43,7% dans la St3 et qui progressent dans les trois stations durant les trois années de 30% en 2013 à 34% en 2014 et de 30% dans la St1 en 2015. L'abondance des chaméphytes est due à leurs traits adaptatifs aux situations d'aridité du site (Floret *et al.*, 1990 ; Danin *et al.*, 1990; Jauffret & Visser, 2003). Comparativement aux thérophytes et aux chaméphytes, les hémicryptophytes et les géophytes (Géo) sont faiblement représentés dans les trois stations durant les trois années d'observations, confirmant ainsi leur régression dans les pelouses et les zones steppiques (Henaoui et bouazza, 2012; Merioua *et al.*, 2013).

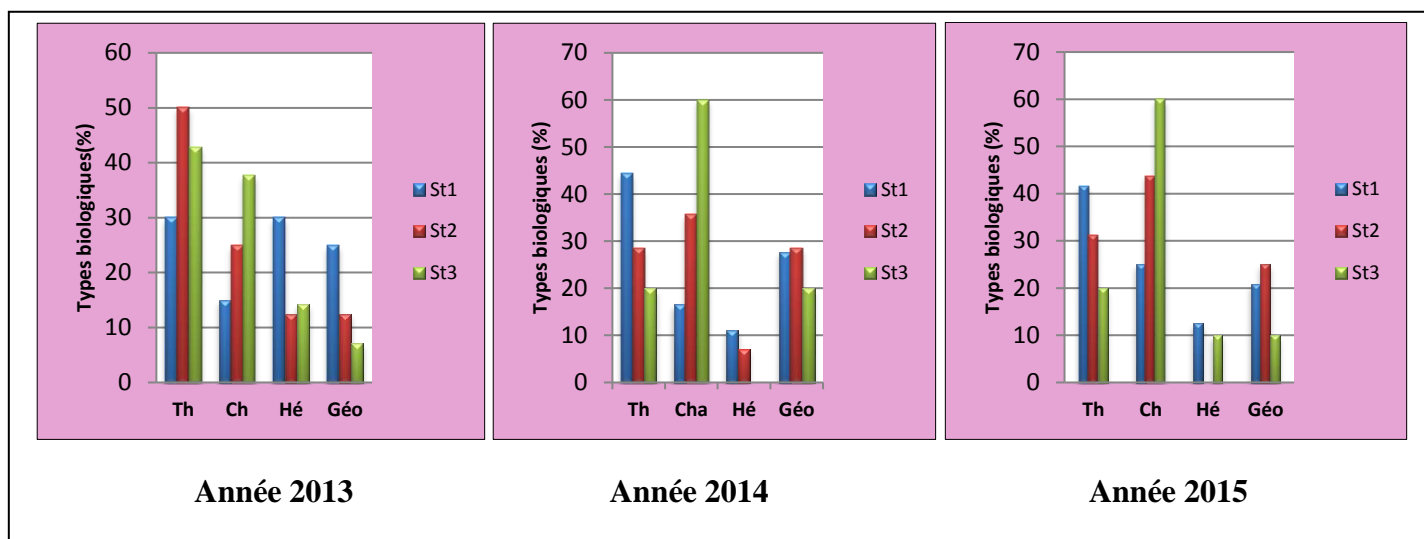


Figure 19: Spectres biologiques des trois stations durant les trois années (2013- 2014 -2015).

Th: thérophytes; **Hé:** hémicryptophytes; **Ch:** chaméphytes; **Géo:** géophytes

1.2.4. Caractérisation biogéographique

Les types biogéographiques adoptés sont saisis sur la nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales de Quézel et Santa (1962-1963). Le cortège floristique steppique est caractérisé par des taxa de différentes origines indiquant la distribution phytogéographique de chaque station (fig. 20). Nous notons la dominance des taxons à répartition méditerranéenne, à savoir 31,03% pour St1; 34,78% pour St2 et 27,18% pour St3 suivi par les sous-éléments Méditerrané-Sahara-Sindienne soit de 22% pour St2 17% pour St3 et 14% pour St1 %. En troisième position l'élément endémique nord africain avec 14% pour St1, 17% pour la St3 et 9% pour la St2. En quatrième position l'élément paléo-Tempéré avec 7% pour St1, 7% pour la St3 et 4% pour la St2, cinquième position l'éléments Sub-Méditerranéen avec 14% pour St1, 17% pour la St3 et 9% pour la St2, et pour les autres éléments telque Sub-Méditerranéen, Euro-Asiatique, Macaron-Méditerranéen, Méditerrané-Irano-Touranien, Ibéro-Mauritanien sont faiblement représentés avec moins de 1 taxon, mais malgré leurs faibles participations, ils contribuent à la diversité et à la richesse du potentiel phytogénétique de la région steppique. Ces résultat est en accord avec celui de Arabi (2016) et Bekkouche (2016).

Selon Quézel (1985), sur le pourtour méditerranéen, les multiples événements paléogéographiques et les cycles climatiques contrastés ont aussi permis l'émergence de cette biodiversité inhabituellement élevée.

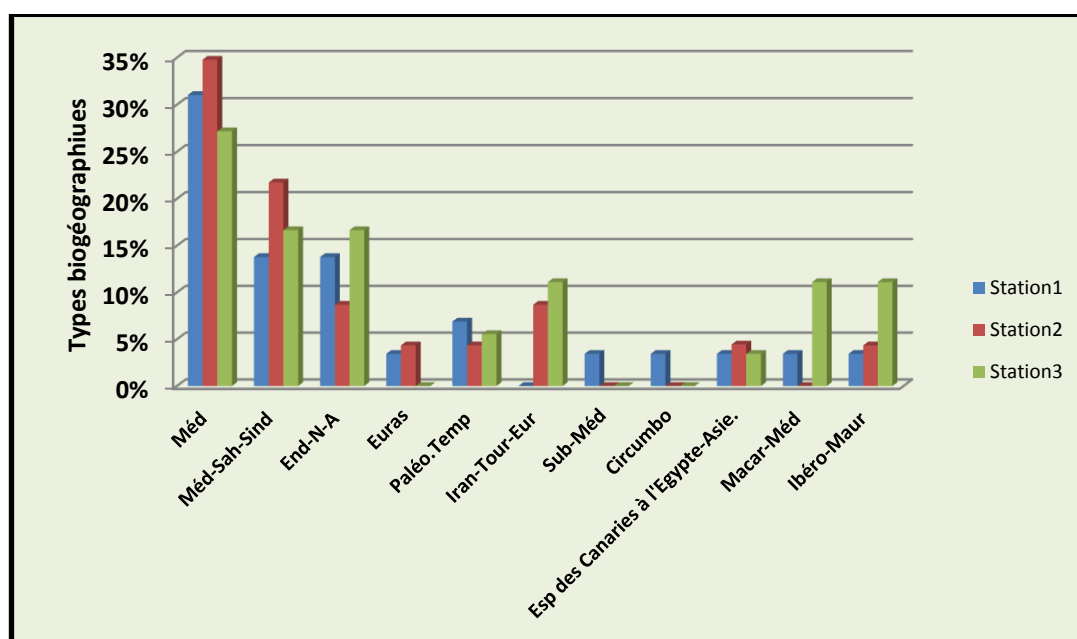


Figure 20: Répartition du type biogéographique de la zone d'étude.

Med: Méditerranéen; **Med-Sah-Sind:** Méditerrané-Sahara-Sindienne; **End-N-A:** Endémique Nord Africain ; **Med-Iran-Tour:** Méditerrané-Irano-Touranien; **Canar med:** Canar-Méditerranéen; **Sub Med:** Sub-Méditerranéenne; **Euras:** Euro-Asiatique; **Paleo.Temp:** Paléo-Tempéré; **Sub-Med:** Subméditerranéen; **Macar-Med:** Macaron-Méditerranéen; **Ibero-Mauri:** Ibéro-Mauritanien

2.2.5. Fréquence d'apparition des espèces inventoriées par station

Selon la fréquence d'apparition des espèces inventoriées dans les différents relevés floristiques, nous pouvons distinguer cinq classes d'espèces:

La station 1 est représentée par 5 classes. 17,28 % d'espèces très rares, 46,42% des espèces rares ou accidentelles, 28,57% des espèces fréquentes, 3,57% des espèces abondantes et 3,57% des espèces très abondantes ou constantes.

La station 2 est représentée par 4 classes. 30,43% d'espèces très rares, 26,08% d'espèces rares ou accidentelles, 34,78% d'espèces fréquentes et 4,34% d'espèces abondantes de la flore recensée. La station 3 est représentée par 3 classes : 52,63% d'espèces très rares, 26,31% d'espèces rares ou accidentelles, 10,52% d'espèces fréquentes et 10,34% d'espèces abondantes (fig. 21).

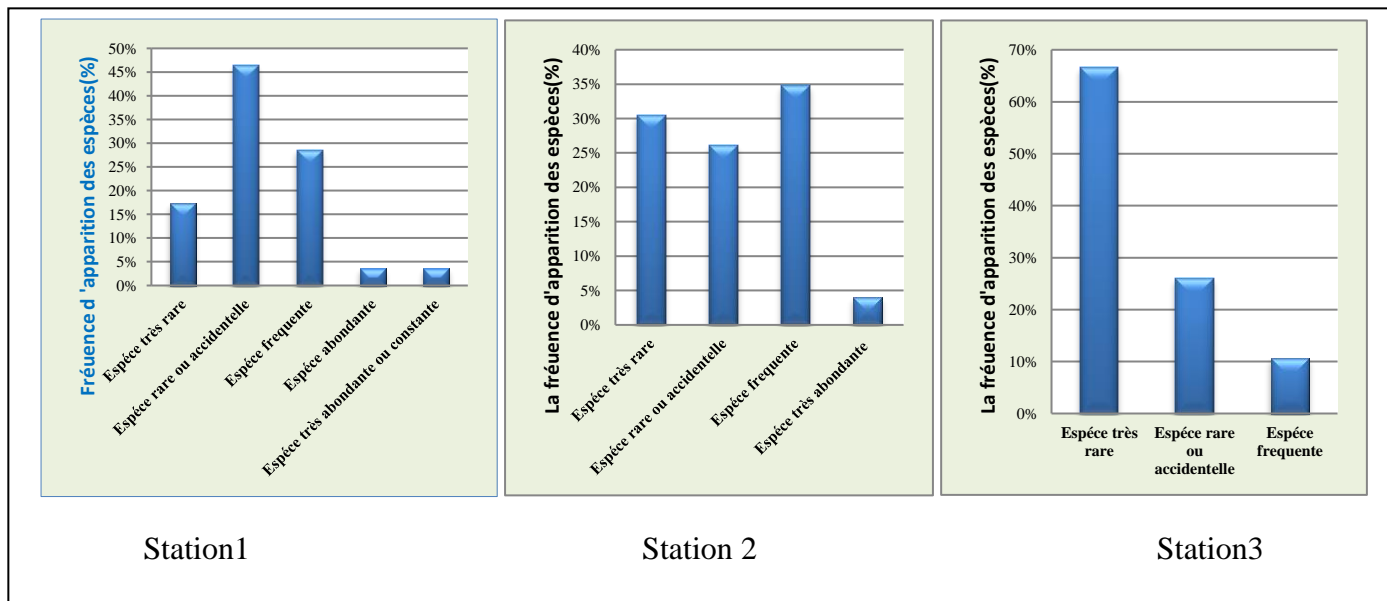


Figure 21: Distribution des classes de fréquence d'apparition des espèces dans les trois stations étudiées.

2.2.6. Indice de perturbation

Les valeurs de l'indice de perturbation évalué pour chaque station sont représentées par la figure 22. Pour l'ensemble des stations, cet indice devient important quand le milieu est de plus en plus dégradé. En effet, pour la station de mise en défens (St1), il est de 50 %, alors qu'il atteint 56 % et 66 % pour les stations St2 et St3 qui sont respectivement moyennement dégradée et dégradée. Cette zone connaît donc une inquiétante et forte dégradation engendrée par l'action de l'homme qui est nettement visible (défrichement, pâturages...). Ces taux enregistrés montrent la forte pression anthropozoogène que subissent ces formations steppiques.

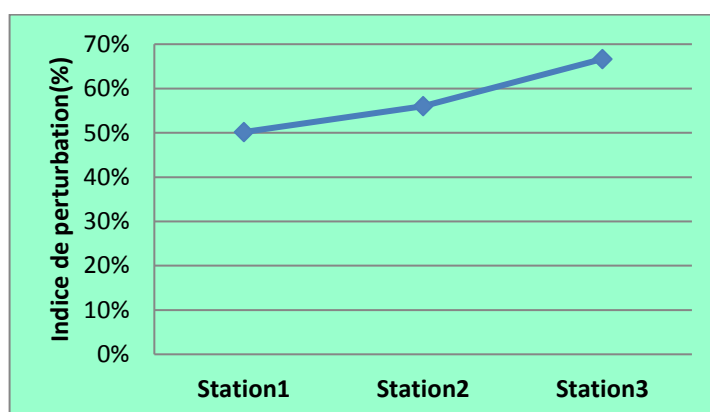


Figure 22: Indice de perturbation

2.2.7. Exploitation et traitement des données

2.2.7.1. Evaluation de la diversité spécifique

Le calcul de l'indice de diversité de Shannon montre sur les trois années d'étude, une diversité spécifique meilleure dans la Station 1 avec des valeurs supérieures à 4 bits/individu avec un maximum de 4,83 bits/individu, et une diversité faible dans les stations 2 et 3 avec un indice de diversité de Shannon inférieur à 3 bits/individu (tableau 26). En effet, la diversité est faible lorsque l'indice de diversité est inférieur à 3 bits/individu, moyenne quand il est compris entre 3 et 4 bits/individu et forte quand il est supérieur ou égal à 4 bits/individu (Hounnankpon *et al.*, 2012). De même le calcul de l'indice d'équitabilité montre des valeurs faibles pour la St1 ce qui reflète une bonne répartition des espèces qui sont inventorier. Contrairement à la St 2 et St 3 où l'équitabilité est relativement grande et très proches oscillent entre 0,13 et 0,43. Ce qui explique une répartition équitable des espèces dans ces dernières et une faible distribution des espèces recensées. Ces variations de l'indice de l'équitabilité sont liées principalement aux multiples pressions par l'homme kadi Hanifi *et al.*,(1998)

Tableau 26: Indices de diversité de Shannon et d'équitabilité des trois stations
(Années 2013-2014-2015).

	2013			2014			2015		
	St1	St2	St3	St1	St2	St3	St1	St2	St3
Indice de Shannon (bits/individu)	4,83	2,92	2,53	4,17	2,22	1,49	4,68	2,72	1,87
Indice d'équitabilité	0,08	0,19	0,44	0,01	0,13	0,34	0,05	0,18	0,43

St : station

2.2.7.2. Evaluation de la similarité de la composition floristique

Les indices de Sorensen et de Jaccard (tableau 27) calculés entre les trois couples des listes floristiques des trois stations montrent une décroissance de la similarité de la composition spécifique entre les stations 1, 2 et 3. Une moyenne similarité caractérise les stations 1 et 2, la plus faible similarité est notée entre les stations 1 et 3 durant la période de suivi.

Tableau 27: Coefficients de similarité des trois stations.

coefficient de similarité	Année	St1 -St2	St1 –St3	St2 –St3
Indice de Sorensen	2013	0 ,27	0,11	0,46
	2014	0,50	0,07	0,20
	2015	0,31	0, 11	0,30
Indice de Jaccard	2013	0,16	0,16	0,30
	2014	0,33	0,03	0,11
	2015	0,18	0,06	0,18

St: station

2.2.8. Synthèse des données édaphiques et floristique

Pour illustrer l'ensemble des résultats obtenus, une analyse factorielle de correspondance a été effectuée (AFC) (fig.23), le plan F1/F2 a été retenu étant donné qu'il apporte un maximum d'information sur les corrélations existantes entre les stations d'échantillonnage et les différents paramètres édaphiques et floristiques mesurés. En tenant compte des contributions que prennent ces paramètres, deux groupes se distinguent sur l'axe F1 qui représente le plus fort taux d'inertie (68,20 %)

- le groupe 1 (Gr1) positionné sur le côté négatif, il est corrélé aux stations St.1.13 , St2.13, St.1.14 et St1.15 et il est constitué par: un meilleur taux de recouvrement de *Stipa tenacissima* (TR: - 0,493), une prédominance des Hémicryptophytes (Hé: - 0,424), des géophytes (Géo: -0,114) et par un taux élevé de thérophytes (TH: -0,103), un meilleure épaisseur profil de l'horizon superficiel du sol (PR: -0,316), un meilleur taux d'humidité du sol (HUM: - 0,102) et un taux de matière organique élevé (MO: - 0,278).
- le groupe 2 Gr 2 positionné sur le côté positif de l'axe F1, il est corrélé aux stations St.2.15, St.2.14, St3.13, St.3.15, St.3.14. Ce groupe est représenté par un taux élevé de chaméphytes (CHA: 0,516), de sables (SB: 0,106), de limons (LM: 0,032), Calcaire total (CaT: 0,197) et d'argiles (AR: 0,092).

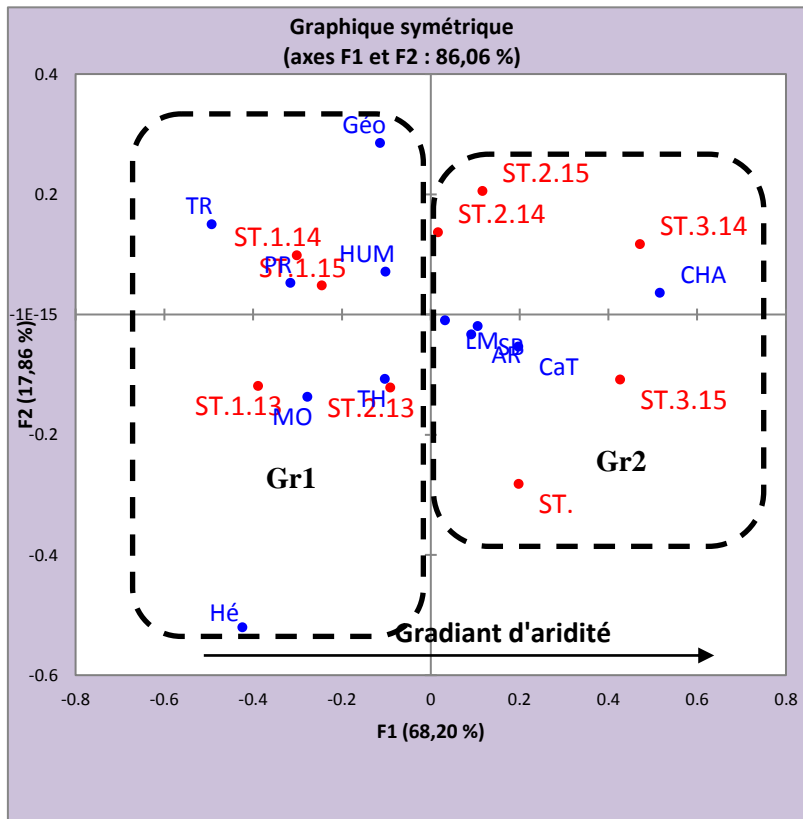


Figure 23: Analyses factorielle des correspondances.

Gr1: groupe1; Gr2: groupe2; ST.1.13: station 1 à alfa bien développé (année 2013); **ST.2.13:** station 2 à alfa moyennement dégradé (année 2013), **ST.3.13:** station 3 à alfa dégradé (année 2013); **ST.1.14:** station 1 à alfa bien développé (année 2014); **ST.2.14:** station 2 à alfa moyennement dégradé (année 2014), **ST.3.14** station 3 à alfa dégradé (année 2014); **ST.1.15:** station 1 à alfa bien développé (année 2015); **ST.2.15:** station 2 à alfa moyennement dégradé (année 2015), **ST.3.15** station 3 à alfa dégradé (année 2015); **CHA:** chaméphytes; **Hé:** hémicryptophytes; **TH:** thérophytes ; **Géo:** géophytes; **TR:** taux de recouvrement; **HUM:** humidité du sol; **A:** argile; **LM:** limons; **MO:** matière organique; **SB:** sables; **CaT:** calcaire total; **PR:** épaisseur de l'horizon superficiel du sol.

2. 3. Discussion

2.3.1. Variation spatio-temporelle des paramètres édaphiques

Les variations des paramètres édaphiques sont très peu perceptibles à l'échelle spatio-temporelle. Néanmoins, il nous semble très utile de montrer l'instabilité de certaines caractéristiques édaphiques majeures observées durant les 3 années de suivi dans les trois stations étudiées (tableau 20).

La profondeur du sol reste toujours plus importante dans St1 est de 17 cm et qui est faible pour les autres stations durant la période d'observation. La composition de cet horizon joue un rôle important sur le comportement de la végétation; en outre, les perturbations humaines, agricoles ou pastorales et la plupart des descripteurs du sol concernent donc surtout l'horizon superficiel (Devineau, 2001). Cela s'expliquerait par le pourcentage élevé du sol nu qui est exposé en permanence aux différents facteurs d'érosion et au piétinement du cheptel (Bekkouche, 2014). Le taux de matière organique diminue progressivement dans toutes les stations. Pour la St 1 le taux de matière organique est de 4,25% en 2013 puis il diminue à un taux 2,44% en 2014 et de 2,86% en 2015. Les taux de matière organique les plus faibles sont mesurés dans les stations 2 et 3 avec des pourcentages se situant entre 1,38% durant les trois années pour la St2 et 1,97% en 2013 et diminuent de nouveau en 2015 à un taux 1,30% dans la St3. Les variations des taux de matière organique semblent liées à la nature du sol des stations au cours des années dans toutes les stations, ce qui peut être expliqué par la texture grossière qui favorise la dégradation et la migration en profondeur de la matière organique. Ces données sont comparables à celles obtenues par Pouget (1980) et Saidi et Mehdadi (2012) dans la steppe Sud-Algéroise où ils donnent un intervalle de valeurs variant de 0,5 à 3%. Cette constatation a été faite également dans les travaux de Latreche (2004) et de Djennan (2015) dans la région steppique de Ras El Ma ainsi que Henni et Mehdadi (2012), Arabi (2014), Chalane *et al.* (2015) dans la région de Saida (ouest algérien).

Nous remarquons aussi une légère augmentation du taux de sables avec un taux qui varie entre 55% et 58% dans la St1, 62% à 63,66% dans la St2 et dans la St3 avec un taux qui varie entre 64,55% et 60,33% une très faible variation entre les trois années. L'ensablement qui y a été observé n'est pas dû à une dégradation interne à la parcelle mais provient des steppes voisines en voie de dégradation depuis plus longtemps comme indiqué par l'évaluation de 1976-1977 (Aidoud *et al.* 1981). Les conditions édaphiques sont défavorables en conséquence de l'aridité du climat et le taux élevé de sables qui augmentent l'évapotranspiration et diminuent la teneur en matière organique.

Le taux de limons reste presque stable dans les trois stations (1, 2, 3) où il atteint 31,66% et 29,33% et 28% respectivement. Nous constatons une légère augmentation du taux d'argile dans la St3 à des valeurs allant de 7% en 2013 à 11,5% en 2014 et 2015 et reste stable pour St2 durant les trois années, alors qu'il est instable dans la St1.

En rapportant ces résultats sur le triangle des textures, il ressort que les trois stations 1, 2, 3 est limono-sableuse, ce qui concorde avec les résultats obtenus par Djebaili (1978) sur les steppes Sud-Oranaises. D'après Halitim *et al.* (2009), la texture limono-sableuse a une certaine sensibilité à l'érosion

éolienne, ce qui permet d'avancer que notre zone d'étude présente une sensibilité moyenne à forte au phénomène de désertification.

Le taux d'humidité dans l'ensemble des stations est stable durant les trois années passe respectivement de 5,2%, 416%, 2,93% dans les stations 1, 2, 3. Ces changements suivent les variations de la pluviométrie qui ont précédé la période de prélèvement des échantillons de sol. Ces variations interannuelles des précipitations jouent un rôle primordiale dans le fonctionnement des écosystèmes en zone aride (Aidoud *et al.*, 2006). D'autre part, les sols de St1 conservent toujours une humidité élevée en raison du bon recouvrement du sol.

Le pH dans la plupart des échantillons est légèrement basique durant les trois années et pour toutes les stations. Le pH n'est pas une caractéristique stable du sol, mais dépend des différents cations absorbés, la nature de la couverture végétale ainsi que des conditions climatiques (Dajoz, 1982); il est lié aussi à la quantité du calcaire présent dans le sol, et dépend de la présence du complexe argilo-humique (Huetz Delemps, 1980).

Conductivité électrique est faible durant les trois années pour toutes les stations ce qui confirme que le sol des trois stations est non salin.

Le taux de calcaire total allant de 16,78% en 2013 et 16,44% en 2014, 2015 pour la St1. Ils augmentent à des taux variant entre 15,59% en 2013, 16,59% en 2014 et 2015 pour la St2 en passant par des taux de l'ordre de 20,07% en 2013 à 22,39% en 2014 et 2015 pour la St 3, qualifiant ces sols parmi les sols moyennement à fortement calcaires. Cette teneur se trouve liée à la nature de la roche mère qui est souvent calcaire, alimentant le sol en carbonate de calcium (CaCO_3) (Sari, 2004) et qui explique l'alcalinité du pH (Bernoux, 2008 ; Hasnaoui, 2008).

Les analyses pédologiques effectuées ne font que confirmer les études déjà faites auparavant sur ces milieux steppiques qui sont caractérisés par une déficience remarquable en éléments essentiels à la pédogénèse et une mauvaise stabilité structurale et à la faible activité biologique. Ces facteurs agissent négativement sur l'évolution du sol ce qui accélère le phénomène de désertification Yahiaoui *et al.*, (2014).

2.3.2. Les variations spatio-temporelles floristiques

À travers les différents relevés floristiques effectués tableaux (21, 22, 23) , nous avons recensé en 2013 le nombre total d'espèces est de 29 appartenant à 12 familles, alors qu'il diminue en 2014 à 22 espèces appartenant à 08 familles avec apparition de la famille des Resedaceae (*Reseda alba*), pour augmenter en 2015 à 28 espèces appartenant à 14 familles avec l'apparition de la famille Santalaceae (*Thesium humile*) et la réapparition de certaines espèces annuelles absentes au moment des relevés en 2013, (*Helianthemum virgatum*, etc.) en provoquant ainsi une fluctuation de la richesse spécifique des stations. Les Poaceae, les Asteraceae, et les Caryophyllaceae restent toujours les familles dominantes

dans toutes les stations et durant les trois années. D'autre part, le nombre d'espèces est toujours élevé dans les stations 1 par rapport aux stations 2 et 3.

Les différents types biologiques des stations étudiées connaissent des fluctuations durant les 3 années (fig.19). Les thérophytes et les chaméphytes sont toujours majoritaires et occupent une grande part dans la composition du couvert végétal. Les thérophytes (Th) représentent le type biologique dominant notamment en 2013 avec un taux de présence maximum de 50 % dans la St2, un taux de présence de 42,85% dans la St3 et avec un taux de présence de 30% dans la St1. Leur présence est très forte à cause de l'aridité du climat, signalée par de nombreux auteurs (Gounot, 1969; Daget, 1980; Barbero *et al.*, 1990; Dahmani- Megrourouche, 1997; Kadi-Hanifi, 1998, Lahmar *et al.*, 2016) et de l'anthropisation (Grime, 1977). Les chaméphytes sont très présents dans les stations avec un taux de présence maximum de 60 % dans la St3 et un taux de présence de 43,7% dans la St3 et qui progressent dans les trois stations durant les trois années de 30% en 2013 à 34% en 2014 et de 30% dans la St1 en 2015. L'abondance des chaméphytes est due à leurs traits adaptatifs aux situations d'aridité du site (Floret *et al.* 1990 ; Danin *et al.* 1990 ; Jauffret & Visser 2003). Les hémicryptophytes tendent à diminuer dans les trois stations avec un taux de présence maximum de 30 % dans la St 1 en 2013 et qu'il atteint un taux % dans la St3 en 2014 et la dans la St2 en 2015. Les géophytes (Géo) présentent un taux de présence maximum de 28,5% pour St2 en 2014 sont moyennement représentés dans St2 un taux de présence 12, 5% et sont très faiblement rencontrées avec des taux inférieurs 10% dans St3. confirmant ainsi leur régression dans les pelouses et les zones steppiques (Barbero *et al.*, 1989). L'analyse biogéographique de la flore actuelle est susceptible de fournir de précieux renseignements sur les modalités de leur mise en place dans un milieu steppique. Elle constitue un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (Olivier *et al.*, 1995). Pour Quézel (1991) une étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité.

L'analyse biogéographique de la flore actuelle est susceptible de fournir de précieux renseignements sur les modalités de leur mise en place dans un milieu steppique. Elle constitue un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (Olivier *et al.*, 1995). Pour Quézel (1991) une étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité. Nous notons la dominance des taxons à répartition méditerranéenne, à savoir 31,03% pour St1; 34,78% pour St2 et 27,18% pour St3 suivi par les sous-éléments Méditerrané-Sahara-Sindienne soit de 22% pour St2 17% pour St3 et 14% pour St1 %. En troisième position l'élément endémique nord Africain avec 14% pour St1, 17% pour la St3 et 9% pour la St2. En quatrième position l'élément paléo-Tempéré avec 7% pour St1, 7% pour la St3 et 4% pour la St2, cinquième position l'éléments Sub- Méditerranéen avec 14% pour St1, 17% pour la St3 et 9% pour la St2. Les méditerrané-irano-touraniennes qui sont absent dans la St1 faiblement représentées avec 9% pour St2, 11% pour St3

le faible pourcentage obtenu rejoint les conclusions de Aidoud (1983), qui parle d'une faible contribution des irano-touraniennes dans les groupements steppiques du sud oranais. Les autres types sont moins représentés selon Quézel *et al.* (1992), l'existence de divers ensembles biogénétique et biogéographique constitue un des facteurs essentiels pour expliquer la richesse en espèce dans la région méditerranéenne.

Selon la fréquence d'apparition des espèces inventoriées dans les différents relevés floristiques, montre pour La stations1 est représentée par cinq classes: 17.28 % d'espèces très rares, 46,42% des espèces rares ou accidentelles, 28,57% des espèces fréquentes, 3,57% des espèces abondantes et 3,57% des espèces très abondantes ou constantes. La station 2 représente 4 classes. 30.43% d'espèces très rares, 26,08% d'espèces rares ou accidentelles, 34,78% d'espèces fréquentes et 4,34% d'espèces abondantes de la flore recensée et pour la station 3 représente 3 classes. 52.63% d'espèces très rares, 26,31% d'espèces rares ou accidentelles, 10,52% d'espèces fréquentes et 10,34% d'espèces abondantes de la flore recensée. De ce constat, il ressort que les espèces auraient tendance à disparaître due à plusieurs facteurs (génétique, écologique) ce qui expliquerait la dégradation du sol provoquée par la réduction d'un couvert végétal pérenne qui joue un rôle primordiale dans la fixation et la conservation des sols au niveau de ces régions steppiques.

Pour l'indice de perturbation évalué montre pour l'ensemble des stations, cet indice devient important quand le milieu est de plus en plus dégradé. En effet, pour de mise en défens (St1), il est de 50 %, alors qu'il atteint 56 % et 66 % pour les stations St2 et St3 qui sont respectivement moyennement dégradée et dégradée ce qui explique que l'écosystème est plus influencé par l'homme (pâturage, culture). Ceci rejoint les travaux d'El Hamrouni (1992) en Tunisie, où il y a obtenu 70% comme valeur forte et les travaux de Henaoui et Bouazza (2012), Bekkouche (2016) dans la région de Tlemcen.

Cette composition floristique reflète une diversité moyenne caractérisant la majorité des stations et confirmée par les valeurs de l'indice de diversité de Shannon qui sont d'environ 3 bits/individu (tableau 26). Selon Hounnankpon *et al.* (2012) « *la diversité est faible lorsque l'indice de diversité est inférieur à 3bits/inividu, moyenne si cet indice est compris entre 3 et 4 bits/individu puis élevée quand cet indice est supérieur ou égale à 4 bits/individu* », Selon ces résultats, les valeurs de l'indice de Shannon. Ou sont supérieures à 3 bits/individu avec un maximum de 3,8 bits/individu dans la St 1 en 2013 et de 3,2 bits/individu en 2014 et de 3,5 bits/individu en 2015 et une diversité faible avec un indice de diversité de Shannon varient entre 2,1 bits/individu et 2, 9bits/individu dans St 3, St 2 qui présentent durant les 3 années.). Ces données confirment bel et bien l'intérêt de la mise en défens dans la remontée biologique et ce, comparativement aux stations 2 et 3 qui sont soumises à la pression anthropozoogène. Ce constat

est également noté dans les travaux de Henni et Mehdadi (2012), Chalane *et al.* (2015) et de Saidi et Mehdadi (2015).

Le calcul de l'indice d'équitabilité montre des valeurs faibles pour la St1 ce qui reflète une bonne répartition des l'espèce qui sont inventorier. Contrairement à la St 2 et St 3 où l'équitabilité est relativement grande résultant d'une faible distribution des espèces recensées. Ces variations de l'indice de l'équitabilité sont liées principalement aux multiples pressions par l'homme.

En tenant compte des contributions que prennent les paramètres édaphiques et floristiques analysés par l'AFC Les groupres sont formés selon les coordonnées des colonnes et des lignes sur l'axe F1 puisque il représente le plus fort taux d'information (68,20 %): le groupe 1 (Gr1) est positionné sur le côté négative il est corrélé aux stations St.1.13, St2.13, St.1.14 et St1.15 est constitué par: un meilleur taux de recouvrement de *Stipa tenacissima* (TR: -0,493), une prédominance des Hémicryptophytes (Hé: -0,424), des géophytes (Géo: -0,114), et par un taux élevé de thérophytes (TH: -0,103),un meilleure profil de l'horizon superficiel du sol (PR: -0,316), un meilleur taux de L'humidité du sol (HUM: -0,102)et un taux de matière organique élevée (MO: -0,278).

L'ensemble de ces paramètres traduisent l'effet favorable de la mise en défens sur la remontée biologique et sur l'amélioration de certains paramètres édaphiques (Slimani *et al.*, 2010 ; Lahmar *et al.*, 2016).

La mise en défens serait donc un moyen de lutte contre la dégradation de l'écosystème steppique, et protège le sol contre l'érosion hydrique, l'érosion éolien et le phénomène d'ensablement (Yahiaoui, 2014; Henni et Mehdadi, 2014).

Le groupe 2 (Gr 2) est positionné sur le côté positive de l'axe F1, il est corrélé aux stations St.2.15, St.2.14, St3.13, St.3.15, St.3.14 qui se caractérisent par un niveau de pâturage intense. Ce groupe est représenté par un taux élevé de chaméphytes (CHA: 0,516-), de sables (SB: 0,106), de limons (LM: 0,032), Calcaire total (CaT: 0,197) et d'argiles (AR: 0,092).Ceci exprime le degré d'ouverture du milieu qui est lié à un gradient d'aridité (dynamique régressive exprimée depuis la partie négative) de l'axe F1 vers sa partie positive.

CONCLUSION

Conclusion

L'objectif de cette étude est d'évaluer les variations spatiotemporelle édapho-floristiques de la steppe à alfa de la région de Maâmora (wilaya de Saida, Algérie occidentale), au niveau de trois stations choisies en fonction du taux de recouvrement de la végétation et l'état de dégradation de l'alfa: une station mise en défens où l'alfa est bien développé (St1), une station où l'alfa est moyennement dégradé (St2) et une station où l'alfa est dégradé (St3).

Les analyses pédologiques montrent que le sol des trois stations est de texture limono-sableuse, peu profond avec un horizon superficiel peu épais, faiblement humidité, pauvre en matière organique, calcaire, non salin et à pH alcalin. Conformément à nos analyses, l'évolution de ces paramètres reste peu perceptible durant notre période d'observation.

L'analyse de la composition floristique des trois stations étudiées nous a permis de quantifier la richesse et la diversité floristique de la zone steppique étudiée, Un taux maximum de 29 taxons répartis sur 12 familles en 2013 qui a chuté en 2014 avec 22 taxons répartis sur 08 familles puis qui a augmenté de nouveau en 2015 avec 28 taxons répartis sur 14 familles et correspondant à l'année où la pluviométrie était importante (488,5mm en 2013 et 393,6mm en 2015.) et ce, contrairement à l'année 2014 où la sécheresse était prononcée (295,9mm).

L'ensemble des espèces inventoriées sont réparties sur plusieurs familles botaniques dont les plus représentatives sont les Poacées, les Asteracées, les Caryophyllacée et les autres familles sont faiblement représentées.

L'analyse des spectres biologiques montre la prédominance des thérophytes, notamment sur les trois stations durant les trois années d'étude. Si les Thérophytes sont dominants au niveau de notre zone d'étude c'est surtout en raison du surpâturage fréquent, des feux et de l'intervention anarchique et irresponsable de l'homme.

L'analyse du spectre biogéographique dans la zone d'étude montre une contribution des méditerranéennes au tapis végétale et en corrélation avec le facteur anthropique puisqu'on assiste à leurs décroissance tout allant vers les milieux le plus anthropisés.

Pour la fréquence d'apparition des espèces récenceés dans notre zone d'études montre une disparition des espèces due à l'intervention de plusieurs facteurs ce qui expliquerait la dégradation du sol provoquée par la réduction d'un couvert végétal qui joue un rôle très important dans la fixation des sols au niveau de ces régions steppiques.

Pour l'indice de perturbation montre pour l'ensemble des stations un déséquilibre significatif du milieu est de plus en plus dégradé. Ce qui explique que l'écosystème est plus influencé par l'homme (pâturage, culture).

A travers les résultats obtenus pour l'indices de Shannon, une diversité meilleur caractérise la station 1 et contrairement à la station 2,3 d'où la diversité est faible. Ces données confirment l'intérêt de la mise en défens dans la remontée biologique et ce, comparativement aux stations 2 et 3 qui sont soumises à la pression anthropozoogène.

À l'issue de l'analyse de l'indice d'équitabilité nous avons notés une faible valeur pour la station 1, due à une bonne répartition des espèces recensés et une forte valeur de l'indice d'équitabilité pour les stations 2, 3 cette augmentation est néanmoins perceptible allant vers les milieux le plus anthropisés.

L'évolution du climat n'est évidemment pas à exclure: à une période hivernale et printanière relativement humide succède une période de sécheresse assez longue allant de six à sept mois, voire un peu plus, le reste de l'année.

L'exploitation de l'ensemble des paramètres pédo-biologiques par l'AFC montre l'existence de deux groupes de paramètres : le groupe 1 positionné sur le côté négatif corrélé aux stations St.1.13, St.2.13, St.1.14 et St.1.15 est constitué par: un meilleur taux de recouvrement de *Stipa tenacissima*, par des variables indiquant l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol et la diversification de la végétation ; l'autre groupe positionné sur le côté positive est corrélé aux stations aux stations St.2.15, St.2.14, St.3.13, St.3.15, St.3.14, représenté par des indicateurs de dégradation du milieu. Ces constatations traduisent l'effet favorable de la mise en défens sur la préservation des steppes à alfa, elles traduisent aussi l'impact anthropozoogène notamment sur la régression de ces steppes. La complexité floristique de la zone d'étude apparaît comme le résultat des effets anthropoclimatiques qui y sont survenus durant plusieurs d'années. Cette anthropisation est un accélérateur de l'érosion de la biodiversité où les steppes ont longtemps souffert des activités humaines et ses troupeaux (pâturage et surpâturage, défrichement et incendie...). Cette dégradation avancée engendre des modifications importantes au niveau de la végétation dans le sens dynamique avec l'apparition des espèces beaucoup plus adaptées à la xéricité.

Conclusion générale

Cette étude a permis de mieux caractériser l'état et les variations du couvert végétal et du sol observées de la steppe à Alfa (*Stipa tenacissima* L.) de la commune de Maâmora (wilaya de Saida, ouest algérien) sont liées essentiellement aux facteurs bioclimatiques: le rythme des précipitations, l'accroissement des températures moyennes annuelles et l'allongement de la période de sécheresse estivale, se traduit par des modifications importantes de la composition floristique, ces variations s'expriment par des fluctuations du taux de recouvrement de la végétation et du nombre d'espèces parallèles à la courbe des précipitations ; tandis que sur le plan édaphique, ces variations sont marquées par un appauvrissement de la matière organique dans le sol et l'accumulation de sables particulièrement au sud de la région. Modifiant ainsi le paysage en imposant une végétation xérophile plus adapté au stress écologique. Aux jours qui viennent, nous allant reconnaître des modifications de plus en plus importantes dans la constitution du cortège floristique avec la disparition de la plus part des végétaux il est urgent, si l'on veut sauvegarder au moins les vestiges encore en place, de définir une politique concertée d'aménagement et de protection pour l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen.

Les résultats de cette étude ont contribué à accroître nos connaissances sur l'état de la dynamique de la végétation des parcours steppiques. Ils serviront certainement dans le cadre de l'aménagement et la préservation des parcours steppiques dégradés et nous permettent d'établir les recommandations suivantes:

- Mise en défens rigoureuse des parcours aménagés.
- Pâturage en rotation et contrôle de la charge animale.
- Utilisation des méthodes non destructives et des modèles mathématiques dans l'évaluation de la phytodiversité.
- Créer une banque de graines pour conserver nos ressources phylogénétiques.
- Renforcer la garde forestière pour la lutte contre le défrichement et le surpâturage, et assurer une meilleure protection de ce milieu.
- Expérimenter des espèces fourragères pour la lutte contre la désertification et la mise en valeur des parcours dégradés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- **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.
- **Aboura R., 2006** - Comparaison phytotechnologique des Atriplexaies situées au nord et au Sud de Tlemcen. Thèse de Magister. Université Tlemcen, 210 p.
- **Afnor., 1987**- Qualité des sols. Méthodes d'analyses. Recueil des normes françaises. Paris, 135p.
- **Afnor., 2004.**, Evaluation de la qualité des sols. Méthodes d'analyses chimiques .Recueil des normes françaises. Paris, 461p.
- **Akrim N., 1993** -Adéquation entre programmes de recherches menés et besoins réels en matière de lutte contre la désertification. *Options méditerranéennes*, 1 (2) : 53-68.
- **Amghar F., 2002** - Contribution à l'étude de la biodiversité de quelques formations de dégradations en Algérie. Thèse magister. USTHB, Alger, 188 p.
- **Aidoud A., 1989**- Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés (Hautes Pleines Algéro-Oranaises, Algérie).Thèse Doct.Etat.USTBH.Alger, 240 p + annexes.
- **Aidoud A. et Boucheneb N., 1990**- Variations floristiques et phénologiques inter-annuelles dans une steppe à armoise blanche. Biocénoses. *Bulletin d'écologie terrestre*, 5 (1-2): 69-84.
- **Aidoud A., 1996**- La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur. de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 7 : 187-93.
- **Aidoud, A., H Slimani, L F Aidoud, J Touffet, 1999**- Edaphic changes along a gradient of intensity of pasture in a steppe of Algeria. *Ecologia.Mediterranea* 25 (2): 163-171.
- **Aidoud, A., E. Floc' He and H.N. Houerou. 2006** - Arid steppes of the north of Africa. *Dryness* 17 (1):19-30.

- **Aidoud A., Slimani H. Et Roze F., 2011-** La surveillance à long terme des écosystèmes **8**.arides méditerranéens : quels enseignements pour la restauration ? Cas d'une steppe d'Alfa (*Stipa tenacissima* L.) en Algérie. *Ecologia mediterranea*, 37 (2) : 17-32.
- **Akrim N., 1993-** Adéquation entre programmes de recherches menés et besoins réels en matière de lutte contre la désertification. *Options méditerranéennes*, 1 (2) : 53-68 pp.
- **Arabi, Z. 2010-** Integration of the data multi-source in a geographical information system S.I.G for the proposal of actions of fight against the turning into a desert on the level of the steppe interface area area tellienne of Saida (Algeria). Thesis of Magister, university of sciences and technology Houari Boumediène of Algiers, 115p.
- **Arabi, Z. K, Mederbal,.2 and Z, Benaouf -** Contribution to the Study of Quantitative and Qualitative Aspects of Steppe *Int. J. Environ. Res.*, 9(3):953-960, Summer 2015
- **Aubert, G. 1978 -** *Methods of analysis of the grounds*. 2nd edition, CNDP, Marseilles, 199 p.
- **Aubert, G. 1989 -** *The classification of the grounds*. Working paper n° 2, Saint-Jerome faculty, Marseilles, France, 6 p.
- **Aubert, G. (2003)-** Biodiversity and Ecological Processes at the Interface Soil-Vegetation in Beech Forests on High Silt Normandy. PhD Thesis, University of Rouen, Rouen, 59 p.
- **Ayad N., 2008-** étude ecophytochimique et apport nutritionnel de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso) du sud Oranais dans l'alimentation du cheptel. Thèse de Doctorat d'état, Faculté des sciences, Univ. Sidi-Bel-Abbès, Algérie.
- **Bagnouls F. & Gaussen H., 1953 -** Saison sèche et indice xéothermique. Doc. Carte prote. veg. art.8. Toulouse : 47 P
- **Barbero, M., P. Quézel, et R. Loisel. 1988-** Perturbations et incendies en région méditerranéenne. *Int. Estud. Pyrenaicos Jaca* : 409-419.

- **Barbero, M., P. Quézel, et R. Loisel. 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.
- **Barry J.P. et Celles J.C. 1972 – 1973-** Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien. *Nat. Monspel.*, S,r. Bot. 23-24 : 5-48.
- **Barbero, M., Loisiel, R. and Quézel, P., 1990-**The Contributions of Phyto-Ecology in the Interpretation of Changes and Human-Induced Disturbances on Mediterranean Forest Ecosystems. *Mediterranean Forests*, **2**, 194-215
- **Bedrani S., 1992-** « Une recherche action en zone steppique (objectifs-méthode et premiers résultats) », Les cahiers du CRAED (Centre de recherche en Economie Appliquée pour le Développement) n°31/32,3e et 4e trimestres.
- **Belhacini F., Bouazza M., 2012.,** The floristic diversity of the Tlemcen southern scrublands (western Algeria). *Journal of Life Sciences*, vol. 6, 1167-1173.
- **Belhacini Fatima and Bouazza Mohammed., 2013** - The southern slopes of the region of Tlemcen matorral in danger (the western Algeria), *International Journal of Environment, Ecology, Family and Urban Studies*, 3 (2):113-118.
- **Belhacini Fatima and Bouazza Mohammed., 2013** - An edaphic approach of the matorral of the southern slopes of Tlemcen (western Algeria). *International Journal of Agricultural Science and Research*, 3 (5): 370-381.
- **Belhacini Fatima and Bouazza Mohammed., 2015** - Biogeographical aspect of scrublands south of Tlemcen (western Algeria). *Journal of Biology and Nature*, 4 (1) : 56-64.
- **Bekkouche A., Ayache F., and Bouazza M., 2013** - The Bioclimate in the steppe of Tlemcen (Oran, Algeria western). *Journal of Life Sciences* Volume 7, N° 3, Mars 2013 (Série N° 59)
- **Benabadji N. et Bouazza M., 2000** - Quelques modifications climatiques intervenues dans le Sud-Oued de l'Oranie (Algérie Occidentale). *Rev. Enger. Ren.*, 03, pp. 117-125.

- **Benzecri, J-P., F. Benzecri, A. Birou, et S. Blumenthal. 1973** - *L'Analyse des Données ; vol 2: L'Analyse des Correspondances*. Dunod, Paris.
- **Benzecri, J-P. 1984** - *Pratique de l'analyse des données. Analyse des correspondances et classification*. Exposé élémentaire. Dunod, Paris, 456 p.
- **Bouazza M., Benabadji N., Loisel R. Et Metege G. 2004** - Evolution de la végétation steppique dans le Sud-Ouest de l'Oranie (Algerie).*Rev.Ecol.Med.T30, fasc.2 :219-233*.
- **Boudy., 1950** - Economie forestière Nord-Afrique : Monographie et traitement des ensembles forestiers.
- **Boussaid, M., C. Benito, M.Harche, T.Naranjo and M. Zedek. 2012** - Genetic Variation in Natural Populations of *Stipa tenacissima* from Algeria.*Génétique et biochimie. Volume 1/1967 – Volume 50/2012. (2) 10: 75-96*.
- **Benabdeli. 2010** - Biological increase of the steppe course with *Lygeum spartum* after one duration of setting in défens in the steppe south-Oranian of Naâma (case of the station of Touadjeur). *Mediterranea (2) 21:10-48*.
- **Benabdeli, K. 2000** - Evaluation of the impact of the novel modes of breedings and the steppe environment. Commune of Short-nap cloth El My (Sidi Bel Abbès, Algeria). *Options Méditerranéennes 39 (1):129-141*.
- **Bencherif, S. 2011** - L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne Évolution et possibilités de développement. thèse doctorat.univ 83.p
- **Bendjaafar B. 2008** - Évaluation de la végétation annuelle de la steppe à alfa cas de Ras Elma (Sidi bel abbes) univ. Thèse de magister djillali liabes. SBA.algérie.
- **Bonnier, G. 1990** - The vast flora colors Gaston Bonnier. France, Switzerland, Belgium and neighboring countries, Editions Belin, Paris.
- **B.N.E.D.E.R. 1992** - Etude du développement agricole de la wilaya de Saida. Rapport final et annexe, 212 p.

- **Benaradj, A., and K. Mederbal, K. 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.
- **Benguerai A. 2010** - Evolution du phénomène de la désertification dans le sud oranais. Thèse de doctorat en sciences, université de Tlemcen, département agro-foresterie, 148p.
- **Bensouiah A. 2003** - La lutte contre la désertification dans la steppe algérienne : les raisons de l'échec de la politique environnementale ; communication aux 15^e journées de la société d'écologie humaine. Marseille 11-12 déc 2003.
- **Bernoux M. 2008** - Les matières organiques du sol. Colloque de restitution du programme 25.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, 13-16.
- **Bessam F.Z., Mehdadi Z., Bessam HASSIBA M. et Marouf A. 2010** - Effets de quelques prétraitements physiques sur l'amélioration des performances germinatives de *Stipa tenacissima* L. et caractérisation des substances inhibitrices. Acta Bot. Gallica, 157 (2), 349-360.
- **Bouazza, Mr., NR. Benabadji NR and R. Loisel, G. Metge. 2004** - Evolution of the steppe vegetation in the South-west of Oranie (Algeria). *Ecologia Mediterranea* 30 (2): 219-231
- **Bouchetata T. B., 2001**- Analyse et intégration des données écologiques dans une base de données : cas de la zone steppique de la wilaya de Nâama ; Thèse de magister p 25-26.
- **Braun-Blanquet, J., 1951**- The plant communities of Mediterranean France. C.N.R.S., Paris.
- **Braun-Blanquet, J., 1951**- Pflanzensoziologie Grundzuge DER Kunde vegetations. Springer, Vienna, 631p.
- **Chalane F., 2012.**, Evaluation de la phytodiversité et des caractéristiques édaphiques de la steppe a alfa (*Stipa tenacissima* L.) de la Région de Saida (Algérie Occidentale). Thèse de magister univ. djillali liabes. SBA.algérie

- **Chalane F, Mehdadi Z, Hamdaoui M., 2015-** Evaluation de la phytodiversité et des caractéristiques édaphiques de la steppe à alfa (*Stipa tenacissima* L.) de la Région de Saida (Algérie Occidentale). *European Journal of Scientific Research*. 2015;128(3):265-276.
- **Chalane F, Mehdadi Z, Hamdaoui M, Yahiaoui F Z And Arabi Z 2016-** Spatiotemporal Evolution Of Plant Diversity And Edaphic Characteristics In The Steppes Of Alfa (*Stipa tenacissima*) Of The Region Of Saida (Western Algeria). *Journal of Global Ecology and Environment* 5(1): 38-50, 2016
- **Celles J., 1974-** Etude de la végétation des confins sahara-constantinois (Algérie). 1ère partie: Analyse statistique préliminaire de la matrice des données floristiques. *Ann. Muséum hist. nat.*, Nice, 2 :3-14.
- **Celles J. C., 1975-** Contribution à l'étude de la végétation des confins saharo-constantinois (Algérie). Thèse Doct. Etat, Nice, 364 p.
- **Daget P. Et Godron M., 1995.,** Pastoralisme, troupeaux, espace et société. Ed. Hatin p 76-98 et 451-454.
- **Dahmani- M., 1997-** Le chêne vert en Algérie, syntaxonomie, phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse de doctorat d'état, université des sciences et de la technologie Houari Boumédiène d'Alger, 330 p.
- **Daget, Ph. 1980-** Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative. Cas des thérophytes. In: *Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives*, Paris, 89–114.
- **Daget, Ph., et J. Poissonet. 1991.,** Prairies et pâturages: Méthodes d'étude. Edit. Institut de botanique, Montpellier, 354p.
- **Daget, Ph., et M. Godron. 1995 -** Pastoralisme, troupeaux, espace et société. Ed. Hatin p 76-
- **Dajoz, R. 1982.** *Precis of ecology*. Gauthier, Villars, 503p.
- **Danin, A., et G. Orshan. 1990 -** The distribution of Rankiaer life forms in Israel in relation to the environment. *Journal of végétation science* 1: 41-48

- **De Bello, F., J. Leps and M.T, Sebastia. 2007-** Grazing effects one the species-area relationship: Variation along has climatic gradient in Spain. *Newspaper off Vegetation Science* 18:25 - 34.
- **Djebaili, S. 1978** - Research phytosociological on the vegetation of the High steppe Plains and the Algerian Saharian Atlas. Thesis doctorate of State. Sci. Tech. Langdoc Montpellier. 229 p.
- **Djebaili, S. 1984** - Algerian steppe: phytosociology and ecology. Phytosociological and ecological research on the vegetation of the high steppe plains and the Saharian Atlas. Algiers: University Publications Office (OPU).
- **Djellouli Y., 1981-** Etude climatique et bioclimatique des hauts plateaux oranais (wilaya de Saida). Comportement des espèces vis-à-vis d'éléments du climat. Thèse de doctorat 3^ocycle. USTHB, Alger, 178p.
- **Devineau, J. 2001** - Indicating woody species of the grounds in savannas and fallow of the West of Burkina Fasso. *Phytocoenologia* 3 (1):325-51.
- **Du Rietz G. E., 1920-** Classification and nomenclature of vegetation units. *Svensk Botaniske Tidskrift*, 24(4).
- **El Hamrouni a., 1992-** la végétation forestière et pré-forestière de la tunisie : typologie et éléments pour la gestion. Thèse doct. Es-sci. Univ. Aix-Marseille III. 220p.
- **Ellenberg, S., and P. Mueller. 1968-** Akey off Raunkiaer seedling uses forms with revised. *Ber. Geobot. Inst. ETH. Stift. Rubel. Zurich* 37 (2): 56-73.
- **Floret Ch. Et Pontannier R., 1982** - L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement. Trav. Docum. ORSTOM n° 155, 544 p.
- **El moudden., 2004-** Impact du prélèvement du bois de feu sur les parcours steppiques. Mémoire de troisième cycle, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Maroc, 138p.
- **El Zerey W., 2010** - Analyse spatio-temporelle du phénomène de la désertification dans la région steppique algérienne. Thèse doct.univ. djillali liabes. SBA.algérie.

- **Emberger L ; 1939-** Aperçu général sur la végétation du Maroc .Verof. Geobot. Inst. Rubel Zurich, 14 pp : 40-157P.
- **Emberger L ; 1930-** Sur la formule climatique applicable en géographie botanique C.R.A.cad.Sc ; 1991 :389-390 P
- **Emberger L., 1955-** Une classification biogéographique des climats. Trav Lab Bot Zool Fac SciServ Bot Montpellier ; 7 : 3-43
- **Floret Ch. Et Pontannier R., 1982-** L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement. Trav. Docum. ORSTOM n° 155, 544 p.
- **Floret, C., M-J. Galan, E. Le Floc'h, G. Orshan, et F. Romane. 1990-** Growth forms and phenomorphology traits along an environmental gradient: tools for studying vegetation. *Journal of Vegetation Science* 1: 71-80.
- **Frontier, S. 1983-** L'échantillonnage de la diversité spécifique. In Stratégie d'échantillonnage en écologie. Frontier et Masson édit, Paris (Coll. D'Ecologie), XVIII + 494 p.
- **Ghazi A et Lahouati R., 1997-** Evolution des parcours méditerranéens. In : pastoralisme, troupeau, espaces et société. Hartier ed : 440-454.
- **Ghrab S. 1981-** Étude de la variabilité écophénologique de l'alfa en Tunisie centrale. Thèse de docteur-ingénieur, université d'Aix-Marseille, 1981.
- **Gaujour, E., and B. Amiaud B., J.L Fiorelli, C Mignolet X Coquil X., 2009-** Effects of the dynamics of the cultivation methods during conversion to the organic farming to the vegetation of the permanent meadows. *Agronomic innovations* 4 (3): 229-238.
- **Gounot, Mr. 1969-** *Quantitative methods of study of the vegetation*. Paris: Masson editions.
- **Gounot, M. 1969-** Méthodes d'étude quantitatives de la végétation. 1 vol. Ed. Masson, Paris, 314 p.
- **Gaston Bonnier., 1990 -** Bonnier G. The vast flora colors Gaston Bonnier. France, Switzerland, Belgium.

- **Gausse H; 1954** - Géographie des plantes. Ed. 2, 233 p
- **Guignard J-L et Dupont F. 2004** - Botanique : systématiques moléculaire, 13ème édition. 59.Masson Editeur. 284 p.
- **Guyot, G., 1995** - La réflectance des couverts végétaux, Photo-interprétation, Masson, Paris, 228p
- **H.C.D.S. (Haut Commissariat au Développement de la Steppe), 2001** - Problématique des zones steppiques et perspectives de développement Rap. Synth. 10 p.
- **Harche M., 1978** - Contribution à l'étude de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) : germination; croissance des feuilles, différenciation des fibres. Thèse 3ème cycle ; Univ. P. et M. Curie, Paris. 88 p.
- **Halitim A., 1988** - Sols des régions arides d'Algérie, O.P.U Alger.
- **Halitim, A., Z. Bensaid., B. Hassaine, S. Dekhinat, S. Chioukh., and S. Kherchouched. 2009**
 - Biological and pedological indicators of the turning into a desert on the southern slope of the Saharian Atlas (Aurès). Annual report *LAPAPEZA* Batna university.
- **Hassani, T., 2003-** Morpho-pedological diagnosis of the edaphic mediums and paleoenvironmental environments of the Algerian steppe as bases useful for decision making as regards development, of the town and country planning and the follow-up of the environment. Thesis doctorate, agronomic Faculty of Science Gembloux. 301p.
- **Hassani F., 2013** - Etude des Caelifères (Orthoptères) et caractérisation floristique (biodiversité floristique) de leur biotope dans des stations localisées à Tlemcen et Ain Temouchent. Régime alimentaire de *Calliptamus barbarus* et *Sphingonotus rubescens*. Th.Doct.Es.Sci.Univ Tlemcen.181P.
- **Hasnaoui O., 2008** - Contribution à l'étude de la Chamaeropaie de la région de Tlemcen : Aspects écologiques et cartographie. These. Doct. Univ. Abou Bakr Bel kaid .Tlemcen :180 p.

- **Hasnaoui O.et Bouazza M., 2015** - Indicateurs de dégradation des bio-ressources naturelles de l'Algérie occidentale : cas de la wilaya de Saida. *Algerian journal of arid environment* ; vol.5.N°1 :63-75P
- **Hassani F., Ferouani T., Mesli L., Stambouli H., Sari Ali and Barka F., 2014** - Study of three stations in the wintering site of the *Grus Grus* (Linnaeus, 1758) (Gruidae) in the steppe region of Tlemcen Algeria. *International Journal of Current Research*, , 6 (12): 10475-10479.
- **Hebrard J.P., Loisel R., Gomila M., Roux C., Bonin G., 1995** - Incidence of clearing cutting on phanerogamic and cryptogamic vegetation in south-eastern France (disturbance indices).
- **Hellal, B., N. Ayad, M. Maatoug and M.Boullaras, 2007** - Influence du « fatras » sur la biomasse foliaire de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) de la steppe du Sud oranais (Algérie occidentale) Volume 18, numéro 1,65-71.
- **Henaoui S E, Bouazza M ., 2012** - The current state of the plant diversity in the Tlemcen region (Northwest Algeria). *Open Journal of Ecology*; 2(4):244-255.
- **Henni M, Z. Mehdadi., 2012** - Preliminary evaluation of the edaphic and floristic characteristics of the steppes with armoise white rehabilitated by the plantation of *Atriplex* in the area of Saida (Western Algeria). *Acta Botanica Gallica: botany letters* 159 (1):43-52.
- **Hireche A., A. Boughani., and Mr. Salamani, 2007** - Evolution of the annual rainfall in some Algerian arid stations. *Sechress* 18 (4):314-320.
- **HIRCHE, A., SALAMANI, M., ABDELLAOUI, A, BENHOUHOU, S. & VALDERRAMA, J.M. (2011)** - Landscape changes of desertification in arid areas: the case of south-west Algeria. *Environ. Monit. Assess.*, 179: 403-420.
- **Huetz Delemps, P., 1980** -*Vegetation of the ground*. Masson and Co, Paris, France, 133 p.
- **Jamagne, Mr. 1967**- Bases and techniques of a soil mapping. In:Yvette Dewolf, *Annals of geography*, vol. 78. 478 p.
- **Joly., 1986**- La cartographie que sais-je? N° 937. P.U.F. France.

- **Kacimi B., 1996** - La problématique du développement des zones steppiques. Approche et perspectives. Doc. HCDS, Ministère de l'agriculture, 27 p.
- **Kadi-Hanifi, H. 1998** - L'alfa en Algérie. Syntaxonomie, relation milieu végétation, dynamique et perspectives d'avenir. Thèse Doc. Univ., U.S.T.H.B., Alger,
- **Kadi-Hanifi, H. 2003** - Diversité biologique et phytogéographique des formations a stipa tenacissima L de l'Algérie. *Sécheresse* 03 (14) : 169-179.
- **Kadik B ., 1986** - Les méthodes de régénération de l'alfa. Séminaire sur l'alfa en Algérie.
- **Khaldoun A., 1995** - Les mutations récentes de la région steppiques d'El Aricha. Réseau parcours, 59-54.
- **Khelil A., 1984** - Bio écologie de la faune alfatière dans la région steppique de Tlemcen. Thèse de Magister. INA. Alger ; 73p.
- **Khelil, M.A., 1995** - Le peuplement entomologie dans les steppes à alfa. Univ. Tlemcen, 76p.
- **Lacoste A., et Roux M., 1971** - L'analyse multidimensionnelle en phytoocologie et en ecologie .*Oecologia Plantarum*, 6 :53-369P
- **Lahmar , B , et Aidoud A. 2016** - Suivi À Long-Terme Dans La Steppe d'armoise Blanche (*Artemisia Herba-Alba* Asso.) Du Sud-Oranais (Algérie) : Facteurs Et Indicateurs de Changements ; *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Vol. 71 (2),: 168-177
- **Latreche, A. 2004** - écologie fonctionnelle des écosystèmes steppique du sud de la wilaya Sidi Bel Abes.Thèse doctorat .Univ.Sidi Bel Abbès.
- **Latreche, A., and Z. Mehdadi. 2006-** Aridification and evolution of the arid steppe vegetation of the areas of Short-nap cloth-El-My and El-Aricha (wilaya of Sidi Bel Abbès). *Review of Ecology-Environment* of the university of Tiaret 2 (1):1-12.
- **Laumont P. & Bergibier A. 1953** - L'alfa et l'expérimentation alfatière en Algérie. Extr Bull Soc Agriculteurs d'Algérie 1953(551): 1-20.

- **Le Floch E. 1989** - Biologie et écologie des principaux taxons in “ Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne: I. Eléments de botanique et de phyto-écologie”.193
- **Le Houérou H.N., 1959** - Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. Mem Inst Rech Sahariennes; 1 : 1-281.
- **Le Houerou H.N., 1967** - Problèmes et potentialités des zones arides de l’Afrique du Nord. Opt. Méd. N°26 :17-35. 181.
- **Le Houerou H.N. 1968** - La désertisation du Sahara septentrional et des steppes limitrophes. Ann Géogr (Alger) 1968 ; 6 : 2-27.
- **Le Houérou H.N., 1969** - La végétation de la Tunisie steppique. *Ann Inst Natl Agron (Tunis)* 1969 ; 42 : 624 p.
- **Le Houerou H.N., Haywood M et Claudin D., 1975** - Etude phytoécologique du Hodna F.A.O. Rom ,154p+cartes.
- **Le Houerou, H.N., Claudin, J., Pouget, M., 1979** - Étude bioclimatique des steppes algériennes (avec une carte bioclimatique à 1/1 000 000°). *Bulletin de la Société d’Histoire Naturelle d’Afrique du Nord*, 68 : 33-74.
- **Le Houerou H N., 1979** - La désertification des régions arides. *La recherche*, vol 99, p 336-344.
- **Le Houerou H.N., 1981** - Long-term dynamics in arid-land vegetation and ecosystems of north Africa. In : Goodall DW,Perry RA, eds. Arid land ecosystems. Vol. 2. Cambridge : cambridge university press.
- **Le Houerou H.N. 1985** - La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission, de consultation et d’évaluation. Alger : ministère de l’Agriculture, 19 p.
- **Le Houérou, H.N., 1990** - Recherches écoclimatiques et biogéographiques sur les zones arides de l’Afrique du Nord. Thèse de Doctorat d’État, Université Paul Valéry, Montpellier, 2 tomes (184 p. et 189 p.) + annexes (182 p.).

- **Le Houerou H.N. 1995** - Considérations biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, vol. 6, n° 2, p. 167-182.
- **Le Houerou H.N. 1996** - La régression de *Stipa tenacissima* L. graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Revue Sécheresse*, 7 : 87-93.
- **Le Houérou, H.N., 1996** - La régression de *Stipa tenacissima* L. graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Revue Sécheresse*, 7 : 87-93.
- **Lévêque, C., et J.C. Mounoulou. 2001** - *Biodiversité, Dynamique biologique et conservation*. Dunod, Paris
- **Mahyou, H., B. Tychon, R. Balaghi R, J. Mimouni, and R. Paul. 2010**- Turning into a desert of the arid courses to Morocco, *Tropicultura*, 28 (2): 107-114.
- **Masharabu T., NR. Noret., J. Lejoly., Mr. J. Bigendak., M.J., and J. Bogaert. 2010**- Comparative study of the floristic parameters of the National park of Ruvubu, Burundi. *Geo-Eco-Trop.* 34 (2): 29-44.
- **Medail F, Quézel P., 2003**- Possible ecological consequences of climate change on the flora and vegetation of the mediterranean basin. *Bocconea.*;16:000-000.
- **Melzi S., 1995** - Evolution spatial et dégradation des unités végétales dans une région présaharienne : Biocénose .*Bull.Ecol.Terr.Tome 6.N°1.U.R.B.T*
- **Mehdadi Z, Benaouda Z, Bouchaour I, Moulessshoul S, Joseph M, Delcourt A., 2000**- Etude du comportement du méristème végétatif de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.). Approches cytologique et histologique. *J Soc Bio* ; 194 : 195-204.
- **Mehdadi, Z., Z. Benaouda, I. Bouchaour, A. Latreche., and H. Benhassaini. 2004**- Contribution to the study of the natural regeneration of *Stipa tenacissima* L. in the high plains of Sidi Bel-Abbès. *Dryness* 15 (4): 1-5.

- **Mehdadi Z, Benaouda Z, A. Latrech Benhassainh et S.Belbraquet, 2008** - Evolution saisonnière de la composition foliaire de *Stipa tenacissima* .En éléments minéraux et en fibres pariétales .Acta botanica gallica.
-
- **Merzouk A., 2010** - Contribution à l'étude phyto-écologique et biomorphologique des peuplements halophiles dans la région occidentale de l'Oranie (Algérie). Thèse Doct. Es-Sci., Univ. Tlemcen, 277p.
- **Merzouk A., Benabadji N., Benmansour D. et Thinon M., 2009** – Quelques aspects édaphofloristiques des peuplements halophiles de l'Algérie occidentale. Première partie : aspects édaphiques. Bull. Soc. Limn., T. 60 : 1-15.
- **Moorcroft PR. 2003** - Recent advances in ecosystematmosphere interactions: An ecological perspectives. Proceedings of the Royal Society of London Series B Biological Sciences. 2003; 270:1215-1227.
- **Moulay, A., and K. Benabdeli. 2011** - Contribution to the identification of the independent factors of degradation of the steppes with *Stipa tenacissima* of Algerian south-west. *Mediterranea* 22 (2):149-188.
- **Moulessehoul Y. I., Mehdadi Z., 2015** - Comparative study on seeds germination of *Stipa tenacissima* L. from two Western Algerian's Habitats. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 5(12)29-35.
- **Nedjraoui D., 1981** - Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétation dans les Hautes Plaines steppique de la wilaya de Saida. Thèse Doct. 3^ocycle, USTHB, Alger, 156p.
- **Nedjraoui D., 2001** - Profil fourrager; URBT BP 295 Alger Gare, Alger 16000, Algérie
- **Nedjraoui D., 2004** - Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques Algériennes et définition des indicateurs de dégradation. *CIHEAM-IAMZ*, n° 62 pp. 239-243.

- **Nedjraoui, D., and S. Bedrani. 2008** - Turning into a desert in the Algerian steppes: causes, impacts and actions of fight. [*Vertigo*] the electronic review in sciences of the environment, 8 (1).
- **Olivier L., Muracciole M. et Ruderon J.P., 1995** - Premier bilan sur la flore des îles de la Méditerranée. Etat des connaissances et observations diagnostics et proposition relatifs aux flores insulaires de méditerranée par les participants au colloque d'Ajaccio. Corse. France (5-8octobre, 1993) à l'occasion des débats et conclusions 356-358p.
- **Office national de météorologie (Saida-Algérie)** - “Feuilles de relevés quotidiens de la période 1986-2015”.
- **Ozenda, P. 1977** - *Flore du Sahara*, 2ème Ed. CNRS, Paris, 622 p.
- **Ozenda P., 1982** - Les végétaux de la biosphère. Ed : Doin 431p
- **Pouget, Mr. 1980** - The relations soil-vegetation in the of Algiers southern steppes. Thesis of doctorate of state .ORSTOM. Paris, 555p.
- **Quézel, P., and S. Santa. 1962** - *New flora of Algeria and the Southernmost areas*. Paris: CNRS editions
- **Quézel, P., et S. Santa. 1962-1963** - *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. 02 Tome. Edition CNRS, Paris, 1170 p.
- **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 de végétations passées. *Bothalia* 14 : 411-416
- **Quézel, P. 2000** - *Reflection on the evolution of the flora and the vegetation in the Mediterranean Maghreb*. Paris: Ibis Close edition.
- **Raunkiaer, C. 1934** - *The life forms of plants and statistical plant*. Edition Claredon Near, Oxford. 632 p.

- **Regagba, Z., Tadjeddine, N., Verdú, AMC., 2010** - Ecosystèmes steppiques (cas de Brézina – ElBayadh) : caractérisation et proposition d'une fiche de travail sur terrain. Séminaire International « La Préservation et la Mise en Valeur de l'Ecosystème Steppique». Université de M'SILA. F.S.S.I - Département d'Agronomie. 14, 15 et 16 de Mars de 2010. M'Sila.
- **Rivas-Martinez S., 1981** - Les étages bioclimatiques de la péninsule Ibérique, *Anal. Gard. Bot. Madrid* 37 (2). 251 – 268P
- **Rieu M & Chevery C., 1976**- Mise au point bibliographique sur quelque recherches récentes en matière de sols salés *Cah.O.R.S.T.O.Ser.Pedologie .XIV.N°1 .1976* :39-61P
- **Saidi et Mehdadi., 2015** - Evaluation of Pant Diversity in the Steppes of White Wormwood of the Region of Saida (Western Algeria) *Open Journal of Ecology*, 2015, 5, 491-500
<http://dx.doi.org/10.4236/oje.510040>
- **Sari, A. 2004** - Study of the relations soil-vegetation of some halophytes in the Northern area of Remchi. Thesis of magistère, Tlemcen.145p university.
- **Seigue A., 1985** - La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. g.-p. Maisonneuve et Larousse. 502 p
- **Seltzer P., 1946** - Le climat de l'Algérie. Ed : Institut de météorologie et de physique du globe. Alger. 218 pages
- **Slimani, H., A. Aidoud, and F. Rose., 2010** - 30 years of protection and monitoring of has steppic rangeland under-going turning into a desert. *Arid Environ.*74 (1): 685-691.
- **Stewart P., 1968** - Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 59, pp. 23-36.
- **Tsaki H., 2003** - Diagnostic morpho-pédologique des milieux édaphiques et des ambiances paléoclimatiques de la steppe algérienne comme base utile à la prise de décision en matière de mise en valeur, de l'aménagement du territoire et du suivi de l'environnement. Thèse doctorat. Communauté Française de Belgique. Faculté universitaire des sciences agronomiques de

Gembloux, 394 p.

- **Trabut, L., 1889** - Étude sur l'alfa. Jourdan, Alger. 90 p.
- **Trabaut L., 1991** - Le feu est-il un facteur de changement pour les écosystèmes écologiques du bassin méditerranéen. *rev. sécheresse* (2) :163-127P
- **U.R.B.T (Unité de Recherche sur les ressources Biologiques et Terrestres), 2002**- Suivi diachronique des processus de désertification « in situ » et par télédétection des hautes plaines steppiques du sud ouest oranais.
- **Verlaque, R., F. Medail., and A. Aboukaya. 2001**- Predictive value of the biological types for the conservation of the Mediterranean flora. *Life sciences /Life Sciences* 324 (1):157-65.
- **Visser M., 2001** - Produire des semences autochtones pour réhabiliter les terres dégradées : le cas de *Stipa lagascae* R et Sch. en Tunisie présaharienne. Thèse de doctorat (PhD), université de Gent.
- **Yahiaoui, F. 2011**- Contribution to the evaluation of the impact of *Atriplex canescens*, on some chemical physico parameters of the ground of the zone of Sidi Ahmed wilaya of Saida. Thesis of magistère, university of sciences and technology Houari Boumediène of Algiers. 137p.
- **Zeriahene, N., 1987**- Etude du système racinaire de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) en relation avec l'adaptation xérophytique. Thèse de Magister. Université d'Oran. 113 p.
- **Zeng, N., 1996** - Dickinson RE, Zeng X. Climatic impact of Amazon deforestation: A mechanistic model study. *Journal of Climate.*;9:859-883.