



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار - عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THÈSE

PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLÔME DE DOCTORAT EN SCIENCES

Spécialité: BIOLOGIE VEGETALE

Intitulé

**Intérêts de la mise en défens dans la  
restauration des parcours steppiques dégradés.**

Presentée par : SALEMKOUR Nora

Directeur de thèse:

Mr. CHEFROUR Azzedine

Professeur

Université de Souk Ahras

Devant le Jury:

Pr. TAHAR Ali

Président

Université de Annaba

Pr. AIT KAKI Yasmina

Examinatrice

Université de Annaba

Pr. BENNADJA Salima

Examinatrice

Université de Annaba

Pr. SAHEB Menaouar

Examineur

Université d'Oum El Bouaghi

Dr. MAAZI Mohamed Cherif

Examineur

Université de Souk Ahras

Année universitaire: 2015/2016

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## Remerciements

*En premier, je remercie Dieu, le tout puissant, pour m'avoir aidé et donné la force afin de mener ce travail à terme.*

*Au terme de ce travail, qu'il me soit permis d'exprimer mes plus vifs remerciements à :*

*Mr CHEFROUR Azzedine, professeur à l'université de Souk Ahras, mon promoteur, je veux lui exprimer ma profonde reconnaissance pour la confiance qu'il a témoignée à mon travail, en me laissant une impressionnante liberté de travail, sans laquelle cette thèse n'aurait jamais pu voir le jour, qu'il trouve ici mes vifs et sincères remerciements pour l'encadrement qu'il m'a assuré, pour le soutien, les directives et les conseils précieux et fructueux qu'il m'a prodigués. Qu'il trouve aussi, l'expression de mon profond respect et considération pour ses compétences et ses qualités humaines.*

*Mr TAHAR Ali, Professeur à l'Université d'Annaba, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury et à qui je dois une reconnaissance toute particulière.*

*Mme. AIT KAKI Yasmina, professeur à l'université d'Annaba ;*

*Mme. BENNADJA Salima, professeur à l'université d'Annaba ;*

*Mr. SAHEB Menaouar, professeur à l'université d'Oum El Boughi ;*

*Mr. MAAZI Mohamed Cherif, docteur habilité à l'université de Souk Ahras ,*

*Je suis très honoré que vous ayez accepté de faire partie de ce jury et merci aussi pour l'intérêt que vous portez à mon travail et pour le temps consacré afin de l'évaluer.*

*Je dois également exprimer mes remerciements à :*

*Mme LAKHDARI Fetoum, Directrice de mon institution le CRSTRA – Biskra, pour son soutien et aussi pour avoir mis à notre disposition les moyens nécessaires pour la réalisation de notre travail.*

*Mr AIDOU Ahmed, chercheur associé au CRSTRA et ex IR-HDR, CNRS-Univ. Rennes1, pour m'avoir initié à l'écologie pastorale, initié au terrain et fait découvrir pour moi la beauté de la steppe, pour son aide et son soutien, ô combien précieuse dans les moments de flottements et les moments pénibles, qu'il trouve ici toute ma gratitude.*

*A ce stade, mes capacités à imaginer de nouvelles façons de dire « merci » sans me répéter commencent à se tarir sérieusement. Pourtant, je suis loin d'avoir épuisé la liste de personnes auxquelles je suis redevable de quelque chose. Alors tant pis pour le style...*

*Je remercie tous mes ami(e)s : Warda, Rabia, Amina, Nadjette, Lynda, Farida, Khadidja, Assia, Assma, Nora, Nadjette, Haroun, Mohamed,..... .*

*Je remercie également tout le personnel du CRSTRA, en particulier tout mes collègues chercheurs de la division bio-ressources, pour leur aide sur terrain, leur implication*

*instructive dans mes travaux. Nos fréquentes discussions sur mon sujet de thèse m'ont toujours été d'apports précieux et continus.*

*Merci également à tout le personnel du HCDS (cadres dirigeants, commissaires régionaux, ingénieurs, techniciens et chauffeurs) surtout: Karim, Djamel, Reda, Abdelkader et Mr. Mohamed, de m'avoir gentiment accueilli lors de mes déplacements aux différentes mises en défens dans les cinq Wilayates steppiques. Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance.*

*Mes remerciements vont aussi à toute ma famille; Merci pour ma Mère qui ne cesse de dire des prières pour moi ; Merci pour mes sœurs, mes frères, mes tontons, tante, belles sœurs, gendres, nièces, neveux, cousines, cousins pour leur soutien au quotidien et qui, avec la question récurrente, « quand est-ce que tu la soutiens cette thèse ? », bien qu'angoissante en période fréquente de doutes, m'a permis de ne jamais dévier de mon objectif final.*

*En fin, mes excuses et mes remerciements sont adressés à tous ceux que ma mémoire aura pu oublier.*

## *Dédicace*

*À la mémoire de :*

*Mon défunt père, qui n'a pas vu l'aboutissement de mon travail,  
mais je sais qu'il aurait été très fier de sa fille !!!*

*Ma défunte K̄halti Faroudja, qui été pour moi une  
deuxième mère.*

*Mon défunt beau - frère Mohamed Tahar,  
lui qui vénéré le savoir et la science.*

*Ma défunte Amie AZZOUZ Farida,  
que je pleure, ravi à  
la fleur de  
l'âge.*

*Que dieu les prennent en sa miséricorde.*

## المخلص

إن مكافحة ظاهرة التصحر في الجزائر يبدأ أولاً من تهيئة الأراضي السهبية المتدهورة , و في هذا الإطار أكثر من إثنيـن مليون هكتار من الأراضي الرعوية السهبية أخضعت للحماية من الإستخدام الجائر لها وهذا بواسطة المحميات الطبيعية (mise en repos), أو إنشاء محيطات الغراسـة العلفية بإستخدام الرغل الأمريكي (Atriplex canescens). إن هذه الدراسة تهدف إلى تقييم أثر تقنيات التهيئة الرعوية في مكافحة التصحر في هذه البيئة الهشة.

المنهجية المتبعة هي طريقة التحليل المقارن للمؤشرات الحيوية للنظام البيئي (AVE), حيث سمحت لنا هذه الطريقة بتقييم مدى التدهور أو الترميم في هيكل و أداء المراعي السهبية الخاضعة للحماية و التهيئة (محميات طبيعية أو محيطات غراسـة) مقارنة مع مراعي أخرى غير محمية و غير مهينة متواجدة بمحاذات هذه الأخيرة. أظهرت نتائج الدراسة وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المراعي السهبية المهينة و المحمية ( محميات طبيعية أو محيطات غراسـة) و المراعي الرعوية غير المهينة و غير المحمية, حيث لوحظت زيادة في الغنى النباتي, التنوع النباتي, الكساء النباتي, الكتلة الحيوية النباتية, القيمة و الإنتاجية الرعوية و انخفاض في الحمولة الرعوية في المراعي المهينة و المحمية, هذا التحسن الملحوظ يضمن للنظام السهبي الإستقرار ضد مختلف الإضطرابات من جهة , و من جهة أخرى يضمن له الأداء السليم.

إلا أنه و بالمقابل, تعمل عملية الحماية على إنتشار قشرة فوق أدمة الأرض, هذه القشرة لها آثار سلبية تتمثل في عدم السماح بفاذ الماء و كذلك منع إنتاش و نمو النباتات (خاصة الفسائل الصغيرة) , لذا و جب أخذ هذا المؤشر بعين الإعتبار من أجل فتح هذه المراعي المحمية للرعي.

**الكلمات المفتاحية:** المراعي السهبية, التهيئة البيئية, ترتيب, الغراسـة الرعوية, المؤشرات الحيوية للنظام البيئي , التنوع النباتي, النوعية الرعوية, التهيئة المستدامة.

## **RÉSUMÉ**

En Algérie, la lutte contre la désertification passe d'abord par une restauration des parcours steppiques sérieusement dégradés. Dans ce cadre plus de deux million d'hectares de terres pastorales à travers toute la steppe ont été soustraites à l'exploitation agropastorale et mises en défens par le biais de la mise en repos et la plantation pastorale à base d'*Atriplex canescens*. Cette étude se propose d'évaluer l'impact de ces techniques sur la lutte contre la désertification dans ce milieu fragile. L'approche méthodologique retenue est celle de l'analyse comparative des attributs vitaux de l'écosystème (AVE), elle permet d'évaluer l'état de dégradation ou de restauration au niveau de la structure et du fonctionnement des parcours steppiques mis en défens (mises en repos et plantations pastorales) et d'autres limitrophes situés hors de la zone protégée. Les résultats obtenus ont mis en exergue des différences significatives entre les parcelles mises en défens que ce soit mises en repos ou plantations pastorales et les parcelles non protégées. Une augmentation de la richesse floristique, de la diversité spécifique, du taux de recouvrement de la végétation, de la phytomasse, de la valeur et de la productivité pastorale et une baisse de la capacité de charge sont à noter dans les parcelles protégées. Cette amélioration garantit à la fois une plus grande stabilité face aux diverses perturbations et assure un bon fonctionnement de l'écosystème steppique. Toutefois, cette protection provoque l'extension de la pellicule de battance sur le sol, à savoir que cette pellicule a un effet négatif sur l'installation de la végétation et l'émergence de jeunes plantes et l'infiltration de l'eau, d'où l'importance de retenir ce paramètre comme un indicateur pour l'ouverture de la mise en défens.

**Mots-clés :** Parcours steppiques, restauration, mise en repos, plantation pastorale, attributs vitaux de l'écosystème, diversité floristique, qualité pastorale, gestion durable.

## *ABSTRACT*

In Algeria, the struggle against desertification begins with restoring severely degraded steppe rangelands. In this context more than two million hectares of pastoral land across the steppe have been exempted from agropastoral activities and protected from grazing using deferred grazing and pastoral plantation with *Atriplex canescens*.

The present study aims to evaluate the impact of these techniques on the fight against desertification in this fragile environment. The methodological approach is the comparative analysis of the vital ecosystem attributes (AVE), it assesses the state of degradation and restoration at the structure and functioning of steppe rangelands closed for protection (deferred grazing and pastoral plantations) and other neighboring located outside the protected area. The results highlighted significant differences between grazing exclosure rangelands whatever deferred grazing or pastoral plantations and unprotected rangelands. An increase in floristic richness, species diversity, the recovery rate of vegetation, plant biomass, pastoral and productivity value and lower load capacity are noted in the protected rangelands. This improvement ensures both more stability to the various disturbances and proper functioning of the steppe ecosystem.

However, this protection causes the extension of the crust on the ground, which has a negative effect on the installation of the vegetation and the emergence of seedlings (young plants) and the infiltration of water, where the importance of considering this parameter as an indicator for the opening of the fencing.

**Key-words:** Steppe rangelands, restoration, deferred grazing, pastoral plantation, vital ecosystem attributes, floristic diversity, pastoral quality, sustainable management.

## Sommaire

المخلص

Résumé

Abstract

Liste des planches ..... v

Liste des figures ..... v

Liste des tableaux ..... viii

Introduction générale ..... 1

**I) Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne ..... 5**

I-1) Définition de la steppe ..... 5

I-1-1) Définition physiologique ..... 6

I-1-2) Définition géographique ..... 6

I-1-3) Définition administrative ..... 8

I-2) Les sols steppiques ..... 10

I-3) Le climat ..... 11

I-4) Population ..... 15

I-5) Le cheptel ..... 16

I-6) Les formations végétales steppiques ..... 17

a) Formation à alfa (*Stipa tenacissima*) ..... 17

b) Formation à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) ..... 19

c) Formation à sparte (*Lygeum spartum*) ..... 20

d) Autre formations ..... 22

**II) Chapitre II : Dégradation des parcours steppiques ..... 24**

II-1) Causes de dégradations des parcours steppiques ..... 26

II-1-1) La croissances démographique ..... 26

II-1-2) Le Défrichage et la mise en culture .....	27
II-1-3) Le Surpâturage .....	30
II-1-4) Les conditions climatiques .....	31
II-1-5) Érosion hydrique et éolienne.....	34
II-2) Conséquences de la dégradation des parcours steppiques.....	34
II-2-1) Steppisation .....	34
II-2-2) Désertisation.....	40
<b>III) Chapitre III : Les différentes stratégies et actions de développement de l'espace steppique algérien.....</b>	<b>43</b>
III-1) Les stratégies .....	43
III-2) Les actions entreprises .....	45
III-2-1) Durant la colonisation.....	45
III-2-2) Après l'indépendance .....	45
Phase 1962- 1970.....	45
Phase de 1970 à 1985.....	46
Phase 1985-1992.....	48
Phase 1992- 2000 :.....	50
<b>IV) Chapitre IV: Méthodes de restaurations et de gestion des écosystèmes .....</b>	<b>54</b>
IV-I-) Méthodes de restaurations .....	56
IV-I-1) La restauration .....	56
IV-I-2) La réhabilitation .....	56
IV-I-3) La réaffectation.....	57
IV-II) Quelques techniques de restauration et de gestion des écosystèmes .....	58
IV-II-1) La mise en défens (mise en repos).....	58
IV-II-2) La plantation pastorale.....	61

IV-II-3) Le contrôle de la capacité de charge .....	63
IV-II-4) La création des points d'eau .....	65
<b>V- Chapitre V: Matériels et méthodes .....</b>	<b>67</b>
V-1) Cadre et objectif de l'étude .....	67
V-2) Présentation et localisation des stations d'études.....	67
V-3) Le climat.....	70
V-4) Méthodologie d'échantillonnage suivie .....	74
V-4-1) Méthode des points – quadrats.....	74
V-4-2) Méthode de l'aire minimale .....	74
V- 5) Paramètres et indicateurs mesurés.....	75
V-5-1) Richesse et diversité floristique. ....	75
a) L'indice de Shannon H' .....	76
b) L'indice d'équitabilité (E) (Pielou, 1966).....	76
c) L'indice de similitude de Jaccard (PJ) .....	77
V-5-2) Recouvrement global de la végétation et état de surface du sol. ....	78
V-5-3) Types biologiques sensu Raunkiaer.....	78
V-5-4) Types de Noy-Meir .....	79
V-5-5) Types de Grime .....	79
V-5-6) Valeur et productivité pastorale .....	81
V-5-8) La biomasse.....	82
V-5-9) Analyses statistiques et traitements de données .....	84
<b>VI ) Chapitre VI: Résultats et Discussions .....</b>	<b>86</b>
VI-1) Richesse et diversité floristique .....	86
Conclusion partielle .....	98
VI-2) Recouvrement global de la végétation et état de surface du sol. ....	99

a) Le recouvrement de la végétation (RGV).....	105
b) Le voile éolien (VE) .....	106
c) Le sol nu (SN).....	107
d) Les éléments grossiers (EG).....	108
e) La litière (LT) .....	108
f) La pellicule de glaçage (PG).....	110
Conclusion partielle .....	111
VI-3) Types biologiques <i>sensu</i> Raunkiaer.....	112
Conclusion partielle .....	115
VI-4) Types de Noy-Meir .....	116
Conclusion partielle .....	118
VI-5) Types de Grime.....	119
Conclusion partielle .....	123
VI-6) Valeur, productivité et charge pastorale .....	124
Conclusion partielle .....	136
VI-7) La biomasse.....	137
Conclusion partielle .....	148
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>149</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>154</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>184</b>

*Liste des planches*

<b>Planche I-1</b> : Vue générale de steppe à différentes formations .....	<b>23</b>
<b>Planche II-1</b> : Mise en culture des parcours steppiques .....	<b>24</b>
<b>Planche II-2</b> : Surpâturage des parcours steppiques.....	<b>25</b>
<b>Planche II-3</b> : Défrichage et labours des parcours steppiques .....	<b>28</b>
<b>Planche III-1</b> : Les différents travaux d'aménagements steppiques réalisés par le H.C.D.S.....	<b>51</b>
<b>Planche III-2</b> : La restauration des parcours steppiques réalisés par le H.C.D.S.....	<b>52</b>
<b>Planche IV-2</b> : Vue général d'un parcours steppique dégradé aménagé par le H.C.D.S. par le technique de la mise en défens et son effet sur la régénération de la végétation après quatre (04) ans de mise en repos- .....	<b>58</b>
<b>Planche VI-1</b> : Touffe d'Alfa ( <i>Stippa tenacissima</i> ) comme microclimat pour la prolifération de quelques espèces .....	<b>89</b>
<b>Planche VI-2</b> : Quelques espèces non palatables par le bétail .....	<b>132</b>
<b>Planche VI-3</b> : Quelques espèces palatables par le bétail.....	<b>133</b>

---

*Liste des figures et photos*

<b>Figure I-1</b> : Limites géomorphologiques de la steppe .....	<b>7</b>
<b>Figure I-2</b> : Limite administrative des Wilayas pastorales et agropastorales.....	<b>9</b>
<b>Figure I-3</b> : Carte bioclimatique de l'Algérie .....	<b>13</b>
<b>Figure I-4</b> : Carte pluviométrique de l'Algérie.....	<b>14</b>
<b>Figure I-5</b> : Carte de répartition des parcours par groupes de formations végétales...	<b>17</b>
<b>Photo I-6</b> : Vue générale d'une steppe à alfa ( <i>Stippa tenacissima</i> ) .....	<b>19</b>
<b>Photo I-7</b> : Vue générale d'une steppe à armoise blanche ( <i>Artemisia herba-alba</i> ).....	<b>20</b>

<b>Photo I-8 :</b> Vue générale d'une steppe à sparte ( <i>Lygeum spartum</i> ).....	<b>21</b>
<b>Figure II-4 :</b> Occupation agricole et forestière des terres steppiques.....	<b>29</b>
<b>Figure II-5 :</b> Etat des parcours steppiques.....	<b>36</b>
<b>Figure II-6 :</b> Carte de productivité pastorale des parcours steppiques.....	<b>37</b>
<b>Figure II-7 :</b> Carte de charge pastorale des parcours steppiques.....	<b>38</b>
<b>Figure II-8 :</b> Trajectoires et dynamiques entre les principaux groupements steppiques basées sur les relations de contigüité, cas du bassin- versant du Chott Echergui.....	<b>39</b>
<b>Figure II - 7 :</b> Les indicateurs de dégradation des écosystèmes.....	<b>42</b>
<b>Figure IV-1 :</b> Modèle général de la dégradation des écosystèmes et des moyens envisagés pour y remédier.....	<b>55</b>
<b>Figure V-1 :</b> Situation des différentes stations d'études (mise en défens et parcours à pâturage libre) dans les différentes wilayates steppiques (Centre et Ouest) .....	<b>68</b>
<b>Figure V-2 :</b> Triangle des stratégies C-S-R de Grime (1977).....	<b>80</b>
<b>Figure VI-1 :</b> Richesse floristique (S) des parcours aménagés (MER : mise en repos ; PP : plantation pastorale) dans les différentes régions d'étude .....	<b>88</b>
<b>Figure VI-2 :</b> Indice de diversité de Shannon (H') calculé dans les parcours mise en repos (MER) et les parcours à pâturage libre (HMER) au niveau des différentes régions d'études.....	<b>91</b>
<b>Figure VI-3 :</b> Indice d'équitabilité (E) calculé dans les parcours aménagés par la mise en repos (MER) et les parcours à pâturage libre (HMER) au niveau des différentes régions d'études.....	<b>91</b>
<b>Figure VI-4 :</b> Indice de diversité de Shannon (H') calculé dans les parcours aménagé par la plantation pastorale (PP) et les parcours à pâturage libre (HPP) au niveau des différentes régions d'études.....	<b>92</b>
<b>Figure VI-5 :</b> Indice d'équitabilité (E) calculé dans les parcours aménagé par la plantation pastorale (PP) et les parcours à pâturage libre (HPP) au niveau des différentes régions d'études.....	<b>92</b>
<b>Figure VI-6 :</b> Diagramme du coude pour définir le nombre d' axes à retenir pour l'ACP relative aux éléments de surface du sol. ....	<b>101</b>

<b>Figure VI-7 :</b> Projection des variables relative aux recouvrements végétale et les différents éléments de surface du sol sur le plan factoriel de l'ACP.....	<b>102</b>
<b>Figure VI-8 :</b> Projection des différentes stations sur le plan factoriel de l'ACP relative aux recouvrements végétales et les différents éléments de surface du sol. ....	<b>102</b>
<b>Figure VI-9 :</b> Taux du recouvrement de la végétation et les éléments de surface du sol dans les parcours aménagés par la mise en repos (MER) et les parcours à pâturage libre (HMER) dans les différentes régions d'études. ....	<b>104</b>
<b>Figure VI-10 :</b> Taux du recouvrement de la végétation et les éléments de surface du sol dans les parcours aménagés par la plantation pastorale (PP) et les parcours à pâturage libre (HPP) dans les différentes régions d'études.....	<b>104</b>
<b>Figure VI-11 :</b> Le spectre biologique dans les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantations pastorales) et dans les parcours à pâturage libre (hors mises en repos et hors plantations pastorales) .....	<b>113</b>
<b>Figure VI-12 :</b> Le taux d'espèces arido-passives, arido-actives et phréatophytes dans les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantations pastorales) et dans les parcours à pâturage libre (hors mises en repos et hors plantations pastorales).....	<b>117</b>
<b>Figure VI-13 :</b> Stratégies démographiques sensu Grime dans les parcours aménagés par la mise en repos (MER) et les parcours non aménagés (HMER) (en %). ....	<b>122</b>
<b>Figure VI-14 :</b> Stratégies démographiques sensu Grime dans les parcours aménagés par la plantation pastorale (PP) et les parcours non aménagés (HPP) (en %). ....	<b>122</b>
<b>Figure VI-15 :</b> Diagramme du coude pour définir le nombre des axes à retenir pour l'ACP relative aux caractéristiques pastorales.....	<b>129</b>
<b>Figure VI-16 :</b> Projection des variables pastorales (valeur pastorale, productivité pastorale et charge pastorale) sur le plan factoriel de l'ACP.....	<b>129</b>
<b>Figure VI-17 :</b> Projection des différentes stations sur le plan factoriel de l'ACP relative aux variables pastorales. ....	<b>130</b>
<b>Figure VI-18 :</b> Présentation des biomasses totales au niveau des différentes stations d'études. ....	<b>138</b>
<b>Figure VI-19 :</b> Présentation de la biomasse des pérennes au niveau des différentes stations d'études.....	<b>140</b>
<b>Figure VI-20 :</b> Présentation des biomasses des éphémères au niveau des différentes stations d'études.....	<b>142</b>

## *Liste des planches, figures et tableaux*

---

<b>Figure VI-21</b> : Diagramme du coude pour définir le nombre des axes à retenir pour l'ACP relative à la biomasse.....	<b>144</b>
<b>Figure VI-22</b> : Projection des variables de biomasse (biomasse totale, biomasse éphémères et biomasse des pérennes) sur le plan factoriel de l'ACP.....	<b>144</b>
<b>Figure VI-23</b> : Projection des différentes stations sur le plan factoriel de l'ACP des variables relative à la biomasse (biomasse totale, biomasse des pérennes et biomasse des éphémères).....	<b>145</b>

---

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau I-1</b> : Fluctuation des précipitation (P) en Oranie méridionale.....	<b>14</b>
<b>Tableau I-2</b> : Evolution de la population steppique par rapport à la population total.....	<b>15</b>
<b>Tableau I-3</b> : Statistiques du cheptel en Algérie selon le ministère de l'agriculture et du développement rural.....	<b>16</b>
<b>Tableau I-4</b> : Statistiques du cheptel dans la zone steppique selon le ministère de l'agriculture et du développement rural (M-A-D-R-) pour la période 1998-2008-.....	<b>16</b>
<b>Tableau II-1</b> : Evolution de la population de la steppe .....	<b>27</b>
<b>Tableau II-2</b> : Variation de la pluviométrie moyenne annuelle dans quelques stations steppiques- .....	<b>32</b>
<b>Tableau II-3</b> : Paramètres statistiques des séries pluviométriques de trois stations steppiques.....	<b>33</b>
<b>Tableau II-4</b> : Les Moyennes des températures maximales mensuelles dans quelques stations steppique durant la période 1971-2000- .....	<b>33</b>
<b>Tableau II-5</b> : Etat des parcours steppiques et leur superficies.....	<b>36</b>
<b>Tableau II-6</b> : Critères et seuils de vulnérabilité des écosystèmes à la désertisation..	<b>41</b>
<b>Tableau V-1</b> : Localisations, types d'aménagements et types de formations végétales des différentes stations d'études- .....	<b>69</b>

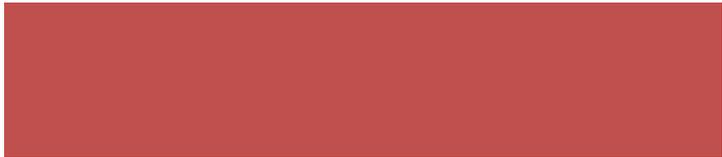
<b>Tableau V-2</b> : Paramètre climatiques (précipitations et températures) dans les différentes wilayates échantillonnées- .....	<b>70</b>
<b>Tableau V-3</b> : Gradients pluviométriques appliqués pour les stations échantillonnées (Amghar, 2012).....	<b>71</b>
<b>Tableau V-4</b> : Paramètres climatiques calculés par extrapolation: le Q2 d’Emberger, régime saisonnier, période sèche et étage bioclimatique de quelques .....	<b>73</b>
<b>Tableau V-5</b> : Critères types pour l’attribution rapide des stratégies C-S-R de Grime, d’après Vela, 2002 .....	<b>80</b>
<b>Tableau V-6</b> : Relations entre fréquences spécifiques (X) et phytomasses (Y) pour les principales espèces et catégories d'espèces steppiques.....	<b>83</b>
<b>Tableau VI-1</b> : Effet de la mise en repos sur les paramètres de richesse et diversité floristique dans les stations échantillonnées. ....	<b>87</b>
<b>Tableau VI-2</b> : Effet de la plantation pastorale sur les paramètres de richesse et diversité floristique dans les stations échantillonnées. ....	<b>87</b>
<b>Tableau VI-3</b> : Indice de similitude de Jaccard (Pj) entre les parcours aménagés et protégés et les parcours non aménagés et non protégés.....	<b>97</b>
<b>Tableau VI-4</b> : Matrice de corrélations entre les différents éléments de surface du sol dans les différentes stations d’études.....	<b>99</b>
<b>Tableau VI-5</b> : Effet de la mise en repos sur le recouvrement de la végétation et les différents éléments de surface du sol dans les stations échantillonnées.....	<b>103</b>
<b>Tableau VI-6</b> : Effet de la plantation pastorale sur le recouvrement de la végétation et les différents éléments de surface du sol dans les stations échantillonnées. ....	<b>103</b>
<b>Tableau VI-7</b> : Le spectre biologique dans les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantations pastorales) et dans les parcours à pâturage libre (hors mises en repos et hors plantations pastorales). ....	<b>112</b>
<b>Tableau VI-8</b> : Relation entre l’environnement et l’existence de trois stratégies (d’après Grime, 1977 modifié par Médail, 1996).....	<b>119</b>
<b>Tableau VI-9</b> : Taux des types C-S-R de Grime dans les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantations pastorales) et les parcours non aménagés (Hors mises en repos et hors plantations pastorales). ....	<b>120</b>

<b>Tableau VI-10 :</b> Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) sur la valeur pastorale dans les stations échantillonnées. ....	<b>124</b>
<b>Tableau VI-11 :</b> Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la valeur pastorale entre les différentes stations d'études. ....	<b>125</b>
<b>Tableau VI-12 :</b> Test de <i>Tukey</i> de la valeur pastorale entre les différentes stations d'études. ....	<b>125</b>
<b>Tableau VI-13 :</b> Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) sur la productivité pastorale dans les stations échantillonnées. ....	<b>126</b>
<b>Tableau VI-14 :</b> Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la productivité pastorale entre les différentes stations d'études. ....	<b>126</b>
<b>Tableau VI-15 :</b> Test de <i>Tukey</i> de la productivité pastorale entre les différentes stations d'études. ....	<b>127</b>
<b>Tableau VI-16 :</b> Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) sur la charge pastorale dans les stations échantillonnées. ....	<b>127</b>
<b>Tableau VI-17 :</b> Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la biomasse des éphémères entre les différentes stations d'études. ....	<b>128</b>
<b>Tableau VI-18 :</b> Test de <i>Tukey</i> de la valeur pastorale entre les différentes stations d'études. ....	<b>128</b>
<b>Tableau VI-19 :</b> Variation du taux des espèces par classe d'indice pastorale dans les différents parcours (mises en repos vs hors mises en repos ; Plantations pastorales vs hors plantations pastorales). ....	<b>134</b>
<b>Tableau VI-20 :</b> Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) sur la biomasse totale dans les stations échantillonnées. ....	<b>138</b>
<b>Tableau VI-21 :</b> Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la biomasse totale entre les différentes stations d'études. ....	<b>138</b>
<b>Tableau VI-22 :</b> Test de <i>Tukey</i> de la biomasse totale entre les différentes stations d'études. ....	<b>139</b>
<b>Tableau VI-23 :</b> Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) sur la biomasse des pérennes dans les stations échantillonnées. ....	<b>139</b>
<b>Tableau VI-24 :</b> Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) sur la biomasse des éphémères dans les stations échantillonnées. ....	<b>140</b>

## *Liste des planches, figures et tableaux*

---

<b>Tableau VI-25</b> : Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la biomasse des pérennes entre les différentes stations d'études.....	<b>141</b>
<b>Tableau VI-26</b> : Test de <i>Tukey</i> de la biomasse des pérennes entre les différentes stations d'études.....	<b>142</b>
<b>Tableau VI-27</b> : Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la biomasse des éphémères entre les différentes stations d'études.....	<b>143</b>
<b>Tableau VI-28</b> : Test de <i>Tukey</i> de la biomasse des éphémères entre les différentes stations d'études.....	<b>143</b>



*Introduction*  
*générale*



## ***INTRODUCTION GENERALE***

Les steppes du Nord de l'Afrique occupent environ 630 000 km<sup>2</sup> de l'Atlantique à la mer Rouge, entre les courbes isohyètes annuelles 100 et 400 mm. On pourrait ajouter environ 1 million de km<sup>2</sup> de steppes désertiques du Sahara septentrional, entre les isohyètes annuelles de 50 et 100 millimètres (Le Houérou, 1995). Elles ont été soumises à une exploitation humaine plurimillénaire, sous forme de pratiques diverses variant en intensité en fonction du niveau d'aridité climatique, de la densité de population et de l'histoire locale des usages (Aidoud et *al.*, 2006).

Dans les parcours pastoraux arides du pourtour saharien, la rareté et l'imprévisibilité des pluies, ont imposé de tout temps, un élevage pastoral avec transhumance ou nomadisme comme quasi-unique usage (Thébaud & Batterbury, 2001). Avec environ 20 millions d'hectares, la Steppe d'Algérie, un de ses trois grands ensembles géographiques, a reçu son nom du type de végétation, une steppe dont l'usage dominant a été longtemps agro-pastoral mais dans lequel les cultures céréalières étaient marginales (Boukhobza, 1982). Encore traditionnel le plus souvent, l'élevage dit "pastoral" et majoritairement ovin, est pratiqué sur des parcours steppiques à usage collectif et quasi-libre (Bencherif, 2011). Durant les quatre dernières décennies, le surpâturage a très fortement dégradé ces parcours avec des signes d'aucuns considèrent comme des manifestations de désertification (Le Houérou, 1995 ; Aidoud et *al.*, 2006).

Durant les quatre dernières décennies, tous les auteurs s'étant intéressés aux Hautes Plaines steppiques Algériennes à vocation essentiellement pastorales soulignent la forte dégradation de ces parcours par le surpâturage se traduisant par la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologiques et socio-économiques (Aidoud et *al.*, 2006 ; Nedjraoui & Bedrani, 2008 ; Moulay & Benabdeli, 2012). Les études diachroniques réalisées dans le sud Oranais ont montré que des faciès ont complètement disparu et sont remplacés par d'autres faciès indicateurs de stades de dégradation et d'ensablement (Bouazza & Benabadji, 2002 ; Bensaid, 2006 ; Haddouche, 2009 ; Benguerai, 2011 ; Hirche et *al.*, 2010). Outre les sécheresses plus fréquentes, accompagnées d'une plus grande pression du pâturage, la croissance

démographique, des besoins et de la spéculation, ont conduit à une certaine saturation de l'espace pastoral (Khaldi, 2014). De ce fait, les modes de gestion ancestraux ayant permis le maintien d'un équilibre plus ou moins stable, ne semblent plus appropriés. Le pâturage excessif modifie profondément l'écosystème (Dregne, 1983, Milchunas *et al.*, 1988; Westoby *et al.*, 1989 ; Milchunas & Lauenroth, 1993). Charles Killian dès 1949, recommandait la mise en défens comme moyen de sauvegarder le milieu et la végétation steppiques en Algérie. De nombreux pays ont introduit, sous des formes plus ou moins institutionnalisées, une part d'aménagement alternant durant une même année, pâturage et repos de la végétation. Ces périodes ont été précédées parfois d'une mise en défens totale en vue d'une restauration de la végétation. Cette alternance correspond à la définition générale (Heitschmidt & Taylor, 1991) d'un « système de pâturage » (SP) qui, en empêchant les animaux domestiques de paître durant une période plus ou moins longue, donne à l'écosystème la possibilité de régénérer la végétation auparavant utilisée comme fourrage. Selon l'époque de l'année et la durée de la période d'exclusion des animaux, le SP se décline sous différents modes (Briske *et al.*, 2008) pouvant être regroupés en deux principaux : (1) le pâturage en rotation pratiqué le plus souvent dans les prairies avec des durées et des surfaces relativement réduites (Howery *et al.*, 2000); (2) le pâturage différé ou « mise en repos » consiste à proscrire le pâturage pour une durée plus ou moins longue, souvent supérieure à 6 mois. Selon Voisin (1957), ce dernier mode a été décrit en Écosse par James Anderson au XVIIIème siècle. C'est le mode le plus utilisé dans les zones arides. C'est une pratique très ancienne dans les parcours pastoraux africains. Elle est dénommée « gdal » ou « H'ma » au Maghreb, "Mahmia" au Moyen-Orient et « ngitili » en Tanzanie (Selemani *et al.*, 2013). Cependant, l'application d'un tel système, sous sa forme élaborée est relativement récente.

En Algérie, la nécessité d'aménagements pastoraux est apparue assez tôt, le gouvernement a engagé de grands travaux dès les années 1960 et 1970. Tous ces efforts n'ont pas arrêté la dégradation et les échecs sont attribués à différentes causes administratives, politiques voire culturelles (e.g. Bedrani, 1994; Khaldi, 2014) mais également scientifiques relevant de la connaissance insuffisante de ces écosystèmes, insuffisance ayant conduit à des propositions risquées ou très coûteuses. La dégradation nécessite des remèdes qui font appel, à l'écologie de la restauration dans

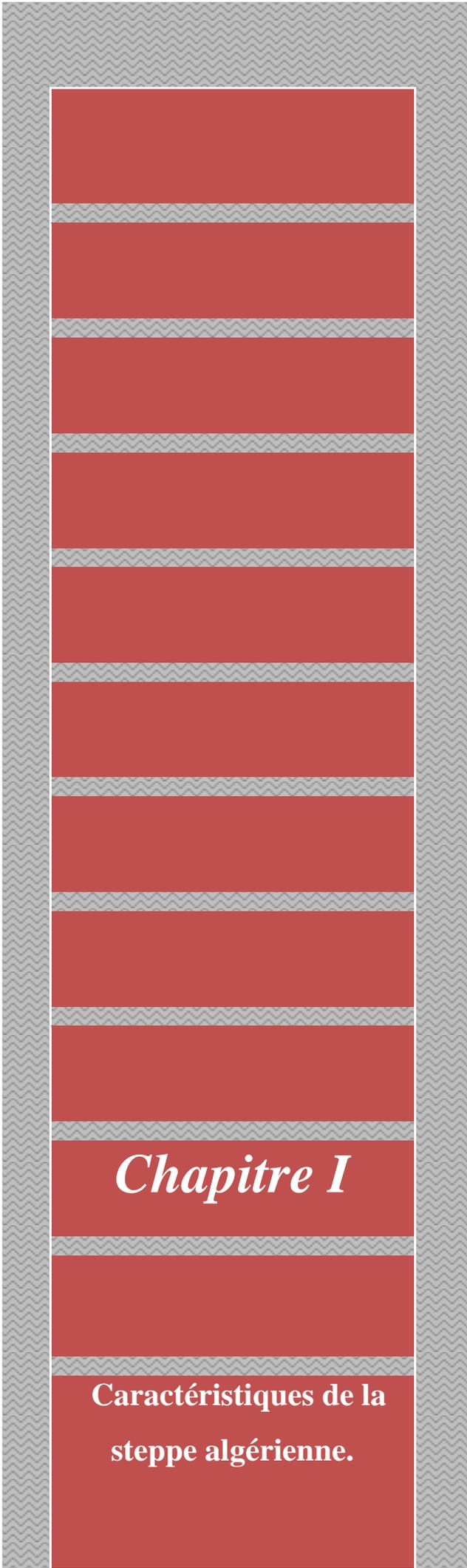
la théorie et à l'ingénierie écologique dans la pratique, des disciplines relativement jeunes et relativement peu expérimentées dans les écosystèmes arides. Les expérimentations et les actions de restauration sont d'un coût élevé en raison surtout des grands espaces à gérer. En Algérie, le HCDS (Haut-Commissariat au développement de la Steppe), est chargé depuis une trentaine d'années de la gestion de ces parcours. Son approche actuelle consiste en l'intervention sur des superficies de parcours par la réhabilitation (plantation d'essences fourragères) ou plus simplement et le plus souvent par la restauration passive par exclusion du pâturage. Une fois le couvert végétal rétabli, l'ouverture au pacage et son contrôle se poursuit selon un SP.

Bien que le SP est souvent considéré comme une panacée, son efficacité par rapport au pâturage continu semble faire l'objet de controverse en raison souvent de la difficulté d'évaluation donnant parfois des résultats biaisés ou insuffisamment concluants (e.g. Briske et *al.*, 2008). En nous basant sur des études de cas prises comme exemple, le présent travail a pour objectif la caractérisation des effets de deux techniques d'aménagement : la mise en repos et la plantation fourragère à base d'*Atriplex canescens* sur : (i) la richesse et diversité floristique, (ii) le recouvrement de la végétation et l'état de la surface du sol, (iii) la valeur, la productivité et la charge pastorale, (iv) la production de la biomasse.

Pour répondre à ces objectifs nous avons articulé notre thèse autour de trois parties différentes mais complémentaires :

- Dans la première partie de ce travail sera présenté une synthèse bibliographique sur la steppe Algérienne, ces caractéristiques, la dégradation et les causes de dégradation de ces parcours ; Aussi ils seront exposés les différentes stratégies et actions de développement de l'espace steppique algérien ainsi que des éléments bibliographiques sur l'écologie de la restauration.
- Dans la deuxième partie nous avons exposé et décrit le cadre physique de la zone d'étude, la démarche méthodologique adoptée à savoir l'échantillonnage, les différents indices et paramètres calculés et les traitements statistiques utilisés.

- La troisième partie est consacrée à la discussion des résultats obtenus qui ont permis d'évaluer l'effet des techniques de restauration des parcours à savoir la mise en repos et la plantation pastorale sur les différents paramètres floristiques et pastorales et leur intérêts pour une exploitation durable.
- Nous terminons par une conclusion générale avec des perspectives et quelques recommandations.



*Chapitre I*

**Caractéristiques de la  
steppe algérienne.**

## I) Caractéristiques de la steppe algérienne

### I-1) Définition de la steppe

Le terme « steppe » semble avoir été utilisé pour la première fois par les auteurs russes: « les steppes, en tant que type de végétation, comprennent les associations d'herbacées vivaces microthermiques et xérophiles (résistantes au froid et à la sécheresse), parmi lesquelles les Graminées cespiteuses tiennent la première place" (Lavrenko, 1954 *in* Kaabech, 1990).

Selon cet auteur (Lavrenko, 1954 *in* Kaabech, 1990), les steppes se répartissent en divers types, des « vraies steppes » aux « steppes-prairies » en passant par les « steppes désertiques » et les « steppes semi savanes». Sur la base de convergences physionomiques et à un moindre degré floristiques (dominance notamment d'espèces du genre *Stipa* L.), ce terme a été élargi à d'autres formations développées dans diverses régions du monde (Trochain, 1957; Bagnouls et *al.*, 1968; Lacoste et Salanon, 1969). Au Maghreb, il est ordinairement adopté pour qualifier, du point de vue physionomique, la végétation des milieux arides. Selon Ionesco et Sauvage (1962), la steppe y représente « une formation naturelle herbacée très ouverte et très irrégulière » (Kaabech, 1990).

Ce nom globale est donc souvent complétée par le nom de l'espèce dominante, tantôt graminéenne (steppe à *Stipa tenacissima*, steppe à *Lygeum spartum*), tantôt chaméphytique (steppe à *Artemisia herba-alba*), parfois également par une référence aux conditions climatiques et édaphiques locales (steppe aride ou saharienne, steppe psammophile à *Aristida pungens* ou halophile à Salsolaceae) (Kaabech, 1990). Autrement dit, la définition de la « steppe » repose souvent sur une combinaison de critères à la fois physionomiques, structuraux et écologiques. De même, à l'intérieur d'un même type de steppe, des « faciès » peuvent être distingués, en fonction de la seconde (parfois troisième) espèce dominante. Le terme de "pseudo-steppe" (Trochain, 1957) est souvent utilisé pour qualifier la végétation de la bordure saharienne, notamment les formations à *Arthrophytum scoparium* (Guinet, 1954; Guinet et Sauvage, 1954) (*in* Kaabech, 1990).

Selon Le Houérou (1995a) 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)".

Pour les diverses définitions de la steppe (géographique, physiologique et administrative), nous avons repris les définitions exposées par (Hirche, 2010). Pour les écologues c'est la définition physiologique qui reste comme référence (Bourbouze, 1999).

### **I-1-1) Définition physiologique**

La steppe est un écosystème caractérisé par une formation végétale hétérogène discontinue plus au moins dense, composée de plantes herbacées et arbustives xérophytes de hauteur limitée, et par des sols généralement maigres à faible taux en matière organique. C'est un territoire où l'application de l'agriculture intensive n'est pas possible sans un apport en eau d'irrigation, du fait de la faiblesse et l'irrégularité des précipitations (Hirche, 2010).

### **I-1-2) Définition géographique**

La steppe, englobe les Hauts plateaux algériens et la région présaharienne (Fig.I-1) avec 32 millions d'ha. Les premiers se subdivisent en (Amghar,2012) :

- a) Région des hautes plaines intérieures : Comprise entre l'Atlas tellien, au nord, et l'Atlas saharien, au sud. Elle se situe essentiellement entre les isohyètes 200 à 400 mm et s'étend sur une superficie de près de 16 millions d'hectares environ, soit environ 7 % du territoire algérien. Elle est à la fois la région des cultures céréalières et des parcours, elle occupe tout ou une partie de 18 wilayates. On y distingue deux zones :

✓ La zone des Hauts Plateaux telliens à pluviométrie comprise entre 300-400 mm est à vocation essentiellement céréalière (Hautes plaines céréalières) et pastorale. Elle couvre près de 4 millions d'hectares soit 1,55 % du territoire (11 wilayates).

- ✓ La zone des hauts plateaux à vocation pastorale qui correspondent à la zone pastorale *sensu stricto*. C'est la patrie de l'élevage ovin occupant 12 millions d'hectares soit 5,2 % du territoire national (08 wilayates dont une en commun avec les plaines céréalières). La pluviométrie est entre 200-300 mm.
- b) Région présaharienne ou pré-désertique : Elle se localise au revers sud de l'Atlas saharien et est constituée de sols squelettiques (regs et hamadas). La superficie est de près de 12 millions d'hectares soit environ 4,5 % du territoire. Il y pleut moins de 200 mm de pluie. Cette région est administrativement couverte par 08 dont 7 en commun avec les hautes plaines pastorales. Son agriculture est de type oasien (palmeraies et cultures sous frondaison ou intercalaires) ou de céréales plein champ conduites par irrigation sous pivot à partir des eaux des nappes souterraines fossiles.

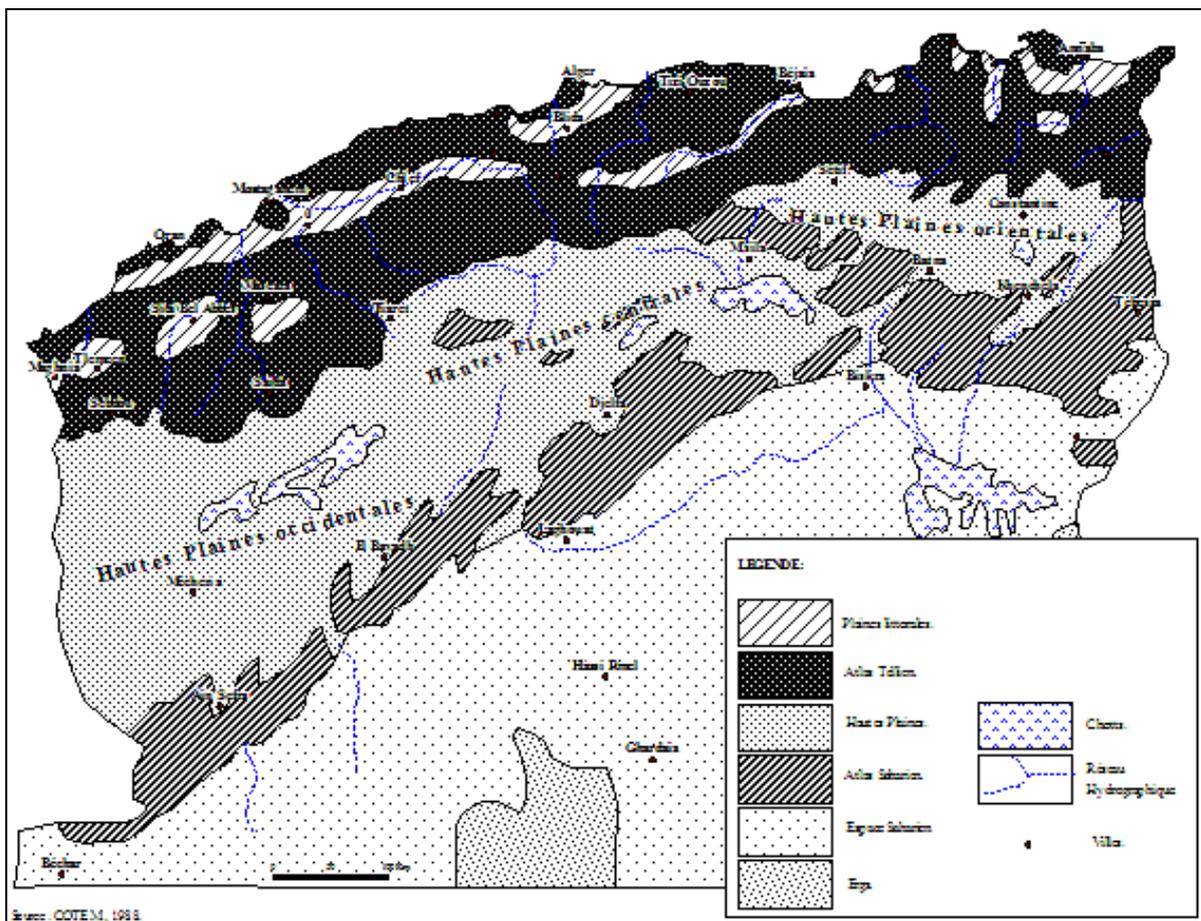


Figure I-1 : Limites géomorphologiques de la steppe (Source: Côte, 1988).

### **I-1-3) Définition administrative**

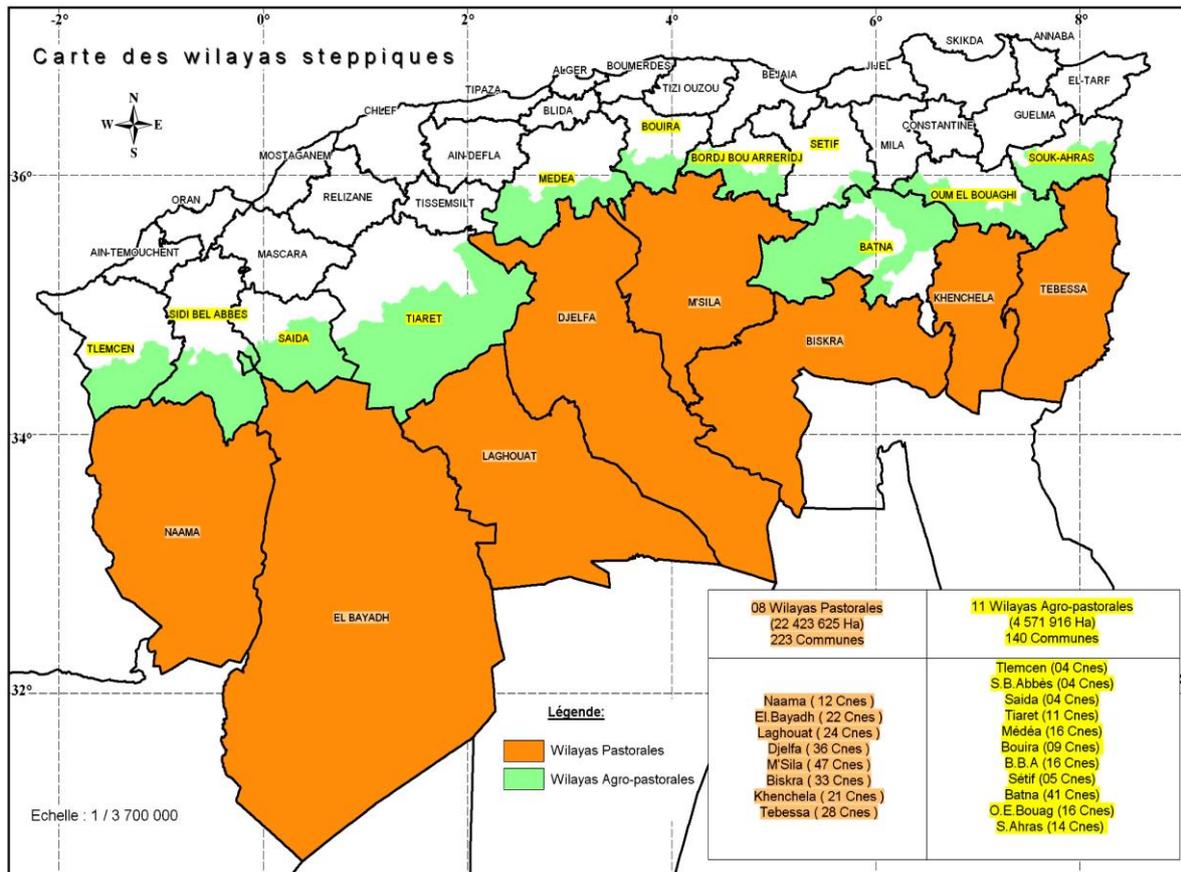
Le territoire steppique est couvert administrativement par 19 wilayates (Fig.I-2) dont :

- ✓ 08 Wilayates considérées proprement steppiques: Naâma, El Bayadh, Laghouat, Djelfa, M'Sila, Batna, Khenchela et Tébessa.
  
- ✓ 11 Wilayates mixtes agro pastorales et pastorales : Tlemcen, Saïda, Sidi-Bel-Abbès, Tiaret à l'Ouest, Médéa, Bouira, Bordj-Bou-Arreridj et Sétif au centre, Oum El Bouaghi, Batna et Souk Ahras à l'Est.

Le territoire steppique sous tutelle du Haut Commissariat au Développement de la Steppe (H.C.D.S.), comprend 19 wilayates steppiques et agro-pastorales se répartissant sur 363 communes.

Suite aux différents découpages administratifs, plus particulièrement celui de 1985, les parcours présahariens ont été intégrés dans les wilayates dites steppiques.

Les droits de propriété et d'usage des terres ont initialement été régis par le code pastoral suite à l'ordonnance N° 75-43 du 17 juin 1975 portant code pastoral. Il définit les terres de parcours comme l'ensemble des pâturages naturels situés dans les zones steppiques à l'exclusion des terres ayant fait l'objet, à la date de publication de l'ordonnance, « d'une mise à valeur constante, soit du fait des conditions de milieu naturel soit du fait d'installations permettant une irrigation saisonnière ou permanente. Les zones steppiques s'intègrent dans la tranche pluviométrique 200-400 mm. Les parcours présahariens, englobant la région des dayas » correspondent à l'aride inférieur, soit la tranche en dessous de l'isohyète 200 mm.



**Figure I-2 :** Limite administrative des Wilayas pastorales et agropastorales  
(Source : H.C.D.S., 2012).

La loi d'orientation foncière de 1990 (N° 90-25 du 18 novembre 1990) définit les parcours sur la base de la végétation : « annuelle, dense ou clairsemée comprenant des plantes à cycles végétatifs annuels ou pluriannuels ainsi que des arbustes ou des arbres fourragers et qui est exploitée d'une façon pluriannuelle pour le pacage des animaux ». Par cette définition, sont rassemblés les parcours steppiées et présahariens. Cette loi se veut plus englobante que le code pastoral qui ne s'intéressait qu'à la steppe (Bédrani et *al.*, 1994). Elle introduisait la notion de terres à vocation pastorale pour les terres dénudées se trouvant au-delà de l'isohyète 100 mm et pouvant être restaurées, et par les terres situées en dessous de l'isohyète 300 mm résultant de défrichements ou de labours d'anciens pâturages steppiées ou d'anciennes nappes alfatières. La délimitation de l'isohyète 300 mm implique ipso facto que les parcours de l'Aride supérieur

correspondant approximativement à la tranche 300-400 mm peuvent être labourées car exclus du domaine steppique.

La loi domaniale de décembre 1990 stipule que les terres pastorales ou à vocation pastorale et les nappes alfatières, telles que définies par la loi, sont soumises, de par leur nature vitale et stratégique pour les besoins de la population et de l'économie, à une réglementation particulière de protection, de gestion et d'exploitation conformément à la législation en vigueur, notamment la loi pastorale » (Article 104). Cette dernière loi, en préparation devant remplacer le code pastoral n'a pas encore été amendé Une troisième loi régit les parcours c'est celle de l'accession à la propriété foncière agricole de 1983 (N° 83-18 du 13 Août 1983) qui vise à promouvoir les investissements hydro agricoles. Un titre de propriété sur les terres agricoles peut être délivré par le wali.

### **I-2) Les sols steppiques :**

D'après Amghar (2012) et Selon Kadi-Hanifi (1998) le sol est « un milieu en équilibre souvent fragile qui ne peut être mis en valeur de façon efficace et durable qu'après une connaissance approfondie. Entre la plante et le sol existent des rapports, des lois biologiques que l'on ne peut transgresser sans risques ». En plus, du rôle de la nutrition minérale, le sol constitue un système d'amortissement entre la plante et les conditions climatiques (Aime, 1991).

Pouget (1980), note une grande diversité des sols dans la région steppique, il note aussi que la répartition des sols steppiques correspond à une mosaïque complexe où se mêlent les sols anciens, les sols récents, les sols dégradés et les sols évolués.

Les sols steppiques sont squelettiques, pauvres et fragiles à cause de la rareté de l'humus et de leur très faible profondeur, ils se présentent sous forme de mosaïque allant des sols anciens aux sols récents peu évolués (Djebaili, 1983). On distingue principalement (Amghar, 2012):

- ✓ Les sols minéraux bruts (lithosols et régosols) localisés sur les sommets des djebels ;

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

Les sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire réduisant la profondeur du sol utile, la faible teneur en matière organique et en éléments biogènes et une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation.

Halitim (1985), cité par Khelil (1997), note que la mise en valeur de ces sols très souvent peu fertiles pour contrôler l'érosion, nécessite des recherches longues et approfondies pour développer une base technique et scientifique de protection et d'aménagement de ces régions.

En effet, l'existence de bons sols est très limitée. Ces derniers sont destinés aux cultures et se localisent dans les dépressions, les lits d'Oued, les dayas et les piémonts de montagne du fait que leur situation permet une accumulation d'éléments fins et d'eau.

### **I-3) Le climat:**

La steppe algérienne se caractérise par un climat de type méditerranéen avec une saison estivale sèche et chaude alternant avec une saison hivernale pluvieuse, fraîche sinon froide. Diminution et irrégularité accrue des pluviosités, augmentation des températures et de la longueur des périodes de sécheresse estivale rendant encore plus difficiles les conditions de développement des plantes avec un bilan hydrique déficitaire (Le Houérou, 1996).

En général, la pluviométrie moyenne annuelle est faible (entre 100 et 400 mm/an) dont la répartition est comme suit :

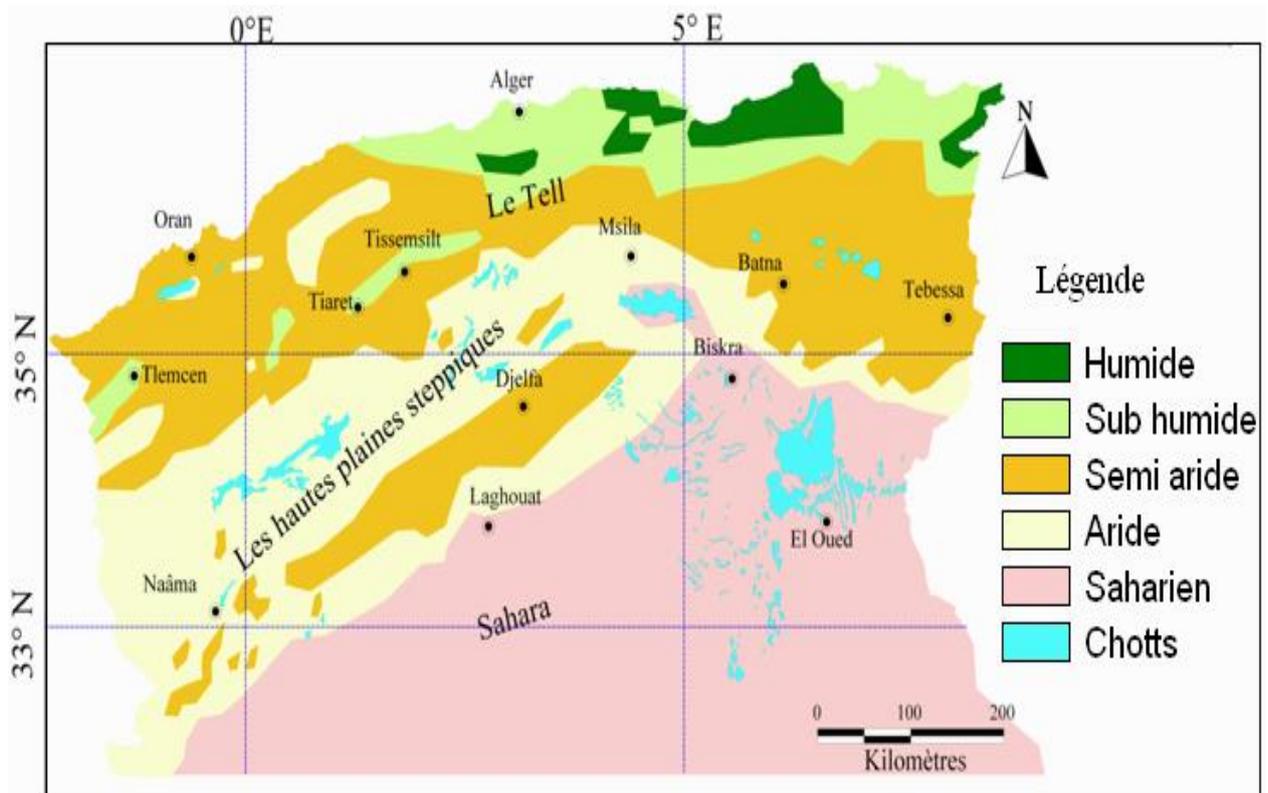
✓ **300 - 400 mm**, correspond à la zone sub-steppique du semi-aride, caractérisée par la disparition des espèces forestières et l'apparition des espèces steppiques telles que l'armoïse (*Artemisia herba alba*), l'alfa (*Stipa tenacissima*) et le sparte (*Lygeum spartum*). Ces terrains considérés comme de bons parcours sont situés au Nord des Hautes Plaines Algéro-oranaises et sur le versant Sud des Aurès, des Monts des Ouleds Naïls et des Nememchas. Dans cet étage bioclimatique, les parcours sont en compétition avec la céréaliculture au niveau des dépressions (Nedjraoui, 2001).

✓ **100 - 300 mm**, cette tranche pluviométrique correspond à la région des steppes méridionales arides et présahariennes qui sont caractérisées par une réduction importante du couvert végétal donnant lieu à des parcours médiocres sur des sols squelettiques et ayant atteint un seuil de dégradation très avancé (Nedjraoui, 2001).

✓ **< 100 mm** correspond à la zone Sud de l'Atlas saharien. La végétation est contractée et localisée dans les lits d'oueds. C'est une végétation hygrophile et psamophile fortement adaptée aux conditions xériques et qui présente un très fort taux d'endémisme. On retrouve des pâturages à base d'espèces graminéennes à *Aristida pungens* et *Panicum turgidum* et d'arbustes fourragers tels que les nombreux acacias (Nedjraoui, 2001).

Les Hautes Plaines steppiques sont caractérisées par une longue période de sécheresse estivale variant de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines steppiques, l'influence du Sahara confère à ces régions un climat sec et chaud avec une amplitude thermique très importante. La moyenne des températures minimales du mois le plus froid "m" comprise entre 0 et 9°C dans les régions littorales et entre - 2 et + 4°C dans les régions semi-arides et arides. Une moyenne des températures maximales du mois le plus chaud "M" varie avec la continentalité, de 28°C à 31°C sur le littoral, de 33°C à 38°C dans les Hautes Plaines steppiques et supérieure à 40°C dans les régions sahariennes (Nedjraoui, 2001).

Les zones steppiques sont localisées dans les étages bioclimatiques semi arides, aride et même présaharien (Fig. I-3).

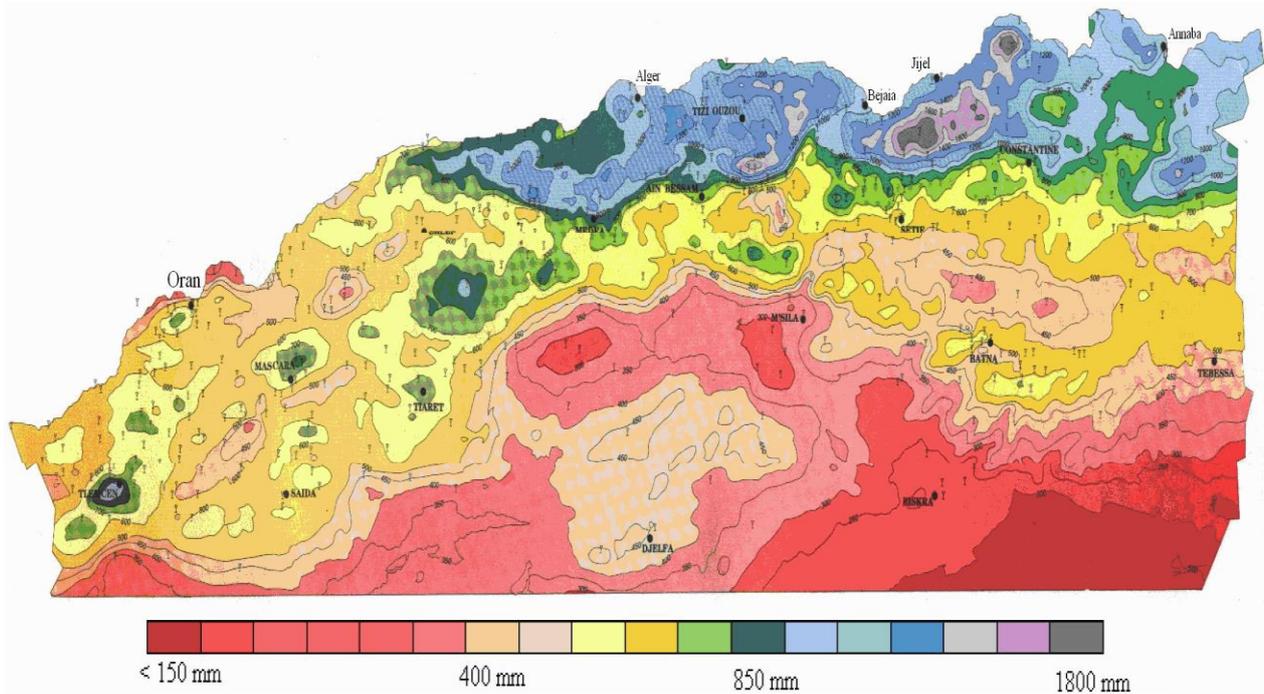


**Figure I-3** : Carte bioclimatique de l'Algérie. (Source : ANAT, 2004).

L'écosystème steppique est marqué par une grande variabilité interannuelle des précipitations, les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité moyenne annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante (Hirche et al., 2007).

La diminution des précipitations moyenne calculée sur une période (1913-38) est de l'ordre de 18 à 27 %, particulièrement du Sud-Ouest Oranais, les pluviosités annuelles n'ont pas dépassé 25 % de la moyenne, et la durée de la saison sèche aurait augmenté de 2 mois entre 1913-1938 et 1978-1990 (Djellouli et Nedjraoui 1995). Les précipitations varient entre 100 et 400 mm/an (Fig.I.4) dans la zone steppique selon un gradient Sud-Nord.

Selon Benabdeli (2007), une synthèse sur les fluctuations des précipitations en Oranie méridionale fait apparaître un déficit oscillant entre 12 et 32 mm (Tableau I-1).



**Figure I-4 :** Carte pluviométrique de l'Algérie. (Source : ANAT, 2004).

**Tableau I-1:** Fluctuation des précipitations ( $P$ ) en Oranie méridionale (Benabdeli, 2007)

<i>Stations</i>	<i>Précipitation Période 1985-1990</i>	<i>Précipitation Période 2002-2005</i>	<i>Ecartyp en mm</i>	<i>Variation %</i>
Tebessa	340	328	28	8.24
Djelfa	308	284	24	7.79
Ain Ouassara	250	238	12	4.80
Laghouat	170	157	13	4.65
El-Bayadh	323	309	14	4.33
Méchria	276	264	12	4.35
Saïda	382	350	32	8.38
<i>Moyenne</i>	<b>292</b>	<b>275</b>	<b>19</b>	<b>6.51</b>

Le vent est l'aspect climatique le plus important dans l'étude d'une région aride, il est malheureusement souvent délaissé ou mal évalué dans les stations météorologique (où il se compte en nombre de jour) alors qu'il joue un rôle déterminant dans sa capacité de transport d'éléments solides si sa vitesse était bien appréciée.

A ce sujet Bensaid (2006) note : « Le vent est non seulement, un agent érosif spécifique au façonnement des paysages désertiques, mais aussi responsable de l'ensablement et de leur origine ». Le vent est donc capable d'éroder des roches

tendres et cela par le frottement exercé par les grains de sable transportés. La zone steppique est un champ de remous pour les masses d'air, en raison des immenses étendues et des couloirs qu'elle comporte.

#### **I-4) Population:**

Les études sociodémographiques permettent la confrontation des besoins de la population présente et future d'un pays ou d'une région avec la production économique du moment et ses possibilités de développement futur (Amghar, 2012). Cette confrontation exige une étude de la population et de son évolution dans sa composition, sa répartition sur le territoire national ou régional, son accroissement naturel, ses mouvements et ses structures socioprofessionnelles (Ruissi, 1983 *in* Amghar, 2012). La population du territoire steppique représente 25 % de la population algérienne (Amghar, 2012).

Nedjraoui et Bédrani (2008) rapportent que la croissance démographique des zones steppiques est plus forte que celle enregistrée dans le reste du pays et a concerné aussi bien la population agglomérée (dans les communes, vilages) que la population épars (nomades) (Tab.I-2).

En un peu plus d'un siècle la population des territoires steppiques algériens est passée à presque 12 millions d'habitants en 2008 soit un taux de croissance de 428 %, ce chiffre représentait l'ensemble des habitants vivant sur les steppes Marocaines, Algériennes et Tunisiennes en 1880 (Abaab et *al.*, 1995).

**Tableau I-2:** Evolution de la population steppique par rapport à la population total ( Nedjraoui et Bédrani, 2008)

<i>Années</i>	<i>Population Zones steppiques</i>	<i>Population Algerie</i>	<i>Pop Stps. / Pop Alg. %</i>
<b>1966</b>	<b>2 817 339</b>	<b>12 010 000</b>	<b>23.45</b>
<b>1977</b>	<b>3 843 090</b>	<b>16 948 000</b>	<b>22.67</b>
<b>1987</b>	<b>5 390 549</b>	<b>23 477 000</b>	<b>22.69</b>
<b>1998</b>	<b>7 225 408</b>	<b>29 276 767</b>	<b>24.67</b>

**I-5) Le cheptel :**

Les ovins dominent en Algérie avec près de 20 millions de têtes (Tab. I.3) (M.A.D.R., 2008) et se concentrent essentiellement dans le territoire steppique, avec un effectif de près de 16 millions de têtes soit 80 % de l'effectif national (Tab. I-4).

**Tableau I-3:** Statistiques du cheptel en Algérie selon le ministère de l'agriculture et du développement rural (M.A.D.R., 2008)

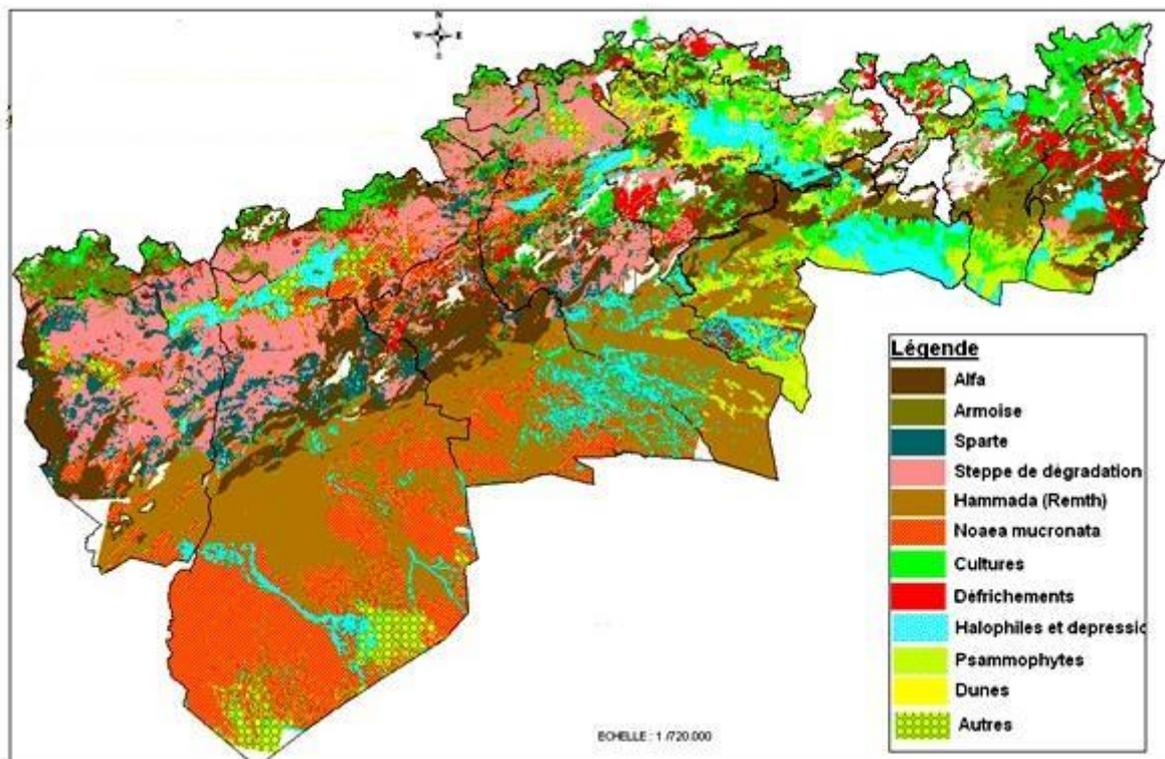
<b>Cheptel</b>	<b>Ovins (tête )</b>	<b>Bovins (tête)</b>	<b>Caprins (tête)</b>	<b>Camelins (tête)</b>
	19 946 259	1 640 730	3 751 379	301 096

**Tableau I-4:** Statistiques du cheptel dans la zone steppique selon le ministère de l'agriculture et du développement rural (M.A.D.R.) pour la période 1998-2008. (Amghar, 2012).

<b>Wilayates</b>	<b>Brebis</b>	<b>Béliers</b>	<b>Antenaises (10à18 mois)</b>	<b>Antenais (10à18 mois)</b>	<b>Agneaux (-10 mois)</b>	<b>Agnelle (- 10 mois)</b>	<b>TOTAL</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7 = 1 à 6</b>
<b>Laghouat</b>	1 087 000	138 055	50 600	25 350	71 932	71 063	1 444 000
<b>O. El Bouaghi</b>	225 003	11 207	52 612	37 686	46 020	59 467	431 995
<b>Batna</b>	269 692	12 923	55 236	52 128	70 449	84 844	545 272
<b>Biskra</b>	508 170	18 487	89 466	63 897	57 863	65 917	803 800
<b>Tébessa</b>	331 136	15 870	61 660	26 426	105 964	158 944	700 000
<b>Tlemcen</b>	250 100	20 900	38 900	35 200	46 100	48 800	440 000
<b>Tiaret</b>	748 485	57 232	161 314	121 434	171 728	211 067	1 471 260
<b>Djelfa</b>	1 285 000	89 000	286 500	201 500	323 000	332 000	2 517 000
<b>Sétif</b>	238 285	11 266	64 732	49 606	53 834	57 302	475 025
<b>Saida</b>	358 000	16 190	93 064	48 200	42 706	63 340	621 500
<b>S.bel Abbes</b>	300 590	19 800	58 657	46 554	41 119	43 280	510 000
<b>Médéa</b>	343 090	25 855	126 002	97 675	84 938	92 851	770 411
<b>M 'sila</b>	950 000	20 000	125 000	115 000	135 000	155 000	1 500 000
<b>El Bayadh</b>	907 010	52 980	170 175	39 975	40 000	92 000	1 302 140
<b>B.B. Arreridj</b>	168 270	10 088	24 408	40 140	55 631	52 133	350 670
<b>Khenchela</b>	203 732	9 350	21 027	19 160	21 558	24 780	299 607
<b>Souk A hras</b>	156 000	7 746	34 000	19 798	60 000	65 000	342 544
<b>Naama</b>	672 920	34 210	80 250	69 300	115 720	127 600	1 100 000
<b>Ghardaïa</b>	140 000	24 000	48 000	43 000	38 000	47 000	340 000
						<b>Total</b>	<b>15 965 224</b>

### I-6) Les formations végétales steppiques

Les steppes algériennes sont dominées par 4 grands types de formations végétales: les formations à alfa (*Stipa tenacissima*), à armoise blanche (*Artemisia herba alba*), à sparte (*Lygeum spartum*) et à remth (*Arthrophytum scoparium*). Les formations azonales sont représentées par les espèces psammophiles et les espèces halophiles. (Fig. I-5).



**Figure I-5 :** Carte de répartition des parcours par groupes de formations végétales (Source : H.C.D.S., 2010).

#### a) Formation à alfa (*Stipa tenacissima*) (Photo I-1).

L'alfa par sa grande amplitude écologique, se développe depuis le semi-aride jusque dans le saharien à des altitudes variant de 450 à 1800 m. Du point de vue thermique l'alfa supporte aussi bien la chaleur que le froid: m supérieur à  $-3^{\circ}$  et M supérieur à  $30^{\circ}$ .

Du point de vue pluviométrique, cette espèce reçoit entre 100 et 500 mm d'eau mais préfère la tranche pluviométrique 300-400 mm. Pour Quezel (1979),

l'isohyète 100 mm coïncide avec la limite sud de l'alfa, laquelle correspond à la limite méridionale de la région méditerranéenne.

Etant donné qu'au plan dynamique, comme l'admettent de nombreux auteurs, les formations steppiques découlent de la dégradation des formations forestières et pré-forestières de l'Atlas saharien, l'alfa se présente sous deux types (Achour, 1983; Djebaili, 1989 ; Kadi-Hanifi-Achour, 1998) :

- ✓ L'alfa forestier, sur des sols profonds et riches en matières organiques, issu de la dégradation des forêts xérophiiles, entre 1200 et 1600 m ;
- ✓ L'alfa steppique, caractérisé par l'absence d'espèces forestières, sur des sols peu profonds à encroûtement calcaire.

Les sols colonisés par les groupements à alfa sont généralement de type brun-calcaire à croûte et à dalle, perméables, à texture plus ou moins sableuse (Pouget 1980 ; Achour 1983, 1997).

Du point de vue dynamique ces groupements à alfa ne constituent qu'un stade de transition entre les steppes arborées et les steppes à armoise et sparte (Djebaili, 1990).

Dans les cas les plus favorables la production de l'alfa peut atteindre 10 tonnes MS/ha, mais la partie verte, qui est la partie exploitable, a une production de 1 000 à 1 500 kg MS/ha (Aidoud, 1983 ; Nedjraoui, 1990). La productivité pastorale moyenne de ce type de steppe varie de 60 à 150 UF/ha selon le recouvrement et le cortège floristique (Nedjraoui, 1981). La valeur pastorale des parcours à alfa peu importante (10 à 20/100 en moyenne) permet une charge de 4 à 6 hectares par mouton.



**Photo I-1** : Vue générale d'une steppe à alfa (*Stipa tenacissima*),  
Laghouat (Cliché Salemkour N., 2010).

**b) Formation à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) (Photo I-2).**

Les groupements à armoise blanche dominent le paysage steppique dans l'étage aride. Ils sont essentiellement répandus dans les dépressions non salées, sur les glacis à sols limoneux. L'armoise blanche a une grande amplitude altitudinale, 200 à 1500 m, mais présente son optimum de développement dans la classe 900-1200 m. Sur le plan climatique et bioclimatique l'armoise blanche préfère la tranche pluviométrique 200-300 mm, m variant de  $-3$  à  $+3^{\circ}$ , M supérieur à  $32^{\circ}$  (Djellouli, 1990), correspondant au bioclimat aride à semi-aride, variantes froides et fraîches.

Sur le plan dynamique, l'armoise blanche peut former des steppes chamaephytiques homogènes où des groupements mixtes avec l'alfa ou/et le sparte et même le remth (*Arthrophytum scoparium*) au sud de l'Atlas saharien.

Ces groupements, présentant un grand intérêt pastoral, subissent une pression anthropozoïque très forte.



**Photo I-2 :** Vue générale d'une steppe à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*), Tebessa (Cliché Salemkour N., 2011).

La production primaire varie de 500 à 4500 kgMS/ha (Aidoud, 1983, 1989) avec une production annuelle totale de 1000 kg MS/ha. La production annuelle consommable est de 500 kg MS/ha, soit une productivité pastorale moyenne de 150 à 200 UF/ha. L' armoise ayant une valeur fourragère importante de 0,45 à 0,70 UF/kgMS (Nedjraoui, 1981), les steppes à armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours, 1 à 3 ha/mouton. Ces parcours sont utilisés pendant toute l'année et en particulier en mauvaises saisons, en été ou en hiver, où ils constituent des réserves importantes. L'armoise est une espèce bien adaptée à la sécheresse et à la pression animale, en particulier ovine.

**c) Formation à sparte (*Lygeum spartum* ) (Photo I-3).**

Le sparte colonise préférentiellement les glacis encroûtés recouverts généralement d'un voile sableux avec une présence, parfois, de traces de gypse. Les sols plus ou moins superficiels, 10 à 30 cm d'épaisseur, ont une texture sablo-limoneuse à limono-sableuse (Aidoud-Lounis,1984).

Ces groupements à sparte occupent des surfaces moins importantes que l'alfa. Le sparte contribue davantage dans la composition floristique des groupements mixtes à alfa ou à armoise blanche ou les deux à la fois (Aidoud-Lounis,1984).

Sur le plan climatique et bioclimatique le sparte peut recevoir 200 à 500 mm d'eau par an, mais il a un développement optimal dans la classe 200-300 mm. Il se développe pour m compris entre  $-2^{\circ}$  et  $+3^{\circ}$ , M variant entre  $32$  et  $38^{\circ}$  et un bioclimat aride à semi-aride, froid et frais (Achour, 1997 ; Dahmani, 1997).

Sur le plan dynamique les groupements à sparte assurent la transition avec les groupements psammophiles à *Arthrophytum scoparium*.

L'espèce *Lygeum spartum* ne présente qu'un faible intérêt pastoral (0,3 à 0,4 UF/kg MS). Les steppes à *Lygeum spartum* 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. La productivité, relativement élevée (110 kg MS/ha/an), des espèces annuelles et petites vivaces, confère à ces types de parcours une production pastorale importante de 100 à 190 UF/ha/an permettant une charge de 2 à 5 ha/mouton (Nedjraoui, 1981 ; 2002)



**Photo I-3 :** Vue générale d'une steppe à sparte (*Lygeum spartum* ), El Bayadh (Cliché Salemkour N., 2011).

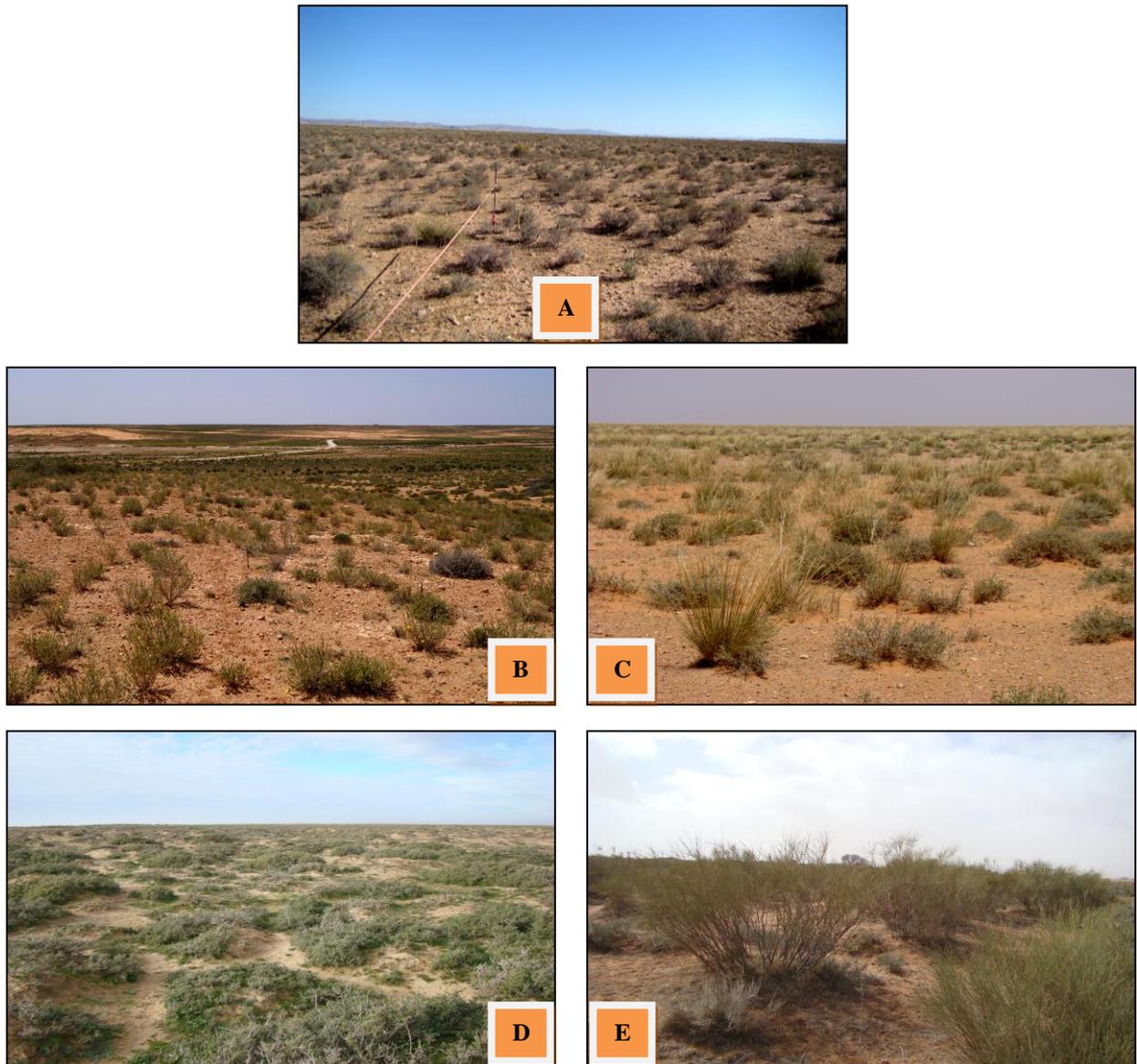
**d) Autre formations**

✓ Les steppes à remth (*Arthrophytum scoparium* ou *Hammada scoparia*) (Planche I-1) forment des steppes buissonneuses chamaephytiques avec un recouvrement moyen inférieur à 12,5% (Nedjraoui, 2001). Les mauvaises conditions de milieu, xérophilie ( $20 < P < 200$  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/kgMS. La production moyenne annuelle varie de 40 et 80 kgMS/ha et la productivité pastorale est comprise entre 25 et 50 UF/ha/an avec une charge pastorale de 10 à 12 ha/mouton (Nedjraoui, 2001 ; 2002).

✓ Les steppes à psamophytes 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 (Nedjraoui, 2001 ; 2002). Ces formations psammophytes sont généralement des steppes graminéennes à *Aristida pungens* et *Thymellaea microphyla* ou encore des steppes arbustives à *Retama reatam* (Le Houérou, 1969 ; Celles, 1975 ; Djebaili, 1978) (Planche. I-1). Le recouvrement de la végétation psammophyte est souvent supérieur à 30 % donnant une production pastorale importante comprise entre 150 et 200 UF/Ha/an. Cette production relativement élevée est due essentiellement à la prolifération des espèces annuelles dans ce type de parcours ensablé, ce qui permet une charge de 2 à 3 ha/mouton (Nedjraoui, 2002).

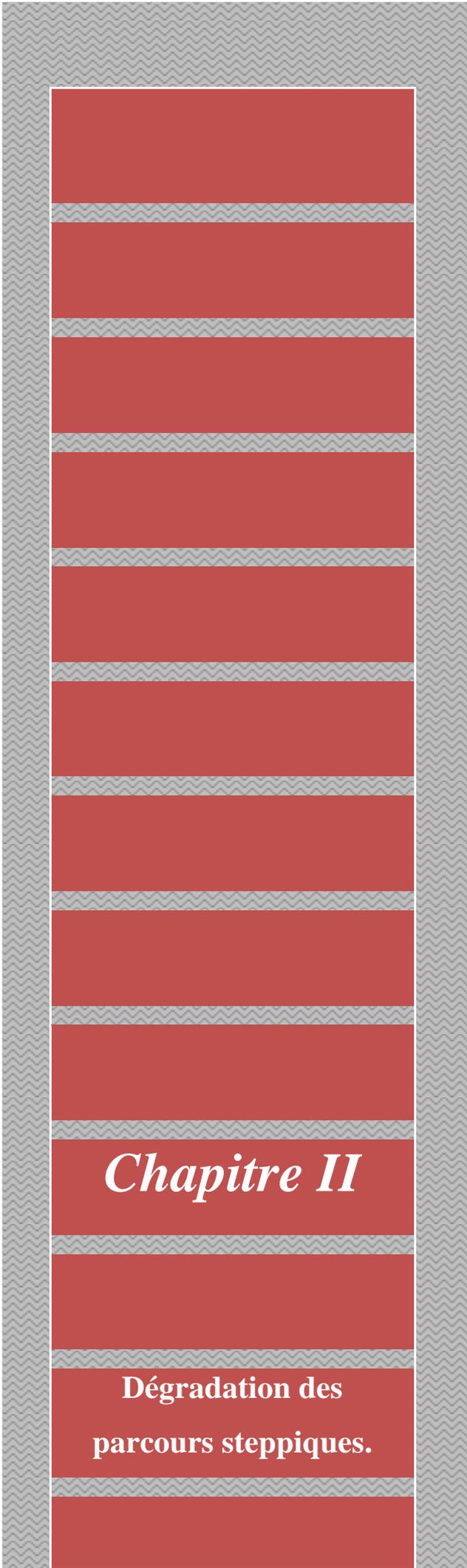
✓ Les steppes à halophytes. La nature des sels, leur concentration et leur variation dans l'espace vont créer une zonation particulière de la végétation halophile autour des dépressions salées. Ces formations se développent sur des sols profonds (supérieur à 1 mètre) riches en chlorure de sodium et en gypse. Ces formations étant très éparses, leur surface n'a pas été déterminée de façon très précise, cependant elles constituent d'excellents parcours notamment pour les

ovins en raison des fortes teneurs en sel dans ce type de végétation et les valeurs énergétiques relativement élevées des espèces les plus répandues (0,89 UF/Kg MS pour *Suaeda fruticosa*, 0,85 UF/Kg MS pour *Atriplex halimus*, 0,68 UF/Kg MS pour *Frankenia thymifolia* et 0,58 UF/Kg MS pour *Salsola vermiculata*) (Nedjraoui, 2002).



**Planche I-1 :** Vue générale de steppe à différentes formations :

- (A) Steppe à *Arthrophytum scoparium*, Laghouat (Cliché Salemkour N., 2010).
- (B) Steppe à *Thymellaea microphyla*, El Bayadh (Cliché Salemkour N., 2011).
- (C) Steppe à *Aristida pungens*, Nâama (Cliché Salemkour N., 2010).
- (D) Steppe à *Salsola vermiculata*, Djelfa (Cliché Salemkour N., 2009)
- (E) Steppe à *Retama reatam*, Laghouat (Cliché Salemkour N., 2010).

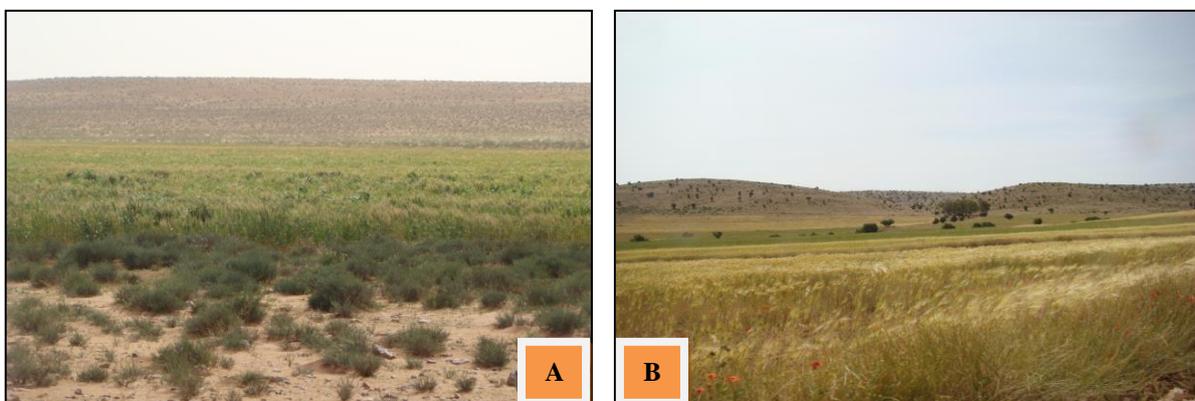


*Chapitre II*

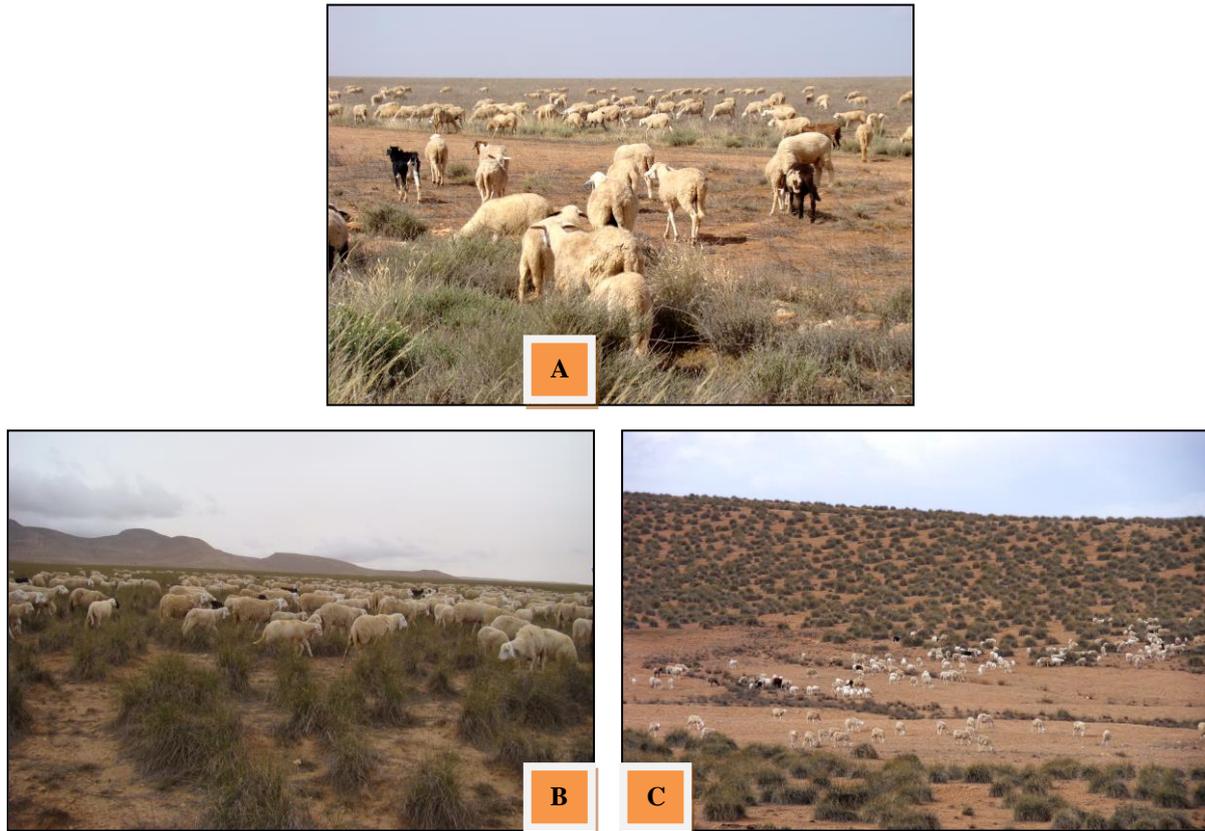
**Dégradation des  
parcours steppiques.**

## II) Dégradation des parcours steppiques

L'extension des superficies cultivées sur les terres pastorales, le surpâturage et mise en culture des parcours steppiques (Planche II-1 ; Planche II-2), l'éradication des espèces ligneuses à des fins domestiques ou commerciales, la multiplication anarchique des ouvrages hydrauliques, les programmes de subventions non adaptés à la steppe (exemple : l'arboriculture sur sols calcaires maigres, non rentable a long terme qui remplace les parcours naturels existant depuis des siècles), jouent un rôle fondamental dans le processus de dégradation de l'écosystème steppique (Bencharif, 2011). Aujourd'hui l'exploitation des ressources naturelles des zones steppiques (terres, parcours, eau) obéit plus au droit du plus fort, qu'au droit traditionnel ou étatique. Les pâturages étant communs et gratuits, alors que le cheptel constitue une propriété privée, tous les éleveurs tentent d'accroître leurs troupeaux et de prélever le maximum de fourrage possible à court terme, sans souci ni des autres éleveurs ni de l'avenir des ressources naturelles. Sur ce point Hardin (1968) a écrit : « l'éleveur rationnel conclut que la seule voie sensée qu'il peut suivre est d'ajouter une autre bête à son troupeau. Et une autre ; et une autre... Mais ceci est la conclusion atteinte par chaque berger rationnel partageant un terrain commun...chaque homme est enfermé dans un système qui le contraint à augmenter son troupeau sans limite. La ruine est la destination vers laquelle tous les hommes se ruent, chacun à la poursuite de son propre meilleur intérêt dans une société qui croit en la liberté des communaux (biens communs). La liberté dans les communaux apporte la ruine à tous » (in Bencharif, 2011).



**Planche II-1** : Mise en culture des parcours steppiques : (A) M'Sila ; (B) Djelfa.  
(Cliché Salemkour N., 2010)



**Planche II-2 : Surpâturage des parcours steppiques : (A) Naâma ; (B) Laghouat ; (C) M'Sila . (Cliché Salemkour N., 2011).**

La steppe possède un potentiel écologique, social et économique considérable, ceci à travers sa fonction de zone tampon, ses aptitudes pastorales, sa diversité sociale, et son rôle dans la sécurité alimentaire du pays, dans cette région, un certain équilibre s'est maintenu pendant des siècles, entre des ressources minimales et variables (parcours et animaux) et un genre de vie adapté à ce milieu difficile (nomadisme), ce qui lui a permis de se régénérer facilement après de longues périodes de sécheresse. Aujourd'hui cet équilibre est rompu et la rupture se manifeste par une dégradation générale du milieu (Bencharif, 2011). L'accroissement des effectifs animaliers, la désorganisation de la transhumance, la surexploitation des parcours et les sécheresses récurrentes ont conduit à ce déséquilibre, qui se traduit sur le plan socio-économique par une augmentation des inégalités sociales et par l'appauvrissement d'une partie de la population pastorale, et sur le plan écologique par une dégradation de plus en plus accentuée de toutes les composantes de l'écosystème (flore,

couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat) et réduction du potentiel biologique causé par la rupture des équilibres écologique et socio-économique (Le Houérou, 1985 ; Aidoud, 1996 ; Bédrani, 1999), ainsi des zones entières de parcours se sont transformées en terrains nus, qui dans beaucoup de cas, sous l'action de l'érosion éolienne et hydrique perdent les couches superficiels du sol et atteignent un stade très avancé de dégradation, et se sont transformés en espace à potentiel biologique quasi nul.

## **II-1) Causes de dégradations des parcours steppiques**

### **II-1-1) La croissances démographique**

La population steppique représente 25% de la population algérienne totale. L'évolution de cette population non contrôlée par l'état engendre une compétition autour de l'espace, il résulte une régression de l'activité pastorale et l'amplification du phénomène de la désertification (Oukal,2001).

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 (H.C.D.S., 2005). La transhumance ou déplacement de grande amplitude (Achaba; transhumance d'été vers les chaumes des zones telliennes ou Azaba; 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 (Moulai, 2008). Les pasteurs ont modifié leur système de production en associant culture céréalière, élevage et sédentarisation (Boukhobza, 1982 ; Khaldoun, 1995 ; Bedrani, 1996 et 2001; Khaldoun, 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 (Tab. II-1) (Bencharif, 2011). 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.

**Tableau II-1** : Evolution de la population de la steppe (Bencharif, 2011).

<i>Dates</i>	<b>Population</b>		
	<b>Totale</b>	<b>Urbaine</b>	<b>Rurale</b>
<b>1966</b>	2 817 339	/	/
<b>1977</b>	3 843 090	1 316 548 <b>(34.3%)</b>	2 526 542 <b>(65.7%)</b>
<b>1987</b>	5 390 549	2 666 024 <b>(49.5%)</b>	2 724 525 <b>(50.5%)</b>
<b>1998</b>	7 225 408	4 216 866 <b>(58.4%)</b>	3 008 542 <b>(41.6%)</b>
<b>2020*</b>	1 170 000	<b>65%</b>	<b>35%</b>

(\*) : Préviation, source : INESG (2004)

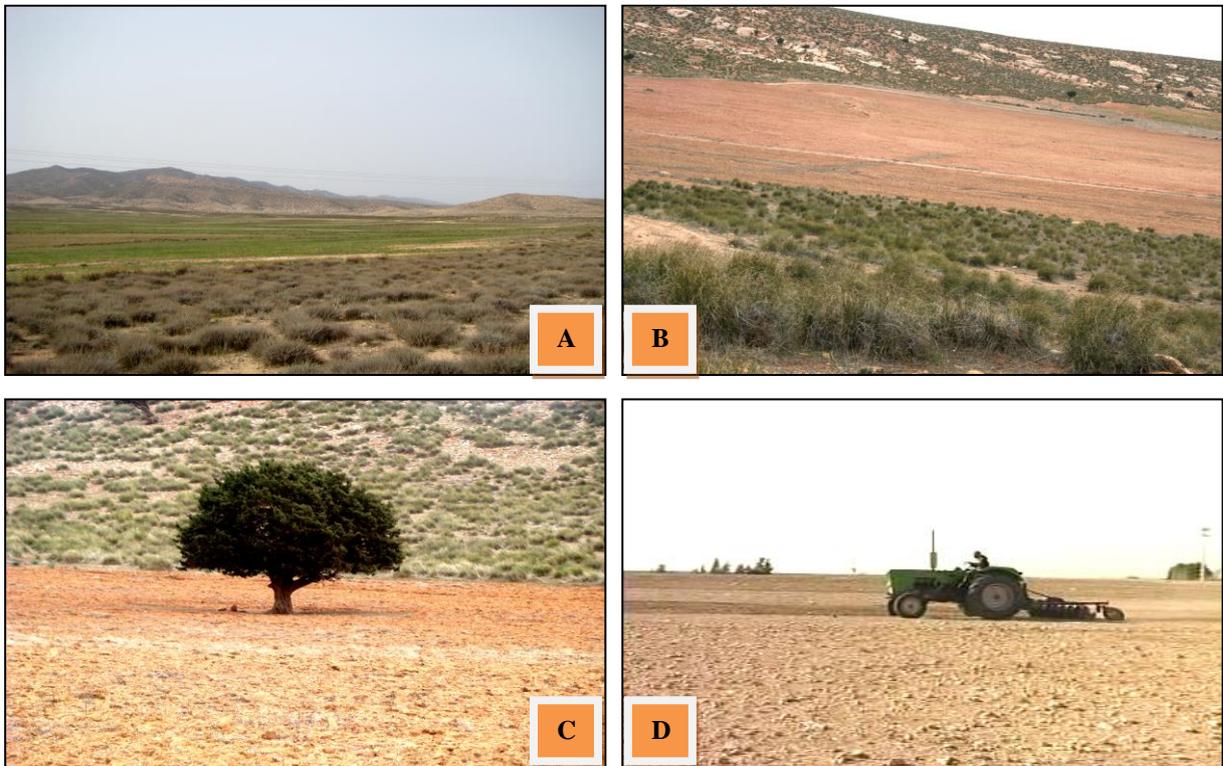
D'après Aidoud (1989), l'action anthropique a fait subir à la physionomie de la steppe depuis quelques années d'importants changements qui semblent indiquer une tendance régressive de la végétation. Ce phénomène accentue la fragilité de l'écosystème en raison de l'exploitation du milieu, selon des modes et moyens inappropriés et inadaptés. Cette action trouve sa traduction dans:

- ✓ Le défrichement et la mise en culture des terrains de parcours.
- ✓ Le surpâturage.
- ✓ L'éradication des ressources ligneuses.

### **II-1-2) Le Défrichement et la mise en culture**

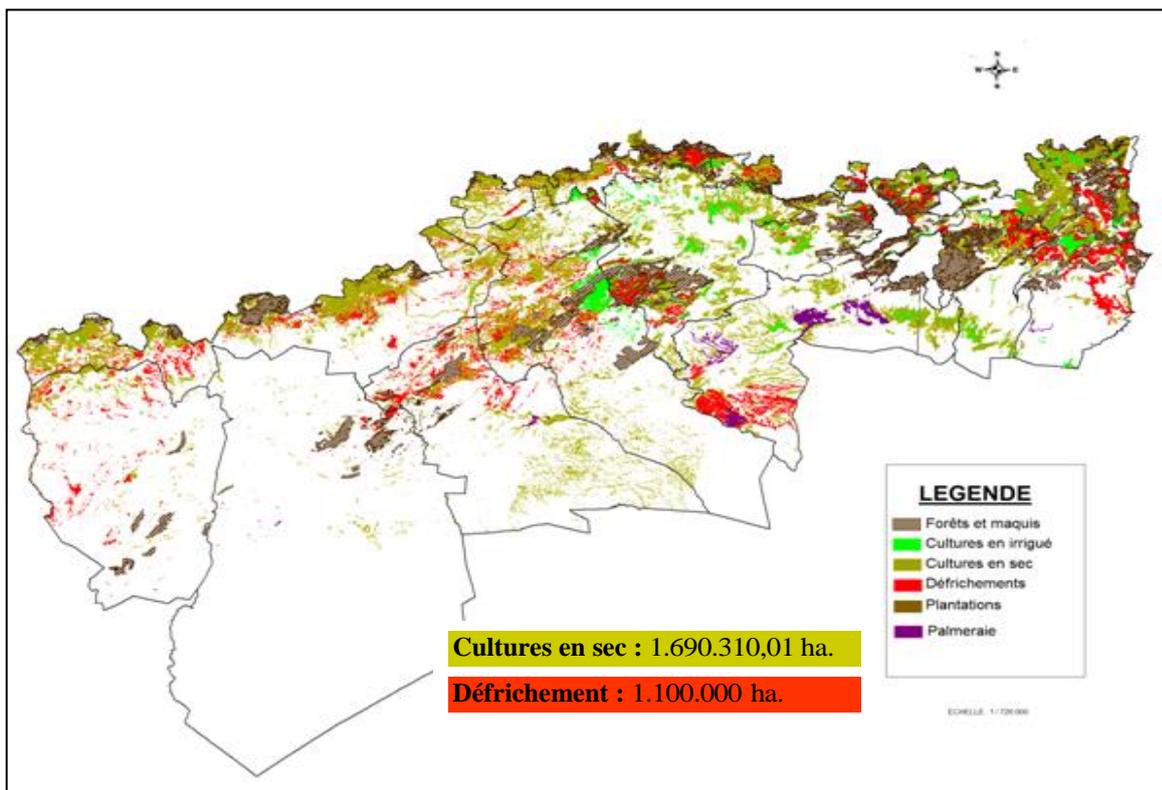
Selon Pouget (1980), la mise en culture sous entend au préalable un défrichement, lui-même à l'origine de la diminution de la superficie de parcours palatables et de même la dégradation des terres mises en culture, ce qui favorise une déperdition au moindre aléa externe. Le défrichement par des moyens mécaniques constitue un

nouveau modèle d'utilisation de la steppe par les éleveurs, qui sont devenue des agro-éleveurs occasionnels. L'absence d'une réglementation d'accès aux parcours a favorisé et encouragé les labours et les défrichements des meilleurs parcours par la mise en place d'une céréaliculture aléatoire et épisodique (Le Houérou, 1985). De leur part, Abdelgherfi & Laouar (1996), indiquent que le défrichement par la mise en culture a été très important au cours de ces trente dernières années, ce qui a accentué la surcharge du reste des parcours, en augmentant les risques de désertisation. Selon Lapeyronie (1982), la mise en culture favorise l'installation d'une végétation annuelle (végétation muscicole) avec d'une façon générale la disparition plus ou moins rapide et complète des espèces vivaces et spontanées. Le défrichement (Planche II-3) au profit de la céréaliculture est effectué sur presque le 1/3 de la surface agricole utile du pays (Haddouch, 2009). L'introduction des tracteurs dans les zones steppiques a poussé de nombreux éleveurs à labourer les bonnes terres de parcours pour la mise en place des céréales dont le rendement reste toujours dérisoire, ces rendements dépassent rarement 6 quintaux d'orge/ha et 4 quintaux de blé/ha (Bensmira, 2003).



**Planche II-3 :** Défrichement et labours des parcours steppiques : (A) Steppe à *Artemisia herba –alba*, M'Sila ; (B) Steppe à *Stippa tenacissima*, Laghouat ; (C) Steppe à *Stippa tenacissima*, Djelfa ; (D) Labours anarchique, Laghouat. (Cliché Salemkour N., 2011)

Les superficies consacrées aux cultures ne dépassaient pas 1.100.000 ha lors de l'enquête nomadisme en 1968, soit à peine 5.5 % des 20 millions d'ha, cette superficie a atteint 2.5 millions d'ha soit 9.58 % de la même surface étudiée du fait de l'action des défrichements et les mises en cultures selon une étude faite en 2002 par le H.C.D.S.. Selon cette même étude, la superficie reconnue potentielle à la céréaliculture est de 1.690.310,01 ha, dépassant celle des années 1970 de 35% (590.310,01 ha), l'homme avec sa charrue a arraché aux parcours aux dépens de l'alfa, l'armoise, le sparth et le jujubier une autre surface évaluée à 1.100.000 ha soit 5.5 % de la superficie des parcours (Fig. II-4), au rythme de ces pertes de parcours de l'ordre de plus de 1 million ha en l'espace de trois décennies, il est fort probable que l'armoise disparaîtrait dans moins d'un siècle.



**Figure II-4 :** Occupation agricole et forestière des terres steppiques (H.C.D.S., 2010).

### II-1-3) Le Surpâturage

Un écosystème pâturé est un système qui a été manipulé par l'homme et les êtres vivants pour satisfaire leurs besoins (Bénié et *al.*, 2005). Le pâturage par les animaux domestiques est toujours le principal facteur d'évolution des écosystèmes pastoraux au Nord et au Sud de la méditerranée (Le Houérou, 1981 ; Aidoud et *al.*, 2006).

Les facteurs contrôlant les changements de la végétation des parcours sont multidimensionnels. Il s'agit d'abord des variations de la précipitation qui représentent un facteur déterminant de l'activité photosynthétique et en conséquence de la production primaire, ainsi que des changements de la composition floristique (Hostert et *al.*, 2003 ; Teague et *al.*, 2004). Le pâturage modifie l'abondance relative des espèces et l'on passe ainsi d'un climax, présent dans les zones non pâturées, à un disclimax sous l'effet du pâturage (Noy-Meir et *al.*, 1989).

Dans ce sens, Aidoud et *al.*, (2006) ont montré que l'accroissement des effectifs durant les bonnes années entraîne l'augmentation de la charge animale et la diminution de la qualité des pâturages (appauvrissement en bonnes espèces pastorales). Dans la zone steppique, l'irrégularité des précipitations dans le temps et dans l'espace combinées à la multitude des utilisateurs par laxisme des ayants droits et au non respect des règles d'usage et la concentration des troupeaux particulièrement dans les zones de sédentarisation et aux alentours des villages font que la végétation pastorale des parcours n'atteint jamais un niveau de croissance permettant sa régénération, ce qui entraîne une dynamique régressive des parcours favorisant l'installation des espèces à faible intérêt pastoral ou toxique telle que « *Atractylis serratuloides*, *Atractylis flava*, *Atractylis humilis*, *Noaea mucronata* et *Peganum harmala*,... » (Aidoud, 1989)

Le surpâturage est à l'origine d'une réduction du couvert des herbacées par comparaison à un pâturage modéré ou nul. Il diminue l'abondance de certaines espèces, augmente l'importance relative des espèces tolérantes et produit une baisse de 35 % de la production primaire des herbacées d'une part et une réduction moyenne de 50 % du matériel foliaire vivant d'autre part (Noy-Meir et *al.*, 1989 ;

Bachelet et *al.*, 2000 ; Enright et *al.*, 2005). Une dégradation sévère des sols et des ressources végétales est observée suite à une charge animale très élevée. Les sols des zones ‘surpâturées’ se caractérisent par une diminution de la rugosité de surface, une compaction des sols suite au piétinement. Ces sols s’appauvrissent également en matière organique, ce qui conduit à une diminution de l’infiltration et une augmentation du ruissellement et par conséquent une réduction de la production primaire (Hostert et *al.*, 2003 ; Nyssen et *al.*, 2004 ; Yong–Zhong et *al.*, 2005).

#### **II-1-4) Les conditions climatiques**

Si l’action de l’homme indéniable et largement démontrée dans la dégradation des écosystèmes, l’impact des conditions climatiques existe également et leurs rôles respectifs sont amplement discutés (Cameleo, 2004).

L’influence du climat s’est accentuée de façon significative surtout par la sécheresse des deux dernières décennies dont les effets ne sont qu’une circonstance favorable à la dégradation et non la cause (Boughani, 1995). Cependant, selon le même auteur, si une aridification du climat s’indiquait, la sécheresse conjointement au surpâturage deviendrait une cause essentielle de cette dégradation.

Lapeyronie (1982), souligne que : les conditions climatiques, notamment la sécheresse et surtout une succession d’années éliminent un grand nombre de plantes, en favorisant d’autres.

La pluviosité moindre et sa variabilité plus grande ont accru la vulnérabilité des ressources naturelles à la dégradation, et il est devenu moins facile aux systèmes écologiques et sociaux de résister. La sécheresse n’est pas un phénomène nouveau en Afrique, elle était déjà connue au moyen âge. Des sécheresses graves ont frappé le continent africain au XX<sup>ème</sup> siècle, en 1910,1940 et depuis 1968 (Nicholson, 1984 *in* Le Berre, 1998). L’irrégularité des précipitations est une caractéristique inhérente aux régions arides. Cependant, ce ne sont pas les variations des précipitations qui sont le facteur critique, mais le fait que les années anormales ont tendance à ce succéder. Cependant, on a observé que l’impact de

ces sécheresses est faible ou négligeable là où l'impact anthropique est faible ou nul. En effet, la végétation et les sols des régions arides se sont adaptés à des conditions de sécheresse récurrentes au cours des siècles passées acquérant une capacité à récupérer leurs caractéristiques après perturbation (c'est la résilience).

Dans les régions subsaharienne, les anomalies de la pluviométrie peuvent persister pendant 8, 10 ou même 15 ans (Djellouli, 1990).

Les données du tableau (II-2) fournies par les principales études effectuées dans la steppe depuis 1913 jusqu'à 2001 montrent des variations de précipitations annuelles avec une succession d'années et de périodes sèches et humides.

**Tableau II-2 :** Variation de la pluviométrie moyenne annuelle dans quelques stations steppiques.

	<b>Seltzer 1913-1938</b>	<b>Dubief 1926-1950</b>	<b>Chaumont &amp; Paquin 1913-1963</b>	<b>ENEMA* 1950-1975</b>	<b>ONM** 1971-2001</b>
<i>Tébessa</i>	388	/	343	377	360
<i>Biskra</i>	156	144	134	/	125
<i>Boussâada</i>	/	/	/	/	161
<i>M'Sila</i>	226	/	219	/	183
<i>Djelfa</i>	308	329	284	298	328
<i>Ain Ouassara</i>	250	277	/	228	192
<i>Laghouat</i>	167	171	184	174	143
<i>El Bayadh</i>	326	294	309	311	258
<i>Saïda</i>	430	/	424	419	326
<i>Ksar Chellala</i>	291	/	/	/	214
<i>Méchrria</i>	293	260	264	311	231
<i>Ain Safra</i>	191	168	/	195	155

\* : Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique.

\*\* : Office National Météorologique.

Source : B.N.E.D.E.R. (2006)

Selon Nedjraoui et Bedrani (2008) la diminution des précipitations est de l'ordre de 18 à 27% et la saison sèche a augmenté de 2 mois durant le siècle dernier. Les travaux de Hirche et al. (2007) portant sur une analyse statistique de l'évolution de la pluviosité de plusieurs stations steppiques, montrent que les steppes algériennes

se caractérisent par une aridité croissante, cette tendance est plus prononcée pour les steppes occidentales que les steppes orientales (Tab. II-3).

**Tableau II-3 :** Paramètres statistiques des séries pluviométriques de trois stations steppiques (Hirche et *al.*, 2007)

<i>Stations</i>	<i>Pluv. Max (mm/an)</i>	<i>Pluv. Min (mm/an)</i>	<i>Pluv. Moy. (mm/an)</i>	<i>Ecart type</i>	<i>CV %</i>
<i>Méchria</i>	582.2	107.9	263	<b>113.7</b>	<b>43.2</b>
<i>El Bayadh</i>	492.9	97	287.5	<b>90.1</b>	<b>31.3</b>
<i>Djelfa</i>	540.9	143.6	323.4	<b>90.2</b>	<b>27.9</b>

De plus le climat des zones steppiques est aussi marqué par des variations de température importantes (Tab. II-4), celles-ci dépassent les 40 °C en été et descendent en dessous de 0°C, et provoque des gelées en hiver, ralentissant la croissance et même détruisant la végétation surtout des plantes annuelles. Les vents sont violents et ils peuvent occasionner des dégâts. En été les vents chauds venant du Sahara (sirocco) soufflent et ont des effets néfastes sur la végétation.

**Tableau II-4 :** Les Moyennes des températures maximales mensuelles dans quelques stations steppique durant la période 1971-2000.

	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dec</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Jull</i>	<i>Aou</i>
<i>Tébessa</i>	34.2	27.9	21.4	17.4	16.7	18.9	22.3	25.7	31.2	36.8	<b>40.0</b>	39.3
<i>Boussâada</i>	32.0	25.3	18.7	14.5	13.7	16.2	19.5	22.7	28.1	34.3	<b>38.1</b>	37.4
<i>M'Sila</i>	28.7	22.8	16.8	13.0	11.8	13.4	16.1	19.4	25.2	30.9	<b>34.4</b>	33.7
<i>Djelfa</i>	32.2	26.1	18.9	14.9	13.8	16.7	20.0	23.4	29.0	34.7	<b>38.6</b>	38.1
<i>Ain Ouassara</i>	27.5	20.5	14.4	10.8	<u>9.9</u>	11.5	14.5	18.0	23.6	29.5	<b>33.8</b>	32.9
<i>Laghouat</i>	29.3	23.1	17.7	13.7	12.6	14.7	17.6	19.9	26.6	31.9	<b>36.5</b>	36.0
<i>El Bayadh</i>	28.0	20.8	14.4	10.6	<u>9.6</u>	11.8	14.8	18.2	23.5	29.9	<b>34.0</b>	33.3
<i>Saïda</i>	30.3	23.9	18.1	14.7	13.6	15.4	17.9	20.4	25.1	31.2	<b>35.7</b>	35.5
<i>Ksar Chellala</i>	31.4	24.1	17.7	14.3	13.6	19.8	18.2	22.3	27.6	33.8	<b>37.1</b>	36.8
<i>Méchria</i>	29.5	22.7	16.3	12.6	11.3	14.0	16.9	20.2	25.5	31.3	<b>35.6</b>	34.9
<i>Ain Safra</i>	31.3	24.3	18.2	14.6	13.3	15.9	18.8	22.3	27.1	33.3	<b>37.1</b>	36.3

Source : B.N.E.D.E.R. (2006)

### **II-1-5) Érosion hydrique et éolienne**

Les facteurs naturels qui sont à l'origine de la dégradation des parcours steppiques sont fortement liés à la fragilité de l'écosystème de ces zones. L'action combinée des facteurs climatiques et édaphiques font que les parcours sont soumis à une dégradation accentuée par le phénomène de l'érosion (Le Houérou, 1995)

Les risques d'érosion éolienne et hydrique sont forts en steppes arides en raison de la violence des évènements climatiques et de la faible protection du sol par la végétation. L'importance du recouvrement végétal est à la fois une conséquence de l'érosion et un indice de risque érosif, que l'on peut associer à des indices d'érodibilité pour faire des prédictions (Bensouiah, 2006).

Dans un milieu ouvert où la végétation a un recouvrement inférieur à 30%, l'action du vent opère un tri en emportant les fines particules telles que le limons et les argiles et laisse sur place des sols squelettiques à dominance d'éléments grossiers présentant un faible pouvoir de rétention d'eau, qui ne peut favoriser la remontée biologique. Ce type d'érosion provoque une perte de sol 150 à 300 t/ha/an, dans les steppes défrichées (Le Houérou, 1996)

### **II-2) Conséquences de la dégradation des parcours steppiques**

La dégradation réduit la résistance des parcours à la variabilité naturelle du climat. Le sol, la végétation, les ressources en eau ainsi que les autres ressources des terres aride acquièrent une résistance. Elles peuvent parvenir, avec le temps, à récupérer d'un accident climatique tel qu'un épisode de sécheresse, voir de problèmes causés par l'homme, tel que le surpâturage. Cependant, quand les sols sont dégradés, cette résistance est gravement affaiblie, ce qui entraîne des conséquences grave sur l'homme, la flore et la faune.

#### **II-2-1) Steppisation**

La steppisation est le processus d'apparition de la formation végétale steppique et son corollaire, l'aridité. Elle se traduit par un changement de la nature du couvert végétal, une réduction du taux de la matière organique dans le sol et un

changement de la composition floristique qui varie dans le sens de l'aridité (Le Houérou, 1985).

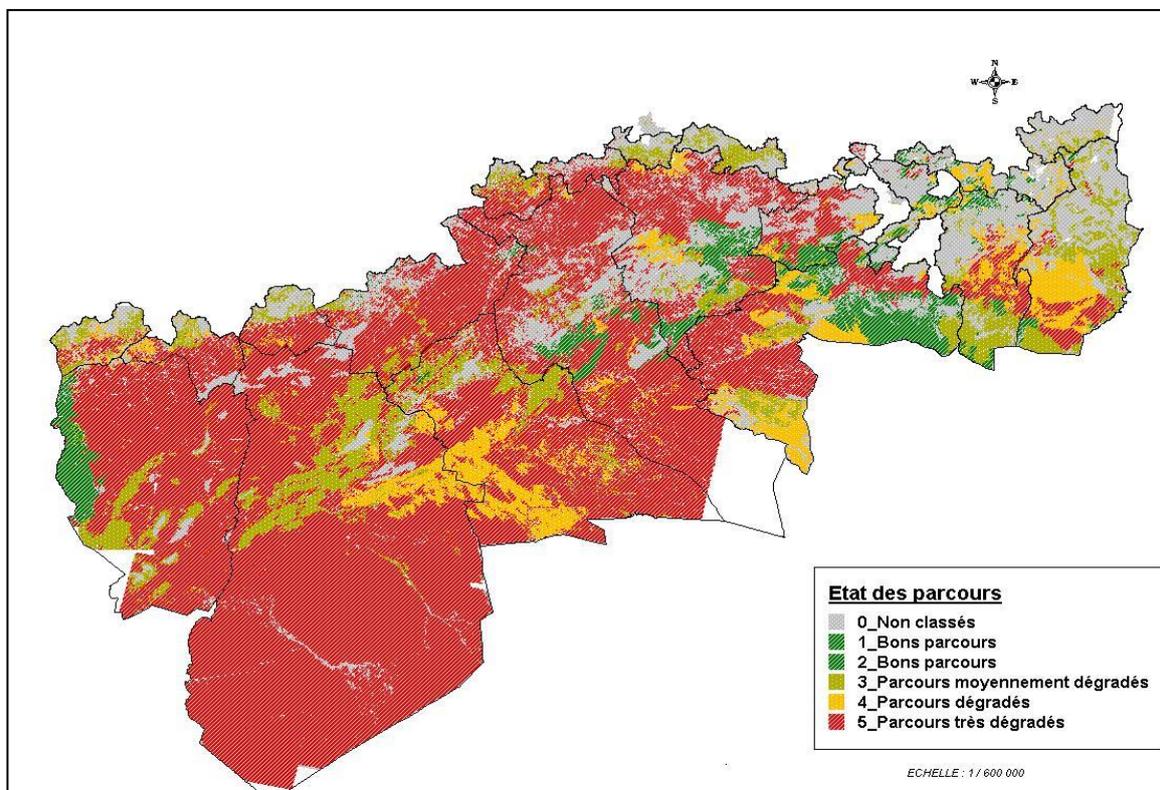
La diminution du couvert végétal et le changement de la composition floristique sont les éléments qui caractérisent l'évolution régressive de la steppe. Les études diachroniques réalisées dans les régions steppiques du Sud Ouest oranais ont montré que des faciès ont complètement disparu et sont remplacés par d'autres qui sont indicateurs de stades de dégradation et d'ensablement. L'évolution régressive des steppes à armoise blanche et alfa se traduit par des stades où ces deux espèces climaciques sont remplacées par le sparte et par des espèces de dégradation telles que *Atractylis serratuloides*, *Peganum harmala* et *Noaea mucronata* traduisant le surpâturage. Beaucoup de formations cartographiées en 1999 sont récentes telles que les steppes à base de psammophytes et halophytes. L'ensablement qui touche l'ensemble de la région se caractérise par une dynamique importante (H.C.D.S., 2010). L'impact du surpâturage sur la végétation est important aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif.

- ✓ Sur le plan qualitatif, les bonnes espèces pastorales, celles dont l'indice d'appétibilité est supérieur à 6 (Nedjraoui, 1981) 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 inapétées telles que *Atractylis serratuloides* et *Peganum harmala*. Le résultat de cette transition régressive est la diminution de la richesse floristique et donc de la biodiversité (Kadi - Hanifi, 1998).
- ✓ Sur le plan quantitatif, le surpâturage provoque une diminution du couvert végétal pérenne et de la phytomasse. La phytomasse de l'alfa a diminué de 2100 Kg MS/ha en 1976 à 572 Kg MS/ha (Aidoud & Nedjraoui, 1992 ; Slimani, 1998).

La carte de l'état des parcours steppique établi par le H.C.D.S. (2010), indique un niveau élevé de dégradation (Tab. II-5) et en particulièrement à l'ouest et au centre de la steppe (Fig. II-5).

**Tableau II-5 : Etat des parcours steppiques et leur superficies**  
(H.C.D.S., 2010)

<i>Classes</i>	<i>Etat des parcours</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>%</i>
<b>0</b>	Non classés	4 910 231.91	18.48
<b>1</b>	Bons	1 337 575.12	5.03
<b>2</b>	Moyens	2 897 535.54	10.90
<b>3</b>	<b>Dégradés</b>	<b>2 081 128.34</b>	<b>7.84</b>
<b>4</b>	<b>Très dégradés</b>	<b>15 345 297.70</b>	<b>57.75</b>

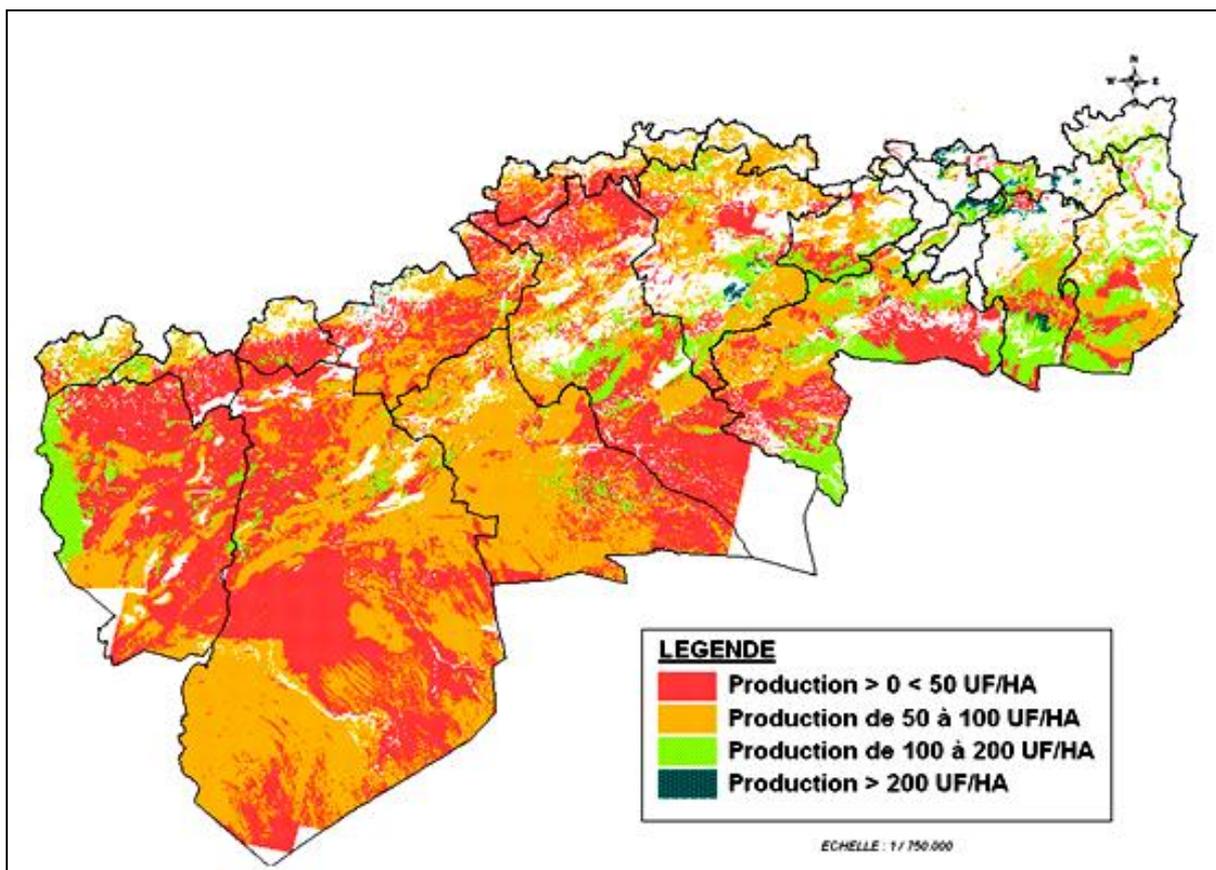
**Figure II-5 : Etat des parcours steppiques (H.C.D.S., 2010).**

Il faut dire aussi qu'en 1968, les parcours steppiques avec leurs 1,6 milliards d'UF nourrissaient 7.890.103 équivalents-ovins, ce qui donnait une charge de 1,9 ha/équivalent ovin (Chellig, 1969). En 1996, le cheptel steppique équivaut à 19.170.103 équivalents ovins, et la charge réelle des 15 millions d'hectares, correspondrait à 0,78 hectares pour 1 équivalent ovin. Les différentes études (U.R.B.T., 1981; Le Houérou, 1985 ; Aidoud, 1989 ; Kacimi, 1996) ont montré que les

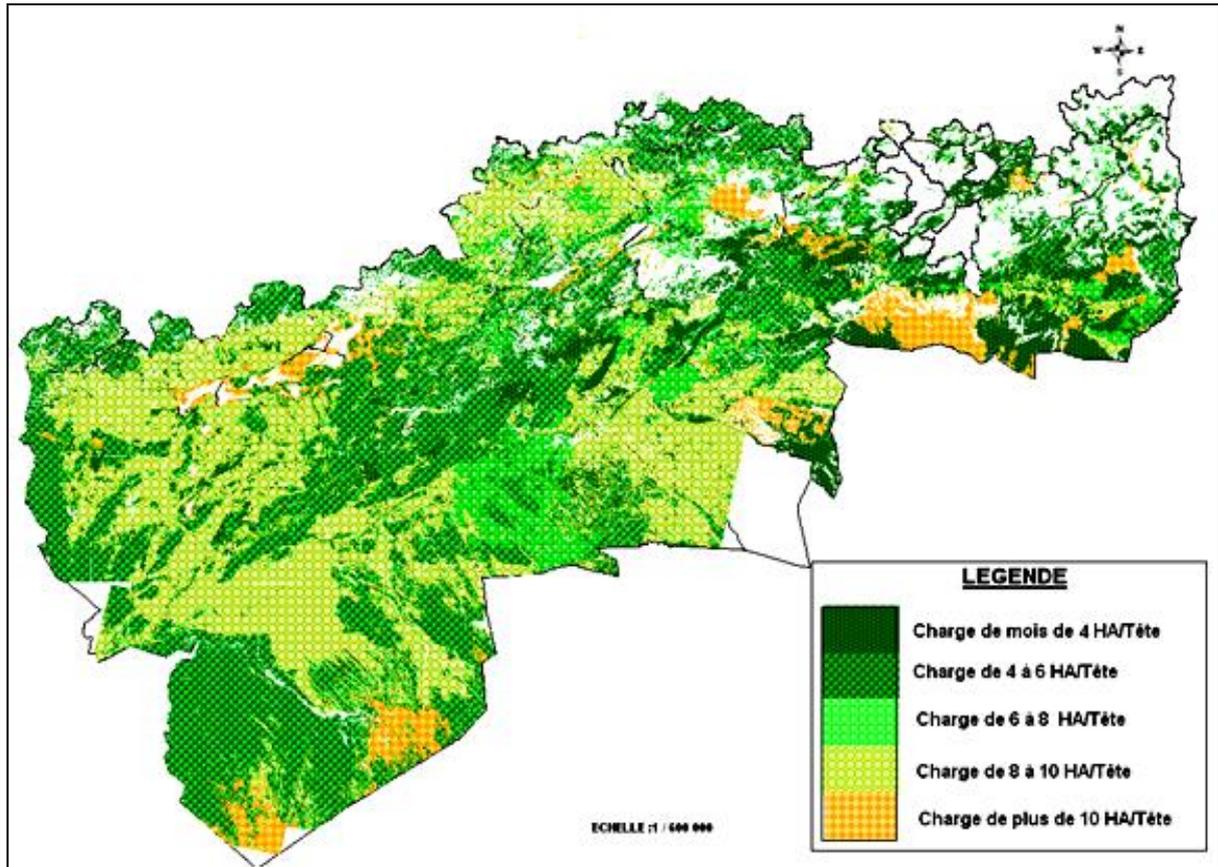
parcours se sont fortement dégradés et que la production fourragère est équivalente à environ 1/3 de ce qu'elle était en 1968, c'est à dire 533 millions d'UF.

La charge pastorale potentielle serait d'environ 8 ha par un équivalent 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.

Aujourd'hui, selon le H.C.D.S. (2010), 88,11% de la superficie des parcours steppiques produit moins de 100 UF/ha et seulement 12% de la superficie produit plus de 100 UF/HA (Fig. II-6) avec 51.76% des parcours qui ont une charge supérieur à 6 ha/unité ovine et 48.24% des parcours ont une charge inférieur à 4 ha/unité ovine (Fig. II-7).

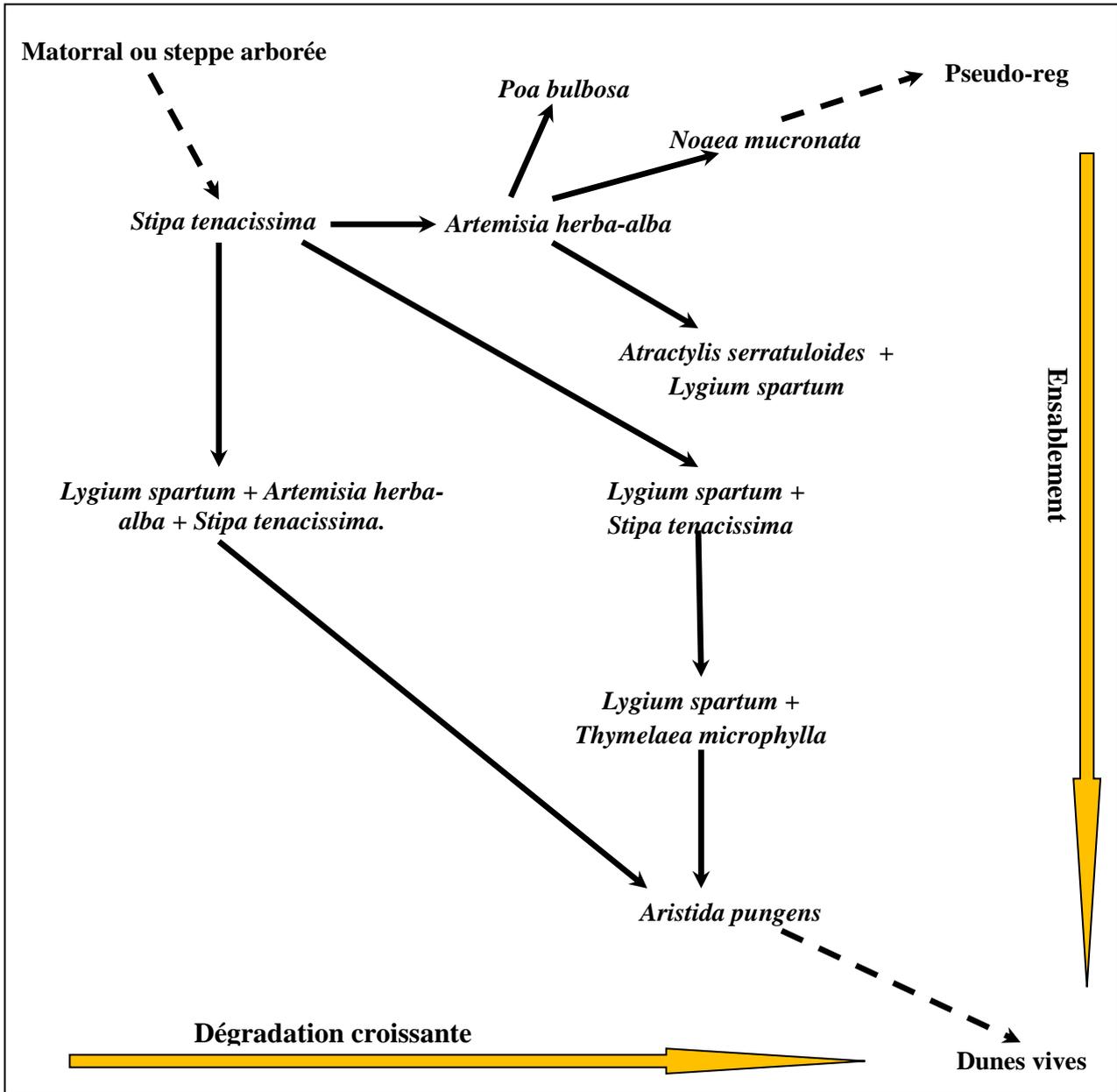


**Figure II-6 :** Carte de productivité pastorale des parcours steppiques (H.C.D.S., 2010).



**Figure II-7** : Carte de charge pastorale des parcours steppiques (H.C.D.S., 2010).

En fin, il faut dire que la dégradation de la steppe peut être progressive et lente se traduisant par des changements perceptibles sur le très long terme d'une formation végétale à une autre. Par exemple, dans la steppe du Sud-Oranais, un schéma dynamique a été développé dans le bassin versant du Chott-Ech-cheroui (environ 3 millions d'ha). Ce schéma a mis en évidence une double trajectoire (Fig. II-8) partant des meilleures conditions représentées par la steppe d'alfa. La première trajectoire par dégradation de l'alfa physionomiquement dominante, aboutit à des steppes d'armoise blanche (érosion sans ensablement) puis des steppes à Chobrog (*Noaea mucronata*) et autres. La deuxième, avec ensablement de surface, donne des steppes de Sennagh (Sparte ou *Lygeum spartum*) allant vers des steppes à Drinn (*Aristida pungens*) puis des accumulations sableuses sans végétation. C'est cette deuxième trajectoire qui a été surtout observée dans toute cette région durant les quatre dernières décennies (Aidoud-Lounis et Aidoud, 1992)



**Figure II-8 :** Trajectoires et dynamiques entre les principaux groupements steppiques basées sur les relations de contiguïté, cas du bassin- versant du Chott Echergui. ( Aidoud-Lounis et Aidoud, 1992.).

A titre d'exemple, dans un travail de comparaison diachronique 1975-2013 de stations échantillonnées dans les parcours steppiques du Sud-Oranais et en présence de chercheurs ayant réalisé l'échantillonnage de 1975, nous avons fait ressortir quelques changements fondamentaux dont nous donnons l'essentiel (Aidoud et *al.*, 2014) :

✓ L'alfa (*Stipa tenacissima*) plante emblématique de la steppe est actuellement quasi-inexistante dans la quasi-totalité de ses habitats anciens ; ces derniers ayant été détruits. Ces changements ont été parallèlement étudiés en stations de surveillance continue avec des mesures d'abord mensuelles ou bi-mensuelles durant 11 ans 1975-1986 puis semestrielles ou annuelles durant une vingtaine d'années. Ces observations n'ont été arrêtées qu'entre 1994 et 2000 pour des raisons de difficultés de déplacement. Dans la plupart des cas l'alfa a été remplacé par le sparte plante supportant mieux la sécheresse et l'ensablement (Aidoud et *al.*, 2011).

✓ Après avoir gagné toute la steppe, jusqu'en 2006, le sable semble avoir été fixé par une végétation composée en majorité par des annuelles et petites vivaces (APV ou éphéméroïdes) qui, cependant, ne poussant qu'en année favorable, ne joueront en période sèche, aucun rôle protecteur pour le sol, contre l'érosion éolienne principal facteur de dégradation. On retrouve cependant de grandes accumulations sableuses (véritables barkanes) isolées dans des endroits de la steppe qui n'en présentaient pas du tout il y a 40 ans.

✓ Au plan de la biodiversité, les analyses des données 1975 et 2013 montrent une tendance vers la banalisation des cortèges floristiques. Un grand nombre d'espèces ont disparu localement en relation avec la destruction de leur niche écologique. Alors que la richesse diminue, la diversité calculée par l'indice d'équitabilité semble augmenter ce qui peut s'expliquer par cette banalisation croissante des cortèges.

✓ L'érosion a emporté en moyenne 16 cm du sol préexistant (sans tenir compte du voile sableux de surface) ce qui correspond à environ 2000 tonnes de sol par hectare. Ce changement correspond, dans les anciennes steppes d'alfa, en moyenne à la disparition de près de 50% de la matière organique du sol préexistant soit environ 20 tonnes de matière organique par hectare.

### **II-2-2) Désertisation**

La désertisation, en dépit des définitions que donnent les géographes, les phytosociologues, etc., est la poursuite du processus de la steppisation. Elle se

traduit par le non régénération des espèces végétales et l'extension du paysage désertique. Les causes sont les mêmes que celles de la steppisation. En somme, si la steppisation touche le couvert végétal, la désertisation s'attaque, par contre, au sol (Saïdi *et al.*, 2011). Donc la désertisation est « la diminution ou la destruction du potentiel biologique de la terre et peut conduire à l'apparition des conditions désertiques » (Grainger, 1982 *in* Haddouche, 2009).

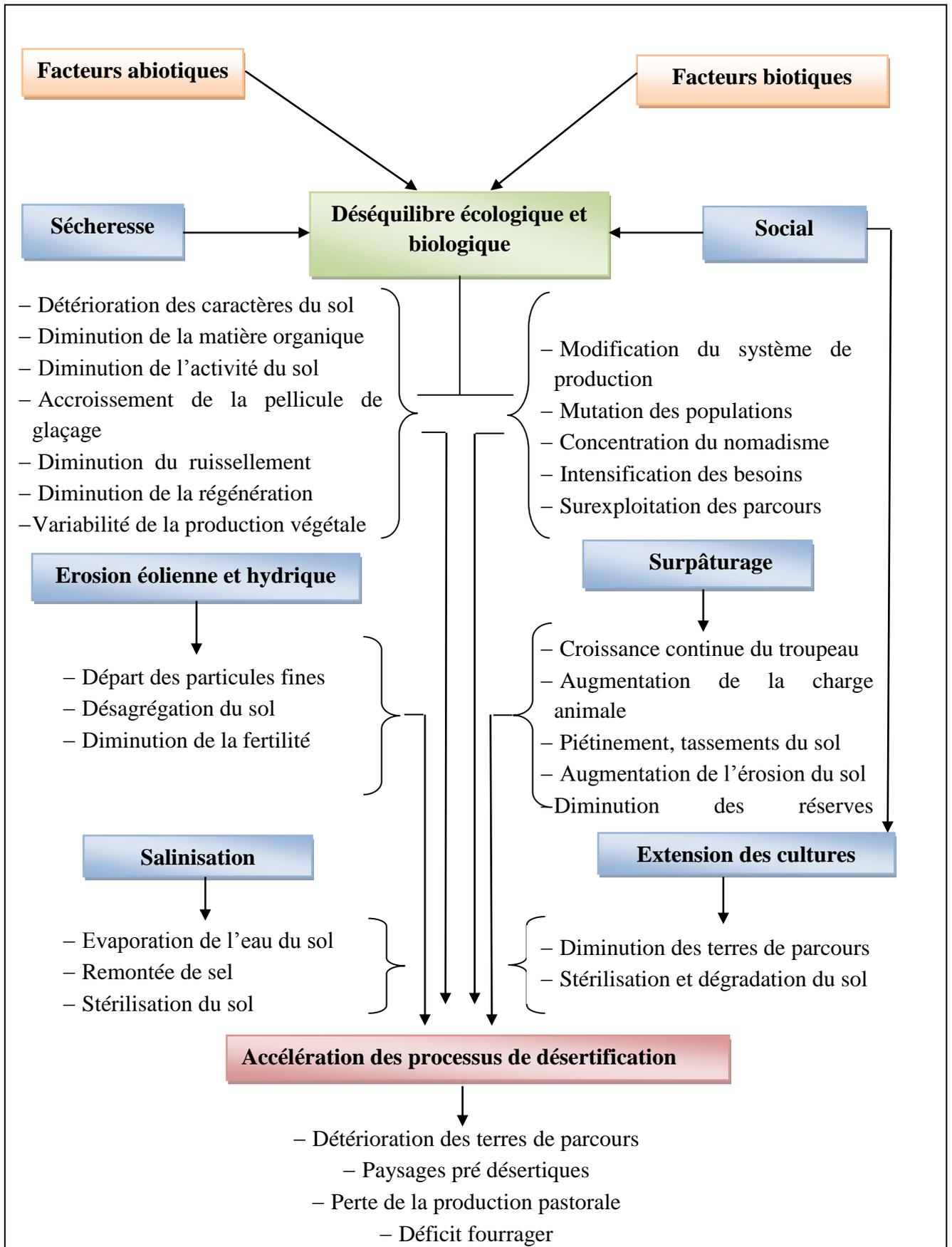
Le sol, moins protégé par la couverture végétale est soumis à l'action mécanique des précipitations qui provoquent une modification des états de surface (érosion). La diminution de la biomasse et de sa restitution au sol entraîne des pertes progressives de matière organique qui constitue un des éléments déterminants des propriétés des sols (Le Houérou, 1995d) (Tab. II-6). L'érosion s'accroît entraînant une destruction progressive du sol. Les conséquences sur la fertilité : chute de la capacité d'échange et des éléments disponibles; et sur le bilan hydrique: augmentation du ruissellement, baisse de la réserve en eau disponible pour les plantes, modification du régime hydrique et des échanges avec l'atmosphère, aridification sont très importantes (Floret et Pontanier, 1982).

**Tableau II-6** : Critères et seuils de vulnérabilité des écosystèmes à la désertisation (Le Houérou, 1995 d).

Pluviosité moyenne annuelle (mm)	Taux de recouvrement de canopées des pérennes (%)					
	0-1	1-5	5-15	15-25	25-50	>50
<b>50-100</b>	5	5	4	3	2	1
<b>100-200</b>	5	4	3	2	1	0
<b>200-300</b>	4	3	2	1	0	0
<b>300-400</b>	3	2	1	0	0	0
<b>400-500</b>	2	1	0	0	0	0
<b>500-600</b>	1	0	0	0	0	0

- 0** : Risque immédiat de désertisation nul ou faible.
- 1** : Risque immédiat de désertisation faible.
- 2** : Risque immédiat de désertisation modéré.
- 3** : Risque immédiat de désertisation sérieux.
- 4** : Risque immédiat de désertisation grave à très graves.
- 5** : Risque immédiat de désertisation totale= désertisé.

Ainsi, l'utilisation des sols de façon déséquilibrée socialement et écologiquement, aboutit finalement à la désertisation et la dégradation des écosystèmes par différents processus ( Sadki 1977 *in* Haddouch, 2009) (Fig. II-7).



**Figure II-7 :** Les indicateurs de dégradation des écosystèmes.  
(Source : Sadki, 1977 in Haddouche, 2009).

## *Chapitre III*

**Stratégies et actions de  
développement de  
l'espace steppique  
Algérien.**

### **III) Stratégies et actions de développement de l'espace steppique algérien**

La dégradation de la steppe, réduit la production et appauvrit les populations pastorales les plus démunies, alors que le surpeuplement entraîne une surexploitation désordonnée des ressources, donc nous assistons à un double mouvement de dégradation, d'une part la dégradation de la steppe et d'autre part la dégradation du niveau de vie des populations (Bédrani, 1992 ; Bédrani, 2001).

Pour faire face à cette situation, de nombreuses stratégies, projets de développement, d'études et de recherches ont été amorcés au niveau de la steppe après l'indépendance pour lutter contre le phénomène de désertification et pour améliorer le pâturage et la vie rurale des populations.

#### **III-1) Les stratégies**

Toutes les approches politico-technicistes axées sur le concept de secteur connu pour ses aspects fragmentaires soumis et dépendant d'une planification technico-administrative ayant montré ses limites dans le développement des parcours steppiques (Benabdeli et *al.*, 2008).

A l'indépendance, les stratégies menées par les usagers de l'espace steppique étaient basées sur des mécanismes régulateurs naturels. Selon le cycle pastoral dicté par les conditions climatiques, en cas de bonne année pastorale, l'élevage ovin prospérait. Quand venaient les années pastorales de disette, les usagers procédaient à la déthésaurisation par la vente du cheptel au Nord, de ce fait, la charge pastorale diminue et les maigres pâturages soutenus par une légère complémentation à base d'orge permettaient de survivre le reste du cheptel. En cas de disette, on assistait à de véritables épizooties. Après le retour des bonnes années pastorales, les parcours soulagés de la pression animale disposaient du potentiel biologique et avaient le temps de se reconstituer avant la venue d'un nouveau cycle de sécheresse (Yerou, 2012).

Avec le début de l'intervention de l'état indépendante s'est constitué de gros élevages bénéficiant d'équipements importants (camions pour le transport, équipements hydrauliques), permettant d'atteindre rapidement les parcours arrosés par les pluies et de les exploiter.

Par ailleurs, en période de disette, des appuis étatiques massifs leur sont accordés sous forme d'aliments du bétail cédés à prix réduits et acheminés dans le cadre d'opérations de sauvegarde du cheptel dans les régions sinistrées par la sécheresse. Les effectifs ovins sont, ainsi, maintenus artificiellement et prêts à être dirigés massivement vers les parcours dès l'apparition des premières poussées d'herbes. L'équilibre de l'écosystème des parcours est, par conséquent, rendu difficile par suite de la mise hors service du mécanisme régulateur traditionnel (Yerou, 2012).

Paradoxalement, l'Etat mobilisait des moyens qui avaient pour conséquence de favoriser le phénomène de dégradation et de désertisation de la steppe en y maintenant une pression animale même dans les moments où son soulagement était vital. Parallèlement, les défrichements inconsidérés allaient désertifier de grandes étendues avec l'extension de labours d'appropriation à partir des années 1990 (Benabdeli et *al.*, 2008).

En fait, la steppe, propriété collective tribale, est devenue domaine privé de l'Etat qui en a permis la propriété individuelle. Sur le plan légal, seul les éleveurs de la commune ont le droit de pâturage sur les parcours du territoire communal. Dans les faits, une tradition existe toujours : celle du libre accès au parcours pour les nationaux à la seule condition de ne pas traverser des terres labourées (Bédrani, 1992). Cette situation ambiguë a été à la base de pratiques de labours autour de superficie des parcours plus ou moins vastes interdisant ainsi leur accès aux autres éleveurs ; c'est le labour d'appropriation qui s'est généralisé vers les années 1990. Ainsi, faute de textes juridiques clairs, fiables et fonctionnels fixant les conditions institutionnelles et réglementaires de jouissance et d'utilisation à titre privé ou collectif et, en l'absence de services spécialisés dotés de moyens appropriés et chargés de veiller au respect de la loi et d'assurer les arbitrages, on a abouti à une situation foncière confuse caractérisée par l'extension de labours juridiquement illicites, économiquement non rentables et écologiquement néfastes.

La protection de l'écosystème, facteur déterminant de la durabilité, n'a pas été suffisamment intégrée dans la démarche des utilisateurs directs des parcours pastoraux steppiques. Ce constat d'échec repose sur deux aspects (Benabdeli, 1989) :

- Les stratégies successives adoptées pour le développement de la région steppique manquaient de pertinence.
- Les méthodes utilisées pour l'identification et la formulation des projets ainsi que pour leur mise en œuvre et leur suivi manquaient d'efficacité.

### **III-2) Les actions entreprises**

#### **III-2-1) Durant la colonisation**

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

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

#### **III-2-2) Après l'indépendance**

L'héritage post-colonial d'un espace steppique dégradé sur le plan d'organisation sociale, et un espace livré à lui-même et aux troupeaux a duré pendant une décennie et ce n'est qu'à partir de 1970 qu'un certain nombre d'actions ont été entreprises qui se succèdent comme suite (Benabdeli, 1989 ; Yerou, 2012 ; Amghar, 2012):

➤ **Phase 1962- 1970 :** Elle est caractérisée par création de 49 A.D.P. (association pour le développement du pastoralisme), dont l'objectif est la modernisation de l'élevage et la mise en place de coopératives sur des périmètres d'une superficie de 10.000 ha. Les actions programmaient dans ce cadre visaient : le développement des activités quotidiennes des pasteurs par l'amélioration du niveau de vie des habitants de la steppe ; la modernisation des systèmes d'élevage par une meilleure composition et sélection du troupeau et une meilleure prophylaxie ; la mise en défens des terrains de parcours et l'installation d'une rotation d'exploitation et l'installation des brise-vent et

la production fourragère par des plantations pour un apport complément fourragère. En 1970 fut créé l'A.D.E.P. (association du développement de l'élevage pastorale), dont l'intervention s'est axée sur la sédentarisation des nomades par le biais de l'accroissement de la charge à l'hectare moyennant une mise en défens et l'introduction des techniques de pâturages et de conduite des troupeaux rationnelles (Amghar, 2012). Cette association était la base de création des Z.D.I.P. (zone de développement intégré du pastoralisme), dont l'impact était désastreux sur l'écosystème steppique. L'objectif de l'ADEP au niveau de ces ZDIP était la création de 40 coopératives pastorales. Chaque coopérative est composée de 26 éleveurs ayant chacun 100 brebis et 5 béliers et disposant de 10.000 ha de parcours clôturé (Chellig, 1985).

Ces actions inscrites au titre du plan triennal n'ont eu que peu d'impact sur l'amélioration du potentiel de production et se sont traduites par une dégradation de la couverture végétale sous le poids d'une charge pastorale par hectare supérieure aux possibilités.

Par ailleurs, Brahim (1980 *in* Yerou, 2012), indique que l'échec des A.D.P est dû à :

- L'incohérence entre les organes de décision et d'application ;
- L'insuffisance des salaires des attributaires (250 DA en 1969) ;
- Les bénéfices bloqués en grande partie à la banque ;
- La non adaptation de la structure tribale à l'implantation des coopératives.

✓ **Phase de 1970 à 1985** : Cette période était surtout caractérisée par la mise en œuvre de la troisième phase de la révolution agraire spécifique à la steppe. Un nouveau cadre de réflexion et de recherche de solutions applicables aux problèmes de la steppe constituait l'ossature de cette période. La révolution agraire steppique a été mise en application durant le plan quadriennal (1974- 1977) et reposait sur 3 concepts : les parcours devenaient propriété de l'état ; le cheptel devait appartenir à celui qui l'élève et en vit et la création de 200 C.E.P.R.A. (coopérative d'élevage de la révolution agraire) en remplacement des A.D.P (Bencharif, 2011). Les actions portaient sur l'aménagement des parcours steppiques et l'application de périmètres de

mise en défens, l'organisation et le soutien d'un secteur coopératif et le forage des puits et la création et l'équipement de centres vétérinaires.

A la fin du plan quadriennal (1974- 1977), le reste à réaliser était de 75% (M.A.P, 1995) ; un indicateur mettant en relief inadaptation de la stratégie à la réalité du monde steppique. Les structures concernées par l'exécution de toutes les opérations inscrites ont accumulé des retards importants et ont eu un impact négatif sur la réalisation de ces projets. Tous les projets lancés n'étaient finalisés qu'en partie et les objectifs fixés étaient loin d'être atteints. Tous étaient éloignés des réalités du terrain et de la société nomades avec ses habitudes et règles et surtout avec ses pratiques d'exploitation des parcours.

Aucun impact sur l'amélioration des productions végétales et animales n'a été noté par les différentes études et bilans réalisés.

A cela, il faut ajouter les contraintes politiques, l'affairisme et le manque d'expérience qui ont contribué à l'échec du développement de l'espace steppique. A ce sujet Benabdeli notait en 2008 : « La crise du pastoralisme a déjà été soulevée par Boukhobza en 1982, elle pèse de tout son poids sur le devenir de l'espace steppique puisqu'il est impossible, du moins en Algérie, de dissocier entre élevage et steppe. La période où se complétaient et se supportait en harmonie élevage et steppe est bien terminée. Pendant des siècles, les sociétés agropastorales étaient un exemple d'équilibre entre l'Homme, l'Animal et le milieu naturel reposant surtout sur la mobilité du pasteur et sa parfaite connaissance de l'herbage selon les saisons. Un autre paramètre et non des moindres permettait également cet équilibre : les sociétés pastorales étaient nomades ou semi-sédentaires, pratiquant la transhumance ».

Parmi les grands projets de développement de l'espace steppique, le barrage vert reste l'unique tentative d'envergure engagée sur le milieu physique. Ce grand projet de développement a été lancé dans le but d'enrayer le phénomène de désertification au niveau de la frange steppique comprise entre les isohyètes 300 mm au Nord et 200 mm au Sud. Il devait s'étendre sur une longueur de 1500 Km de long et 200 Km de large avec comme priorité des actions de reboisement, d'ouverture et d'aménagement de pistes et la création de pépinières (Nedjraoui et Bédrani, 2008). Les bilans faits sur cette opération (Bahamid et *al.*, 1994 in Yerou,2012) soulignent que l'opération

reboisement a touché une superficie de 74000 hectares où seuls 63591 hectares ont été réceptionnés par le secteur forestier. Les plantations arboricoles et les travaux d'infrastructures n'ont pas connu une grande ampleur, mis à part dans les wilayas de Djelfa et d'El Bayadh. Ce programme grandiose a été confié à l'armée et exécuté par des appelés: faute de moyens d'encadrement et de suivi technique, il n'a pas eu les résultats escomptés.

Cette période a vu également naître l'I.D.O.V.I. (institut de développement de l'élevage ovin) en 1976 avec comme objectif de vulgariser les techniques d'élevage et de contribuer à la définition de la politique de développement de l'élevage ovin. Sa mise en place a été lente, et, au moment où s'installait sur la steppe à travers des fermes pilotes en 1985, il a été dissout et fusionné avec l'I.D.E.B. (institut de développement de l'élevage bovin) (Bousmaha, 2012).

✓ **Phase 1985-1992** (Yerou, 2012) : Durant cette période il y a lieu de noter la poursuite du barrage vert, la réalisation d'opérations de fixation biologique et mécanique des dunes, l'amélioration pastorale et la plantation fruitière. Les bilans techniques réalisés sur le barrage vert soulignent l'échec du barrage vert et identifient, selon différents auteurs (Aitchafa et *al.*, 1991 ; Bensaid, 1995 ; Benabdeli, 1996 et 2008), les causes de cet échec en grande partie au manque d'expérience des jeunes du Service national, à l'absence d'études préalables, au manque de rigueur dans l'application, aux mauvais choix des espèces végétales, à l'absence d'entretien des réalisations et à la carence en technicité.

Cette période se distingue par une nouvelle orientation de la politique agricole du pays axée sur la promulgation de la loi 83-18 du 13 Août 1983 portant Accession à la Propriété Foncière et Agricole et l'adoption par le gouvernement du dossier de la steppe et la création du H.C.D.S. (haut commissariat de développement de la steppe) en 1982 et la mise en place des institutions de réalisation au niveau steppique (aménagement rural et hydraulique pastorale).

Le H.C.D.S. était chargé de la conception et de la mise en œuvre d'une politique d'aménagement de l'espace pastorale à même d'arrêter les dégradations du patrimoine steppique, grâce à sa protection et à son utilisation plus rationnelle et, en même temps

de créer les conditions d'un équilibre économique nouveau au moyen du développement de l'hydraulique pastorale et d'une diversification judicieuse des ressources de la steppe.

Avec l'avènement du H.C.D.S., le problème pastoral ou « pastoralisme » a commencé à prendre sa véritable dimension par la promulgation de la loi 87- 19 du 08 décembre 1987 déterminant le mode d'exploitation des terres agricoles, la loi 90- 25 du 18 novembre 1990 portant orientation foncière.

Au cours de cette période (1983-1992), les wilayas steppiques ont bénéficié de 165 projets dont 50% ont été réalisés pendant l'année 1985. Une tentative de dynamisation des programmes de développement de la steppe est à noter par l'inscription et la réalisation d'études, dont la plus importante avait pour objectif le découpage de la steppe en unités pastorales afin de faciliter l'identification et la connaissance du milieu steppique. Ces études monographiques, qui n'avaient pas identifié et quantifié les ressources, ne pouvaient permettre l'établissement de plans de développement concrets. Dans ce contexte 4 périmètres référentiels ont été réalisés à travers les grandes zones naturelles de la steppe et ont permis de tester un matériel végétal.

Malgré toute cette législation et institutions, les programmes connaissent des échecs essentiellement à cause du manque, voir l'absence, d'études rigoureuses et spécialisées, le manque de planification à moyen et à long terme et le manque de rigueur dans l'application des différents aménagements, le manque d'implication de la population dans les différents projets et surtout la méconnaissance du fonctionnement de l'écosystème steppique.

Cette période se caractérise également par le lacement du dernier plan quinquennal (1985-1989) devant permettre la mise en place de deux plans de développement steppique (dossier viandes rouges et dossier steppe). Le dossier steppe avait pour objectifs la mise en place d'une organisation adaptée à la steppe (organisation technico- administrative structures de réalisation et d'appui à la production) ; la lutte contre la désertification et la régénération du couvert végétal, par notamment une mise en valeur en sec et en irrigué et l'organisation et le développement de l'élevage ovin. Le dossier viandes rouges visait l'organisation de la filière viandes rouges, notamment ovines. Cette organisation touchait les fonctions

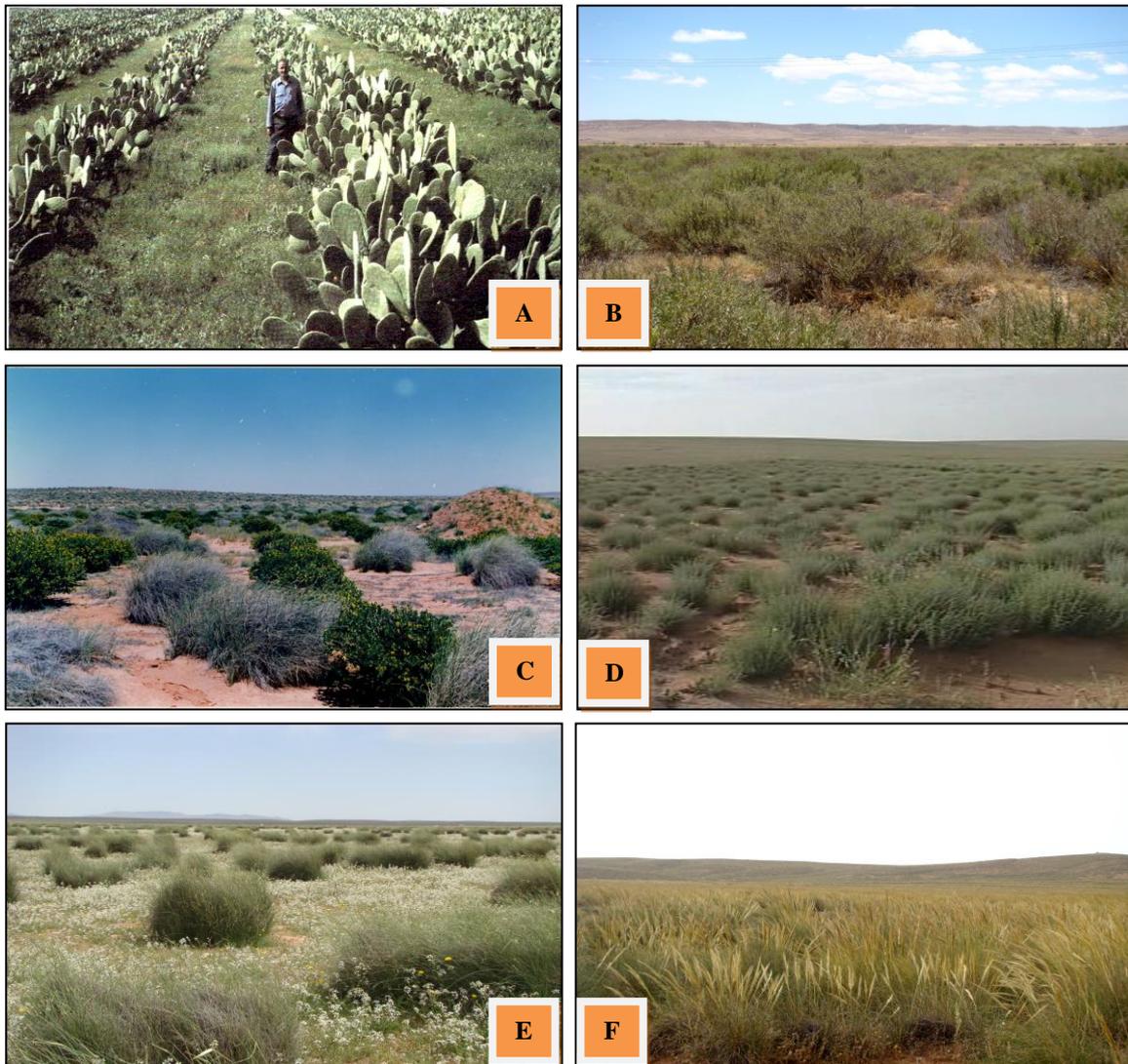
production, commercialisation du cheptel vif, abattage et transformation et entreposage. La priorité donnée à ce dossier était le délestage de la steppe des animaux improductifs et l'intensification de l'élevage ovin en zone céréalière.

**Phase 1992- 2000** :D'après Yerou ( 2012) c'est une période axée essentiellement par la mise en œuvre d'un important programme d'aménagement de l'espace pastoral dont les dossiers d'exécution ont déjà été préétablis. Un nouveau programme appelé « Grands Travaux » devait permettre pour la première fois dans l'histoire du pastoralisme algérien de toucher toutes les régions de la steppe algérienne. L'opération Grands Travaux « Aménagement Steppique », a été lancée effectivement le 02/11/1994 permettant au H.C.D.S., d'intervenir sur 08 wilayas pastorales et 11 wilayas agropastorales. Les principaux objectifs de ce programme quinquennal (1994-1999) étaient de créer l'emploi et l'amélioration des revenus des populations pastorales. Des opérations enclenchant une sédentarisation étaient réalisés à savoir la création d'un réseau de points d'eau pastoraux (forages, puits, djoubs, mares et retenues collinaires à usages multiple) (Planche III.1) ; l'alimentation en eau potable pour les populations pastorales ; l'abreuvement du cheptel et l'arrosage des plantations fourragères en phase de réalisation ; la lutte contre la désertification (l'atténuation de l'érosion par des méthodes biologiques et mécaniques dites fixation des dunes).

Parmi les actions aussi, il y a lieu de mettre en exergue la régénération des grands espaces de parcours par la mise en défens (mise en repos) (Planche III.2) et l'aménagement de périmètres fourragers par la plantation de trois groupes de végétaux méritent de retenir l'attention pour le milieu considéré (Planche III.2) : - Les arbustes fourragers destinés à une exploitation du système foliaire (branches, brindilles, feuilles) ; - Les cactées dont on peut exploiter les raquettes, en étant ou après enlèvement des épines, selon qu'elles sont inermes ou non ; - Les légumineuses arbustives, produisant un fruit (gousses et graines) qui est exploitables en alimentation animale.



**Planche III-1 : Les différents travaux d'aménagements steppiques réalisés par le H.C.D.S. : (A) Djoub ouvert, Telemcen ; (B) Djoub couvert, Laghouat ; (C) Mare, Djelfa ; (D) Puits pastoral, M'Sila ; (E) Forage, El Bayadh ; (F) Captage de source, El Bayadh ; (G) Ouvrage de dérivation des eaux de crues, Laghouat ; (H) Mare, Nâama. (Cliché H.C.D.S., 2008)**



**Planche III-2 : La restauration des parcours steppiques réalisés par le H.C.D.S. :**

(A) Plantation à base de *Opuntia*, M'Sila (Cliché H.C.D.S., 2008)

(B) Plantation à base de d'*Atriplex*, Djelfa (Cliché Salemkeur N., 2010)

(C) Plantation à base de *Medicago arborea*, Djelfa (Cliché H.C.D.S., 2008)

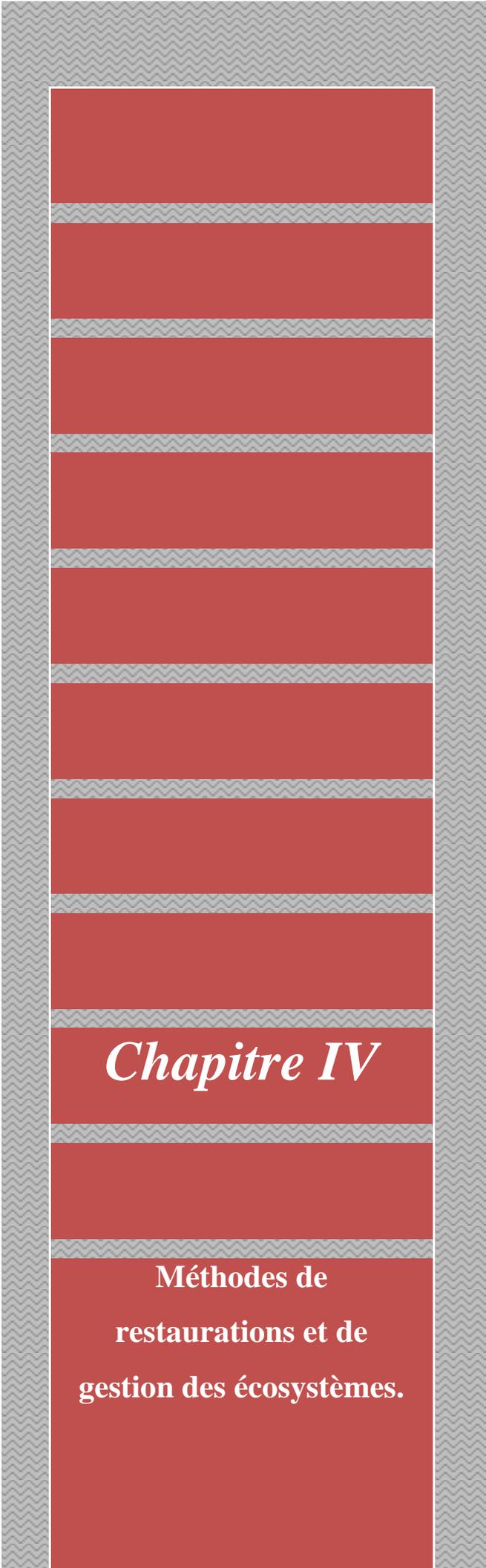
(D) Mise en défens à base de *Artemisia herba alba*, M'Sila (Cliché Salemkeur N., 2011)

(E) Mise en défens à base de *Lygium spartum*, El Bayadh (Cliché Salemkeur N., 2010)

(F) Mise en défens à base de *Stippa tenacissima*, Laghouat (Cliché Salemkeur N., 2010).

Dans le domaine de la recherche, l'université d'Alger, à travers le CRBT, a installé trois stations de recherches dans chaque zone écologique de la steppe de l'ouest : steppe à alfa, steppe à armoise et steppe à sparte. Des scientifiques se sont penchés sur les problèmes qui se posent au niveau des espaces steppiques. Certains auteurs ont travaillé sur les caractéristiques écologiques, pastorales parmi lesquels on peut citer

Djebaili (1978), Nedjraoui (1981), Bouzenoune (1984), Aidoud (1983,1989), Le Houérou (1985), Djellouli (1990), Boughani (1995) et (Kadi-Hanifi, 1998). Tandis que d'autres se sont penchés sur l'évolution socioéconomique des différents systèmes et on citera les plus importants : Boukhobza (1982), Khaldoun (1995), Bédrani (1996, 1997, 2001 et 2006).



*Chapitre IV*

**Méthodes de  
restaurations et de  
gestion des écosystèmes.**

#### IV) Méthodes de restauration des écosystèmes

L'écologie de restauration fournit des plans conceptuels et des approches méthodologiques pour ceux concernés par le passé, le présent et le futur des écosystèmes et des paysages (Aronson et *al.*, 1998). Elle combine les théories de l'écologie, la nature de la conservation concernée et la connaissance des besoins et de développer des nouveaux outils d'aménagement des écosystèmes et des paysages (Tarhouni, 2008).

Récemment, la conservation *in situ* est devenue une technique prometteuse pour la conservation de la diversité biologique des écosystèmes (Solh et *al.*, 2003). Toutefois la conservation des ressources naturelles exige la sensibilisation du public et sa prise de conscience du rôle vital du maintien d'un environnement sain pour un développement convenable (Kaya et Raynal, 2001).

Si les écosystèmes des pays du Sud sont déjà le plus souvent surexploités et dégradés, il faut également retenir que toute politique d'aménagement à y appliquer, doit prendre comme base de réflexion que la population continuera d'y demeurer la force dominante, autant dans les écosystèmes naturels que dans les agro-écosystèmes (Aronson et *al.*, 1995). De cette artificialisation croissante il résulte, le plus fréquemment, une surexploitation des ressources et leur dégradation progressive. A un niveau plus élevé, on constate la fragmentation et la dégradation des paysages entiers (Aronson et *al.*, 1995)..

La restauration du capital naturel a pour intention d'améliorer la santé et la capacité de résilience des écosystèmes, qui répond également aux besoins et attentes socio-économiques des populations locales. Son message clé est: « Le bien-être des populations humaines dépend de la santé des écosystèmes et de la qualité des services naturels qui en résultent ». (Aronson et *al.*, 2007).

Les voies d'intervention pour l'amélioration des potentialités écologiques et productives d'un écosystème dégradé recommandent une précision particulière, de la terminologie relative à l'écologie de restauration. Nous récapitulons dans ce qui suit la définition de chacune des trois grands « **R** » de voies principales d'intervention, à savoir : la **R**estauration, la **R**éhabilitation et la **R**éaffectation (Fig. IV-1).

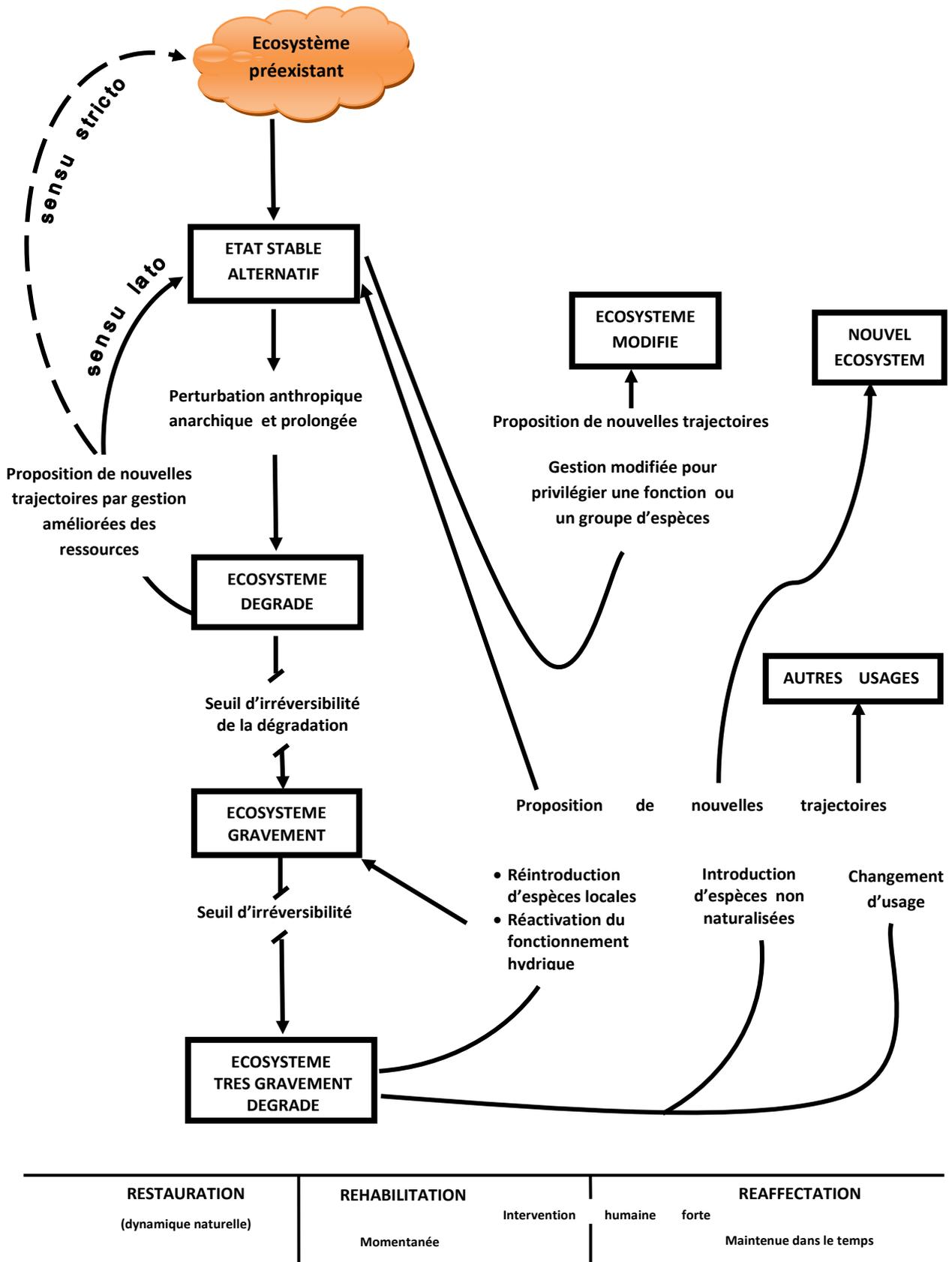


Figure IV-1 : Modèle général de la dégradation des écosystèmes et des moyens envisagés pour remédier (Aronson et al., 1993b).

#### **IV-I-1) La restauration**

La Society of Ecology Restoration a définie la restauration écologique comme : " la transformation intentionnelle d'un milieu pour y rétablir l'écosystème considéré comme indigène et historique. Le but de cette intervention est de revenir à la structure, la diversité et la dynamique de cet écosystème" ( *in* Aronson et *al.*, 1995).

Pour Aronson et *al.* (1993 a et b ; 1995), les objectifs majeurs de la restauration des écosystèmes sont à la fois de maintenir ou d'accroître la productivité primaire ou secondaire et d'améliorer la diversité biologique et la stabilité et, au niveau des paysages, de plus les mêmes auteurs (Aronson et *al.*, 1995) proposent que le terme "Restauration" soit réservé au rétablissement de la biodiversité, de la structure et des fonctions d'écosystèmes présentant encore un niveau suffisant de résilience (dégradation non irréversible) pour que l'intervention de l'homme soit, si possible, limitée à une diminution puis un contrôle de son niveau de pression.

En fin, lorsque la pression exercée sur l'écosystème a été trop intense, ou trop longtemps maintenue, celui-ci est alors susceptible de ne plus présenter de capacité dynamique suffisante pour que la seule diminution de la pression humaine lui permettra de « se restaurer » c'est à dire de revenir à ce qui constituait son état antérieur. Une intervention humaine forte est alors nécessaire pour faire évoluer l'écosystème, soit en replaçant l'écosystème sur une trajectoire favorable (Réhabilitation) soit en le transformant pour un nouvel usage (Réaffectation) (Aronson et *al.*, 1995).

#### **IV-I-2) La réhabilitation**

La réhabilitation consiste en la création d'un écosystème alternatif écologiquement viable, éventuellement différent en termes de structure, composition, fonctionnement de l'écosystème avant dégradation (ou de tout autre écosystème dit de référence), et présentant une valeur d'usage et de conservation de la biodiversité (Tarhouni, 2008). Réhabiliter un écosystème consiste aussi à lui permettre de retrouver ses fonctions essentielles (y compris productives) grâce à une intervention forte mais limitée dans le temps (démarrage forcé). Le retour, vers un état antérieur, doit être favorisé par des actions telles que la réintroduction de matériel végétal et des micro-organismes

associés ou encore des travaux du sol permettant une amélioration conséquente de son fonctionnement hydrique ou des cycles de nutriments, etc. La réintroduction de matériel végétal peut être limitée à la mise en place d'un écosystème simplifié "synthétique", comportant un nombre réduit d'espèces, et constituant une étape intermédiaire entre l'état dégradé et l'écosystème de référence (Aronson et *al.*, 1995).

Restauration et réhabilitation ont donc comme objectif majeur commun de recréer des écosystèmes autonomes (ou durables) caractérisés par une succession dans les communautés animales et végétales et par la capacité de réparer eux-mêmes les méfaits dus à des perturbations modérées naturelles ou anthropiques. De même, la restauration et la réhabilitation admettent, comme objectifs explicites ou implicites, un retour au précédent niveau de flux d'énergie et cycles de nutriments ainsi que le rétablissement des conditions nécessaires à un bon fonctionnement hydrique du sol (infiltration, bilan) au niveau de la rhizosphère de l'écosystème (Aronson et *al.*, 1995).

#### **IV-I-3) La réaffectation**

La réaffectation (Aronson et *al.*, 1995) est le terme général décrivant ce qui se passe quand une partie (ou la totalité) d'un paysage, quel que soit son état, est transformée et qu'un nouvel usage lui est assigné, Ce nouvel état est éventuellement sans relation de structure et/ou de fonctionnement avec l'écosystème préexistant, pour simplifier, la réaffectation est, indiquée comme prenant surtout place dans les stades les plus avancés de la dégradation de l'écosystème et même éventuellement quand un ou plusieurs seuils d'irréversibilité ont été franchis.

A l'inverse de la restauration et de la réhabilitation, les actions de réaffectation sont couramment réalisées par des populations. Ces actions nécessitent des apports permanents d'intrants sous forme d'énergie, d'eau et/ou fertilisant. Les vastes plantations d'arbustes fourragers (*Atriplex*, *Acacia*, *Opuntia*, etc.) réalisées par exemple en Afrique du Nord sont autant d'exemple de réaffectation (Aronson et *al.*, 1995 ; Tarhouni, 2008).

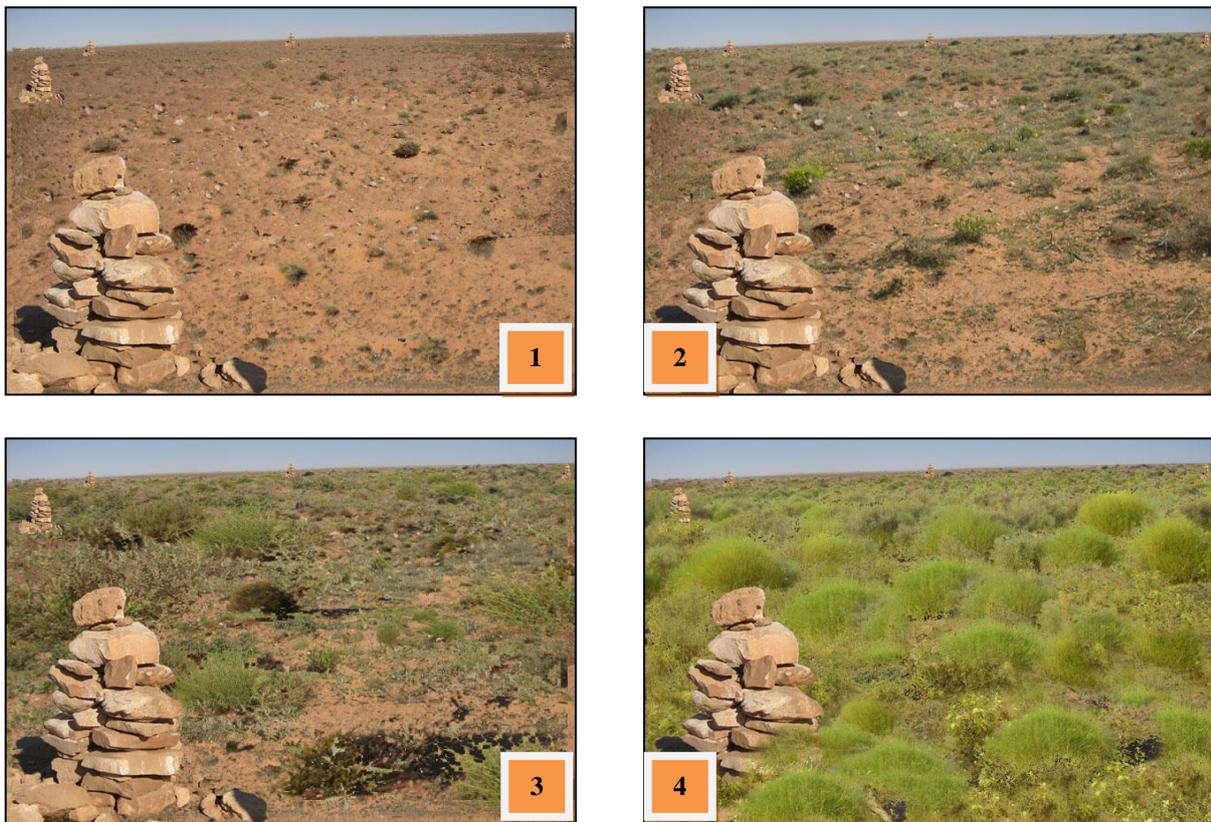
En réalité, la réaffectation peut intervenir à tous les niveaux et même sur un écosystème non encore perturbé . La réaffectation, au cours de l'histoire des activités humaines a souvent été judicieusement conduite dans les milieux de productivités

élevées, peu vulnérables, et de forte résilience face aux perturbations (Aronson et *al.*, 1995) .

## IV-II) Quelques techniques de restauration et de gestion des écosystèmes

### IV-II-1) La mise en défens (mise en repos)

La mise en défens ou mise en repos est une méthode d'amélioration et de restauration des parcours, elle est définie comme étant un arrêt momentané de l'action humaine et de la pression animale, c'est une technique naturelle efficace pour permettre la régénération des espèces vivaces si la dégradation qu'a subit le parcours n'est pas trop intense (Planche IV-1), cette pratique est très ancienne et a été la plus utilisée traditionnellement dans les parcours pastoraux arides à l'image de « Agdal » en Afrique du Nord ou du système du « Hema » au Proche-Orient et en Arabie (Le Houérou, 1995 b), le « Ngitili » en Tanzanie (Selemani et *al.*, 2013).



**Planche IV-1 :** Vue général d'un parcours steppique dégradé aménagé par le H.C.D.S. par le technique de la mise en défens et son effet sur la régénération de la végétation après quatre (04) ans de mise en repos (Brouri, 2012).

Cette technique est appliquée essentiellement aux types de parcours présentant des aptitudes de régénération rapide tant sur le plan de la richesse floristique relative en terme de présence d'espèces à haute valeur pastorale, que sur le plan de la qualité de la surface du sol (Gamoun, 2012). Elle concerne les parcours peu dégradés mais souffrant d'un usage abusif du à un séjour trop prolongé des animaux, nécessitant une période de repos afin de favoriser la vigueur des plants et la production des semences. La mise en défens permettra après quelques années, la réapparition d'espèces vivaces palatables. Cette technique vise deux objectifs:

- ✓ Produire du fourrage pour le cheptel ;
- ✓ Lutter contre la désertification.

Selon les conditions climatiques, la durée de la mise en défens utile peut varier d'une saison pluvieuse à 10 ans (ou même plus) jusqu'à l'extériorisation des potentialités de régénération de la végétation. Dans les zones arides, cette durée dépend essentiellement de la quantité de pluie suivant la protection, l'état initial de la végétation, en particulier le stock du sol en semences et de l'étendue relative de la zone dégradée par rapport aux sites environnants en bon état (Floret, 1981). Dans le même sens, Le Houérou (1995 a) signale que la réussite de la mise en défens peut être rapide lorsque la dégradation de la végétation et/ou du milieu a été modérée. Elle peut produire des résultats spectaculaires en 2 à 3 ans lorsque la conjoncture pluviométrique est favorable. Cependant, la vitesse de cicatrisation du tapis végétal est très variable selon les milieux écologiques (Le Houérou, 1995 a et b).

Les avantages de la mise en défens proviennent de son faible prix de revient et qu'elle nécessite peu de moyens humains pour sa réalisation (Djellouli et Daget, 1995), mais sa mise en place se heurte parfois à l'opposition des populations surtout lorsque les limites de parcours font l'objet de litiges. En outre, sa réalisation exige la prise en charge par l'administration de frais de gardiennage, surtout lorsque l'organisation des éleveurs n'est pas suffisamment avancée pour permettre la prise en charge par les intéressés eux-mêmes.

Le Houérou (1969) rapporte que l'efficacité de cette pratique présente plusieurs conséquences et avantages dont ce qui suit :

- La reconstitution de la végétation pérenne ;
- Réapparition de certaines espèces exterminées par le pacage ;
- La végétation annuelle qui évolue normalement jusqu'à ce que la graine se multiplie dans des proportions considérables ;
- Le maintien de la couverture végétale soustrait le sol de l'érosion et l'enrichit par l'humification.

Selon le mode de gestion ou d'utilisation, il y'a deux types de mise en défens (mise en repos) :

✓ La mise en défens temporaire (pâturage différé) : d'après Bourbouz et Donadieu (1987) (*in* Amghar, 2012) « la mise en défens temporaire ou différée est la soustraction temporaire d'une surface du pâturage ayant pour but la reconstitution des espèces vivaces, l'établissement des jeunes semis ou germination des graines des annuelles ou des vivaces ». Elle donne souvent des résultats, car elle est presque toujours un instrument efficace de régénération des steppes, mais ceux-ci sont d'autant plus modestes que le climat est aride (Amghar, 2012).

✓ La rotation (pâturage tournant, alterne) : La mise en défens, pour qu'elle soit efficace, doit impérativement s'intégrer dans un plan de rotation (Le Houérou, 1973). Le pâturage en rotation des troupeaux se pratique sur des parcelles délimitées et selon un rythme plus ou moins régulier lié à la végétation considérée et aux conditions climatiques de l'année (Bourbouz et Donadieu, 1987).

Le principe de la rotation consiste à cloisonner le terrain en parcelles et faire admettre des charges élevées ou instantanées pendant des périodes très courtes afin de respecter le temps de repos des plantes entre deux exploitations successives et leur permettre de boucler leur cycle végétatif (Amghar, 2012). Dans la rotation on peut trouver plusieurs modes :

- Rotation simple (pâturage différé) ou la rotation des parcelles se fait de 1 à 6 mois ;
- Pâturage à rotation annuel ;
- Pâturage complexe : la rotation se fait sur un nombre de parcelle supérieur ou égal à 3 et ce, pour ne pas revenir sur la même parcelle dans la même année ;

- Rotation en alternance saisonnière.

#### **IV-II-2) La plantation pastorale**

Les plantations d'arbustes fourragers restent la méthode de régénération sylvo-pastorale et d'amélioration des régions arides la plus courante dans les milieux très dégradés où l'espèce clef de voute ou autochtones ont disparu (Aronson et *al.*, 1995). Les plantations pastorales peuvent se présenter comme un moyen technique indispensable pour stabiliser, voir même inverser le courant de la dégradation des parcours pour que l'économie de l'élevage arrive à prospérer, sans perturber le milieu. L'introduction des arbustes fourragers est considéré comme réserve fourragère sur pied, les arbustes jouent aussi un rôle important dans la protection du sol contre l'érosion hydrique et surtout éolienne (Tazi et *al.*, 1991).

Selon Nefzaoui et Chermiti (1991), dans les milieux arides et semi-arides, les plantations d'arbustes fourragers constituent, indéniablement un élément de stabilité dans l'alimentation des petits ruminants grâce au report interannuel de fourrage accumulé sur 2 à 3 ans utilisable en cas de sécheresse, et constituent aussi un facteur de protection de l'environnement notamment par :

- La protection contre l'érosion éolienne ;
- La protection contre l'érosion hydrique, permet la fixation du sol et la conservation des eaux dans les sols;
- La résistance élevée à la sécheresse ;
- La fixation des dunes, protection des oasis, des routes ;
- La réduction de l'aridité par augmentation de la rugosité et diminution de l'albédo ;
- Les arbustes fourragers peuvent valoriser des terres marginales inutilisables en agriculture traditionnelle (terres salées,...).
- L'augmentation de la productivité et le maintien et l'amélioration de la fertilité des milieux et des sols (Nefzaoui et Chermiti, 1991).

Par ailleurs aussi, les arbustes fourragers ont aussi l'avantage de créer des micro-climats qui favorisent l'installation des espèces pastorales autochtones. Des études réalisées par Qarro et De Montard (1989), Ovalle et Avendano (1987) ont montré

l'effet bénéfique de l'ombrage pour le bilan hydrique et donc pour la régénération de la strate herbacée et ligneuse.

Dans les pays où les conditions écologiques sont rudes, plusieurs auteurs (Boudet, 1970 ; Kadik, 1974 ; El Hamrouni et Sarson, 1974 ; Le Houérou, 1976 ; Vincq, 1976) ont montré que plusieurs arbustes fourragers peuvent être plantés et ont souligné leur importance comme réserves fourragères pendant les périodes difficiles. Le meilleur exemple est fourni par *Gleditsia triacanthos*, *Ceratonia siliqua*, *Prosopis juliflora*, qui sont des arbres de climat chaud et sec et dont les gousses constituent une bonne alimentation pour le bétail, de plus ses gousses et ses feuilles constituent un aliment de choix pour le bétail au moment où les pâturages se font rares.

Cependant, les plantations fourragères sont soumises à un certain nombre de contraintes, en effet les principaux problèmes manifestés par ces plantations sont liées aux coûts élevés de la plantation et de la protection contre l'utilisation incontrôlée du bétail (Amghar, 2012). Les cultures exigent des délais prolongés pour se développer, d'un matériel de propagation de qualité, des soins cultureux (comme l'irrigation lors de la plantation), de temps et enfin des méthodes d'utilisation en raison des contraintes de gestion propre à chaque espèce (Mulas et Mulas, 2004).

En Algérie, c'est au début des années quatre vingt dix, que l'Etat à travers le H.C.D.S a mis en œuvre cette technique d'aménagement pastorale par le biais des plantations fourragères et cela comme un moyen de lutte contre la désertification et la dégradation des parcours en utilisant des espèces exotiques des genres *Medicago*, *Opuntia* et *Atriplex*, ce dernier genre avec son espèce *Atriplex canescens* est le plus utilisé .

Les *Atriplex*, sont des espèces très appréciées par le cheptel, supportent bien les conditions climatiques et pédologiques des régions arides et semi-arides, ils peuvent jouer un rôle important dans l'alimentation des animaux, ils présentent des teneurs en protéines brutes élevées tout au long de l'année, ainsi que des teneurs intéressantes en matières minérales (Franclet et Le Houérou, 1971 ; Otsyina et *al.*, 1982).

Selon Le Houérou (1975), les plantations à base d'*Atriplex* présentent de nombreux avantages et inconvénients.

**a) Avantages**

- L'amélioration de la production fourragère et des réserves pastorales sur pied utilisé en périodes de disette comme complément fourrager ;
- La réhabilitation des sols de mauvaise structure, sensibles à l'érosion éolienne et hydrique par le biais du développement de la strate herbacée naturelle et par leur apport en matière organique, jouant un rôle actif dans le processus de remontée biologique ;
- La sauvegarde du cheptel lors des années de disette et diminution de l'utilisation abusive des parcours naturels ;
- La constitution d'abris contre le vent limitant l'érosion éolienne.

**b) Inconvénients**

- Par leurs racines pivotantes, les arbustes prélèvent l'eau en profondeur dans les nappes phréatiques et risquent l'abaissement de leurs niveaux et accentuent donc le risque d'épuisement des ressources hydriques ;
- Les arbustes fourragers soumis à une protection intégrale et de longue durée (supérieur à 2ans) subissent le phénomène de lignification naturelle induisant la diminution de leur valeur fourragère ;
- L'exploitation des jeunes plantations d'Atriplex (Age inférieur à 2 ans) risque d'interrompre la croissance des plantes, par conséquent leur élimination ;
- La charge excessive provoque la diminution des parties consommables (feuilles, tiges tendres) et il ne persiste que le bois.

**IV-II-3) Le contrôle de la capacité de charge**

La capacité de charge est la charge modérée dite «d'équilibre», calculée sur la base d'un besoin alimentaire du cheptel en production annuelle. Cette notion de charge d'équilibre perd cependant de son sens devant l'extrême variabilité interannuelle des ressources fourragères naturelles (Gamoun, 2012). Elle est définie par le nombre maximum d'herbivores qui peuvent pâturer une surface donnée, sans détérioration de la végétation (Roe, 1997).

La S.R.M. (1989) (Society for Range Management) définit la capacité de charge comme " Le taux de chargement maximum possible qui est compatible avec le maintien ou l'amélioration de la végétation ou des ressources naturelles ". La capacité de charge est estimée sur la base de l'herbe produit et les besoins des animaux aux fourrages (Gamoun, 2012).

L'idée que le taux de dégradation des parcours est proportionnel au nombre d'animaux qui y séjournent n'est pas nouvelle; elle reflète, d'une manière générale, l'opinion du grand public, et celle de nombreux pastoralistes professionnels (Sandford, 1983). Qu'il relève du "mythe ou de la réalité" (De Leeuw et Tothill, 1990), le concept de capacité de charge a été largement employé, au cours de ces dernières décennies, pour diagnostiquer, évaluer, prévoir, ou aménager les ressources pastorales en zones arides (Gamoun,2012). En ce sens, c'est sans doute l'indicateur clé qui a été le plus utilisé dans un passé récent, tant par les pastoralistes que par les développeurs. La capacité de charge est donc, la quantité maximale de bétail qu'un pâturage est supposé pouvoir supporter sans se détériorer (F.A.O., 1988).

La formule retenue pour limiter la capacité de charge se contente de limiter le temps de séjour plutôt que les effectifs, ce qui est une manière indirecte de limiter la charge. L'estimation de la production d'un pâturage, donc de sa capacité de charge est l'aboutissement nécessaire de l'étude d'un pâturage (Boudet, 1975). Toutefois, il faut savoir que la biomasse mesurée en fin de saison des pluies se dégrade au fur et à mesure de l'avancement de la saison sèche. Boudet (1991) estime qu'en zone sahélienne, seulement un tiers de la biomasse mesurée peut être consommé à cause du piétinement, du vent et des termites. En zone soudanienne, la moitié de la partie appétible sera consommée par le cheptel. Il faut donc tenir compte de cette pondération dans le calcul de la charge.

De nombreuses théories ont été émises sur les charges animales que peuvent supporter les parcours. Les méthodes d'évaluation n'ont pas été les mêmes et les résultats obtenus sont parfois controversés. Jusqu'à présent, deux points de vue essentiels ont guidé les investigations dans ce domaine. Le premier point de vue est formulé par Hiernaux (1983) qui considère que la capacité de charge d'un pâturage est associée à deux notions : d'une part, dans une optique écologique, au seuil d'exploitation au-delà

duquel, la végétation, voire le milieu se dégradent et, d'autre part, dans une optique zootechnique, au seuil maximal d'exploitation permettant d'atteindre un niveau de performances zootechniques à partir d'un pâturage donné. Selon Hiernaux (1983), ces deux optiques ne sont pas forcément liées. Ses observations le mènent à la conclusion que le broutage direct est sans risque pour les ligneux et que, pour les espèces herbacées, les risques sont restreints après leur fructification. Le second point de vue est formulé par Breman et Krul (1982) qui trouvent que la complexité du rapport végétation-animal est telle qu'il est délicat de parler d'une capacité de charge en se référant au seul niveau de performance de production animale. De ce point de vue, l'optique écologique de la notion de capacité de charge est plus élaborée.

En situation d'exploitation intensive, le chargement élevé minimise l'expression du comportement sélectif des animaux (Dumont *et al.*, 2001). Une augmentation de l'effectif instantané chez des brebis conduites sur parcours peut les pousser à consommer plus de ligneux (Lecrivain *et al.*, 1990).

Dans tous les pays, les différents niveaux de charge ont eu un effet net sur la structure de la végétation et sur les bouchées prélevées par les animaux, sans effet sur les performances individuelles (Dumont *et al.*, 2007). Cependant, lorsque l'on laisse un stock d'herbe sur pied important à l'automne pour être consommé pendant l'hiver, l'accumulation de matériel sénescant diminue fortement la qualité de l'herbe (Lemaire, 1999 ; Ducrocq, 1996 ; Delagarde *et al.*, 1999). Il s'agit donc d'avoir une gestion adaptée du pâturage en cette saison pour tirer un profit maximum de cette ressource en faisant coïncider les périodes à faibles besoins des animaux avec les périodes à faible croissance de l'herbe et en adaptant le chargement aux conditions climatiques (Pottier *et al.*, 2001).

### **IV-II-3) La création des points d'eau**

La gestion des troupeaux et des parcours est conditionnée, dans une large mesure, par les ressources en eau, notamment pendant la saison sèche (Le Houérou, 2005). La création des points d'eau et leur gestion, est un autre moyen d'agir sur la distribution des animaux sur parcours. C'est une opération facile à mettre en œuvre dans la plupart des programmes. Elle peut conduire cependant à des erreurs car il faut que la

disponibilité en eau soit en rapport avec la végétation disponible. En secteur moderne, où le parcours est cloisonné et l'accès des animaux contrôlé, la densité des points d'eau peut constituer une importante contrainte économique au développement, aboutissant à la création à la fois de zones surpâturées et de zones sous-pâturées (Le Houérou, 1971, 1983, 1985a ; Bernus, 1974, 1981). L'abreuvement n'est nécessaire qu'en été. Pendant les autres périodes, l'eau contenue dans les végétaux est souvent suffisante aux besoins des animaux. En été, les troupeaux ne s'éloignent pas des points d'eau en moyenne de plus de 5 à 6 Km, la fréquence d'abreuvement étant d'un jour sur deux, ce qui se traduit par de fortes concentrations de troupeaux et un surpâturage considérable dans ce rayon. Les programmes d'hydraulique pastorale ont permis de diminuer les risques de surpâturage auprès des points d'eau naturels, mais ils ont contribué indirectement à l'accroissement numérique du cheptel. La dégradation des terres autour des forages est surtout sensible sur sol limoneux ou gravillonnaire et ne dépasse guère 3 km de rayon. Les mêmes dégradations apparaissent autour des villages. En théorie, les stratégies modernes pour lutter contre les pénuries d'eau dans les zones arides reposent sur deux principes (Sandford, 1989) :

- ✓ Augmenter la densité spatiale des points d'eau, afin de réduire les dépenses d'énergie liées à la marche, et utiliser les espèces, races et types d'animaux, choisis sur la base de leur productivité et non en fonction de leur résistance à la soif ;

- ✓ S'appuyer sur la densité des points d'eau, sur leur localisation et sur leurs périodes d'ouverture et de fermeture, pour contrôler l'intensité, l'uniformité spatiale, et le moment du pâturage, en vue d'optimiser la production des parcours.

*Chapitre V*

**Matériels et méthodes.**

## **V) Matériels et méthodes**

### **V-1) Cadre et objectif de l'étude**

Les écosystèmes steppiques dont la vocation est essentiellement pastorale ; sont aujourd'hui au bord d'une dégradation irréversible (ce stade régressive se traduit par la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologiques). Cette dernière a été rendue possible sous l'effet combiné des actions édapho-climatiques, hostiles au développement intensif d'une végétation pérenne et des actions anthropiques, souvent dévastatrices du milieu conduisant à une désertification certaine. Face à cette régression alarmante du couvert végétal palatable, l'état par le biais de plusieurs institutions entre autre le **H.C.D.S.** (Haut Commissariat au Développement de la Steppe) a proposé une approche de réhabilitation des parcours les plus dégradés, pour sa part le **C.R.S.T.R.A.** (Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides) et à travers sa division Bioressources - Equipe Steppe - a pris l'initiative de créer un observatoire, cette observatoire est constitué d'un réseau de stations d'observations « stations de proximités » implantées dans des zones steppiques représentatives mis en défens (mise en repos naturelles ou plantation pastorale) ou bien des parcours à pâturage libre.

L'objectif de cette thèse est dévaluer l'état des parcours steppiques, de voir leur évolution sous l'effet des techniques d'aménagements pastorales (mise en repos et plantation pastorale) et enfin leur application pour une gestion durable. Autrement il est impératif d'arriver à une meilleure compréhension de la réponse des communautés végétales steppiques à la mise en défens et au pâturage et par conséquent à une gestion durable des ces espaces. Peu importe les objectifs à court ou à moyen terme, plus rien au delà, le résultat désiré est l'utilisation durable de la ressource pastorale.

### **V-2) Présentation et localisation des stations d'études**

Deux années ont été nécessaires pour prospecter, choisir et arrêter 15 stations aménagées et 15 stations à pâturage libre juste à proximité des précédentes (Fig.V-1), localisées dans 15 communes appartenant à 5 wilayates steppiques initiées par le Haut Commissariat pour le Développement de la Steppe sur la base d'un inventaire de toutes les stations mises en repos ou plantées.



végétales à savoir : *Stipa tenacissima*, *Artemisia herba alba*, *Lygium spartum*, *Arthrophytum scoparium*, *Atriplex canescens* ou mixte selon la disponibilité dans chaque Wilaya (Tab. V-1).

**Tableau V-1** : Localisations, types d'aménagements et types de formations végétales des différentes stations d'études.

Wilaya	Commune	Lieu dit	Type d'aménagement	Types de formations
	Ben Srouer	Marnouna	M.E.R.	<i>Artemisia herba alba</i>
<b>M'sila</b>	El Houamed	El-Roumana	P.P.	<i>Atriplex canescens</i>
	Sidi Ameer	Badret El Mokdsi	M.E.R.	<i>Stipa tenacissima</i>
<b>Djelfa</b>	Deldoul	Attaf labgar	M.E.R.	<i>Arthrophytum scoparium</i>
	Tadhmit	Menkeb Ben Hamed	M.E.R.	<i>Stipa tenacissima</i>
	Benhar	Lakder	P.P.	<i>Atriplex canescens</i>
<b>Laghouat</b>	El houaita	Ouadyet E'dib	M.E.R.	<i>Arthrophytum scoparium</i>
	Guellet Sidi Sâad	Sahw Lahmar	M.E.R.	<i>Stipa tenacissima</i> / <i>Artemisia h. a.</i>
	Sidi Bouzid	Djlel E'chergui	M.E.R.	<i>Stipa tenacissima</i>
<b>El-Bayadh</b>	Rogassa	Drâa Elwast	M.E.R.	<i>Artemisia h. a.</i> / <i>Stipa tenacissima</i>
	Sttiten	Ktifa	M.E.R.	<i>Lygium spartum</i>
	Rogassa	Zaouia (Sékine)	M.E.R.	<i>Stipa tenacissima</i>
<b>Naâma</b>	Naâma	Tuifza	P.P.	<i>Atriplex canescens</i>
	Sfissifa	Nofikha	M.E.R.	<i>Stipa tenacissima</i> / <i>Lygium spartum</i>
	Naâma	Swiga	P.P.	<i>Atriplex canescens</i>

**M.E.R.** : mise en repos ; **P.P.** : plantation pastorale.

### V-3) Le climat

Le climat est l'un des facteurs les plus déterminants dans le développement du couvert végétal il joue un rôle primordial dans la répartition de la végétation (Amghar, 2012).

Dans le cadre de notre étude nous avons retenu comme paramètres climatiques "la pluviosité" considéré par Ramade (1984) comme un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres et "la température", ces deux paramètres sont d'une part les données les plus disponibles et d'autre part les variables les plus influentes sur la végétation (Amghar, 2012).

L'influence du climat sur la répartition et le rendement de la végétation n'est plus à démontrer. Plusieurs auteurs ont traité le climat de l'Algérie, la plupart des travaux concernent surtout les précipitations (Seltzer, 1946 ; Dubief, 1959 ; Gaussens, 1948 ; Chaumont et Paquin, 1971 ; Le Houérou et *al.*, 1979 ; Djellouli, 1981, 1991 ; Daget et Djellouli, 1991 ; Aidoud-Lounis, 1997 ; Hirche et *al.*, 2007 ; Hirche, 2010).

Les données utilisées pour cette études sont les données de Amghar (2012), se sont des données de différentes stations météorologiques situées dans les différentes wilayates steppiques échantillonnées (05 wilayates) ayant une série de prés de trente ans d'observations de pluies et 15 ans d'observations de température maximales et de température minimale (O.N.M., 2008). Le tableau ci-dessous (Tab.V-2) renferme les paramètres climatiques retenus pour cette étude ainsi que le coefficient de variation pour chaque wilaya.

**Tableau V-2 :** Paramètre climatiques (précipitations et températures) dans les différentes wilayates échantillonnées (Source: ONM, 2008 *in* Amghar, 2012).

Wilayates	Période	Paramètres Climatiques			Q <sub>2</sub> %	CV %
		<i>P</i>	<i>M</i>	<i>m</i>		
<i>M'Sila</i>	1977 - 2006	194,62	37,80	3,14	19,13	33,47
<i>Djelfa</i>	1978 - 2007	306,69	34,35	0,10	30,85	27,70
<i>Naâma</i>	1976 - 2005	224,32	38,00	1,39	20,94	31,44
<i>El Bayadh</i>	1976 - 2005	252,96	34,40	-0,15	25,23	33,90
<i>Laghouat</i>	1978 - 2007	156,80	38,30	2,14	14,79	42,58

*P* : Précipitations

*M* : Température maximale

*m* : Température minimale

CV : Coefficient de variation

Pour chaque région (sud algérois et oranais) (steppe centre et steppe Ouest), Amghar (2012) a considéré une station ayant plus de cent ans de données pluviométrique afin d'étudier la tendance générale, pour cela il a retenue la station d'El Bayadh pour le Sud -Oranais et la station de Djelfa pour le sud algérois.

L'étude est basée sur l'évolution de la pluviosité, des températures, le calcul des indices climatiques et la synthèse bioclimatique des wilayates échantillonnées. La zone d'étude est comprise entre la latitude 33°44' et 35°37 N et la longitude 1°40' W et 5°17' E.

Le bioclimat des stations d'étude a été caractérisé par la méthode d'interpolation basée sur les données de nombreux auteurs qui ont travaillé dans différentes régions de l'Algérie et ont proposé des gradients pluviométriques et thermiques.

Pour la pluviosité, les gradients résumés dans le tableau qui suit ont été appliqués (Tab. V- 3).

**Tableau V-3 :** Gradients pluviométriques appliqués pour les stations échantillonnées (Amghar, 2012).

<b>Auteurs</b>	<b>Gradients mm/100m</b>	<b>Régions</b>
Djelloull (1981)	25	<i>Sud Oranais</i>
Benali (1988) <i>in</i> Lebane & Zidane (1995)	24	<i>Atlas Saharien central</i>

Pour les températures, les gradients proposés par Seltzer (1946) ont été retenus à savoir 0,4 °C pour 100 m pour la température moyenne minimale du mois le plus froid « m » et 0,7 °C pour 100 m pour la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « M ». Une fois les paramètres climatiques (P, M, m) renseignés, le quotient d'Emberger est calculé.

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

P : Précipitations exprimée en mm.

M et m : moyenne des températures maximal et des minimal en degré Kelvin.

L'analyse du tableau 4, révèle que la pluviométrie moyenne annuelle calculée sur une série de 30 ans pour l'ensemble de nos stations varie entre 192 et plus de 323 mm. La pluviométrie des stations échantillonnées ne présente pas une grande variabilité interannuelle.

Le régime saisonnier donne une indication sur la répartition des pluies suivant les quatre saisons de l'année et ceci est en rapport direct avec la croissance de la végétation. D'après Achour (1983), le régime pluviométrique peut être utilisé comme un élément caractéristique du climat. Pour le végétal, la répartition des pluies est plus importante que la quantité pluviométrique annuelle. L'eau qui lui est utile est celle qui est disponible durant son cycle de développement (Aidoud, 1983). Le régime saisonnier diffère selon les stations, mais c'est en général l'automne et le printemps ou printemps et l'automne qui sont les plus arrosés, sachant que les pluies de l'automne et d'hiver contribuent à maintenir l'humidité du sol et les pluies de printemps accélérant le développement de la végétation (Aidoud, 1989). Les huit stations échantillonnées présentent une pluviométrie minimale en été, ce qui est une caractéristique essentielle du climat méditerranéen. Nos stations présentent une saison sèche allant de 5 mois à 9 mois, la période de sécheresse la plus longue avec 9 mois est enregistré dans la station d'El haouamed dans la wilaya de M'sila.

**Tableau V-4 :** Paramètres climatiques calculés par extrapolation: Le Q<sub>2</sub> d'Emberger, régime saisonnier, période sèche et étage bioclimatique de quelques Stations des Wilayates steppiques (Source: Amghar, 2012).

Wilayates	Stations	Alt (m)	P (mm)	M (C°)	m (C°)	Q <sub>2</sub>	Régime saisonnier	Période sèche	Bioclimat
<i>M'Sila</i>	<i>Tamssa</i>	365	321.12	34.13	1.04	33.40	APHE	5 mois	SAI Frais
	<i>El houamed</i>	560	223.81	36.97	2.66	22.28	APHE	9 mois	AI Frais
<i>Djelfa</i>	<i>Ain fekkah</i>	815	217.75	36.91	1.55	21.07	HPAE	8 mois	AI Frais
<i>Laghouat</i>	<i>Gueltet sidi saâd</i>	1165	250.55	35.46	0.54	24.66	APHE	7 mois	AS Frais
<i>El Bayadh</i>	<i>Ain arague</i>	1250	230.19	35.02	0.21	22.75	APHE	7 mois	AI Frais
	<i>Rogassa</i>	1096	192.25	36.10	0.83	18.70	APHE	7 mois	AI Frais
<i>Naâma</i>	<i>Sfissifa</i>	1340	269.18	36.79	0.69	25.56	PAHE	7 mois	AS Frais
	<i>Ain benkhelil</i>	1175	226.56	37.93	1.35	21.17	PAHE	7 mois	AI Frais

## **V-4) Méthodologie d'échantillonnage suivie**

### **V-4-1) Méthode des points – quadrats**

Les méthodes d'étude de la végétation sont extrêmement diversifiées du fait de la diversité des objectifs envisagés et qui tentent à mettre en évidence les indicateurs de l'état du milieu. La méthode de points-quadrats de Daget et Poissonet (1971) est considérée parmi les meilleures méthodes pour la détermination des différents descripteurs relatifs au couvert végétal. Elle permet en effet, de qualifier la composition floristique et ne mesure que l'interception des couronnes en notant les espèces touchées par une aiguille le long d'une ligne graduée (5, 10 ou 20 m de longueur). D'après Floret (1988), l'espacement des points de lecture peut varier selon le type de la végétation (5, 10, 20, 25 cm). La maille est d'autant plus grande que la végétation est clairsemée ; elle doit être la même au niveau de la même station pour des raisons de comparabilité. Il est considéré qu'un nombre minimum de 100 points de contact avec la végétation est nécessaire pour que la fréquence puisse être mathématiquement transformée en recouvrement.

Dans notre étude, nous avons effectués durant les deux années 2011 et 2012, 10 relevés linéaires de 20 m de longueur (avec un décamètre) dans chaque stations (dans la mise en repos / hors mise en repos ; dans la plantation pastorale / hors plantation pastorale) de manière aléatoire, une fine aiguille est descendue tous les 10 cm le long du ruban, chaque contact, avec la végétation et les états de surface du sol (sable, éléments grossiers, litière, pellicule de battance) est noté. La fréquence avec laquelle est rencontré un état de surface élémentaire (sol ou végétation) peut être assimilée à un recouvrement.

### **V-4-2) Méthode de l'aire minimale**

Le relevé linéaire reste incomplet et ne permet pas d'étudier la richesse spécifique globale et d'établir les spectres biologiques. Des surfaces d'extension (ou aire minimale) de 32 m<sup>2</sup> soit 1.6 m x 20 m ont donc été installées le long de chaque ligne, cette surface est l'aire minimale optimale retenue dans la végétation steppique du Sud-Oranais (Bouakaz, 1976 ; Aidoud, 1983). Sur les aires ainsi délimitées nous avons établi la liste exhaustive des espèces à l'intérieur de ses surfaces.

### **V- 5) Paramètres et indicateurs mesurés.**

Les paramètres susceptibles de décrire l'état de développement d'un écosystème ont été dénommés 'attributs vitaux de l'écosystème' par Odum (1969). Ces derniers sont également appelés indicateurs écologiques. Par définition un indicateur est un paramètre, ou une valeur calculée à partir d'un ensemble de paramètres, qui fournit des informations sur un phénomène ou sur son état (O.C.D.E., 1994). Il est conçu pour un certain objectif, et au profit d'un certain groupe d'utilisateurs. De nos jours, les indicateurs sont de plus en plus employés dans l'évaluation, la surveillance et la prévision. Les indicateurs de la désertification peuvent, à leur tour, être considérés comme un cas particulier d'indicateurs de l'environnement. Ils mettent en exergue les causes (climatiques et anthropiques) et les effets (sur les milieux biologiques, physiques et socioéconomiques) de la désertification. La notion d'attribut vital de l'écosystème, au sens d'Odum (1969), a été reprise par Aronson et *al.* (1993 et 1995) et Le Floc'h et Aronson (1995). Ces auteurs ont proposé une liste d'attributs vitaux de l'écosystème (indicateurs écologiques), regroupés en deux catégories majeures :

- ✓ les indicateurs de la structure des systèmes écologiques.
- ✓ les indicateurs du fonctionnement des systèmes écologiques.

Dans la liste proposée par ces auteurs, nous avons retenus, pour notre travail quelques indicateurs pertinents et facilement mesurables.

#### **V-5-1) Richesse et diversité floristique.**

L'évolution du nombre des espèces (pérennes, annuelles), témoigne de la perte ou du gain de la richesse floristique de la station et par suite perte ou gain de diversité. L'étude de cet indicateur permet de comprendre la variation de la richesse spécifique en tant qu'indicateur de dégradation (Jauffret, 2001).

En plus de la composition et la richesse floristique stricte, la diversité spécifique est aussi calculé, cette diversité tien compte de l'abondance relative des espèces. C'est ainsi que deux formations végétales peuvent, tout en ayant la même composition floristique et donc la même richesse floristique, avoir des diversités spécifiques différentes (Le Floc'h, 1993).

Afin d'appréhender la diversité de la végétation, plusieurs mesures et indices ont été calculés pour chaque relevé et dans les différentes stations (mise en repos / hors mise en repos ; Plantation pastorale / hors plantation pastorale) dont :

**a) L'indice de Shannon H'**

L'indice de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949) est l'indice le plus simple dans sa catégorie et le plus largement utilisé. Il est calculé à partir de la contribution spécifique ( $C_s$ ), où la contribution d'une espèce  $i$  ( $C_{si}$ ), par rapport à la somme des fréquences de l'ensemble des espèces, est assimilée à la probabilité de présence de cette espèce  $P_i$  laquelle est utilisée pour calculer l'indice de diversité de Shannon  $H'$  selon la formule suivante :

$$H' = - \sum P_i \text{Log}_2 P_i \quad (\text{in Daget, 1976})$$

$P_i$  = contribution spécifique ( $C_{si}$ ) de l'espèce ( $i$ ), elle est calculé selon la formule qui suit :

$$C_{si} (\%) = \frac{F_{si}}{\sum F_{si}} \times 100$$

$F_{si}$  = fréquence spécifique de l'espèce ( $i$ ), elle est calculé selon la formule qui suit :

$$F_{si} (\%) = \frac{ni}{N} \times 100$$

$ni$  = nombre de fois où l'espèce ( $i$ ) a été recensée le long de la ligne.

$N$  = nombre totale des points de contacts (200 points).

Cet indice s'exprime en bits par individus (bit / indiv), sa valeur est comprise entre 0 bits et 5 bits par individus (Frontier, 1983 ; Frontier et Etienne, 1990).

**b) L'indice d'équitabilité (E) (Pielou, 1966)**

L'indice de Shannon est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité (E) de Piélou appelé aussi indice d'équirépartition (Blondel, 1979). L'indice d'équitabilité (E) mesure la régularité de la distribution des espèces, par le rapport de la diversité mesurée ( $H'$ ) à la valeur maximale que pourrait prendre la diversité ( $H_{max}$ ), celle-ci

étant atteint lorsque les espèces sont représentées également (Safi & Yarranton, 1973 ; Legendre, 1979 ; Frontier et Pichod-Vale, 1991; Bornard et *al.*, 1996). Il s'exprime par la formule suivante :

$$E = H' / H_{\max} = H' / \text{Log}_2 N$$

L'équitabilité (E) varie entre [0 et 1] (Lloyd et Gheraldi, 1964 :

✓ E tend vers 1 quand la communauté est en équilibre (la répartition des individus entre les espèces est équitable) .

✓ E tend vers 0 lorsque la communauté est en état de stress ou juvénile (une seule espèce domine la communauté).

### c) L'indice de similitude de Jaccard ( $P_j$ )

En plus des différents paramètres de la diversité (H', E) et dans le but d'apprécier et de visualiser l'effet de la restauration et de la réhabilitation, nous avons évalué les changements floristiques entre l'intérieur et l'extérieur de la mise en défens ; pour cela nous avons calculé pour chaque station l'indice de similitude spécifique de Jaccard ( $P_j$ ) dans les deux aménagements : en admettant que (a) est le nombre d'espèces à l'intérieure d'une technique d'aménagement (mise en repos ou plantation), (b) le nombre d'espèces à l'extérieure d'une technique d'aménagement (hors mise en reposs ou hors plantation) et (c) le nombre d'espèces communes pour les deux techniques (Mise en défens versus hors mise en défens et Plantation versus hors plantation). Cet indice est calculé selon la formule qui suit (Jaccard, 1901 *in* Roux & Roux, 1967):

$$P_j = \frac{c}{a + b - c} \times 100$$

avec :

$a$  = nombre d'espèces de la liste a (station A)

$b$  = nombre d'espèces de la liste b (station B)

$c$  = nombre d'espèces communes aux stations A et B.

### V-5-2) Recouvrement global de la végétation et état de surface du sol.

Le recouvrement global de la végétation (RGV) permet une estimation des ressources végétales et de « l'état de santé » d'un écosystème. Il est le rapport en pourcentage entre le nombre de point de végétation ( $n$ ) et le nombre total de points de contacts ( $N$ ).

$$\text{RGV (\%)} = \frac{n}{N} \times 100$$

$n$  : nombre de point de végétation.

$N$  : nombre total de points de contacts (200 points)

En l'absence de végétaux, les autres éléments de la surface du sol : litière (LT), éléments grossiers (EG, taille > 2mm), sol nu (SN) ou pellicule de glaçage (PG) et voile éolien (VE) ont été notés tous les 10 cm le long du ruban gradué de 20 m, la fréquence relative de chaque élément par rapport aux 200 points d'observation de chaque relevé est assimilée au recouvrement de cet élément.

### V-5-3) Types biologiques *sensu* Raunkiaer

Regrouper les taxons selon leur mode de croissance ou leur morphologie constitue un élément important pour la description physionomique et structurale de la végétation (Godron, 1971), car ces caractères traduisent les adaptations évolutives des plantes à l'environnement (Orshan, 1982) y compris aux pressions exercées par l'homme et les animaux herbivores. La classification des espèces selon les types biologiques de Raunkiaer (1934) amendée par Ellenberg et Muller-Dombois (1967) se base sur la position des bourgeons de rénovation, mais cette classification peut s'ajuster en fonction des caractéristiques locales de l'environnement. Cinq formes de vie principales, ou types biologiques, sont prises en considération dans notre étude : Les thérophytes, les hémicryptophytes, les chaméphytes, les géophytes et les nanophanéphyte et ce pour dresser le spectre global des types biologiques.

#### **V-5-4) Types de Noy-Meir**

Evenari *et al.* (1975) ont proposé une classification permettant d'attribuer un critère fonctionnel aux espèces en relation avec leurs stratégies adaptatives face aux conditions climatiques sévères. Ces auteurs suggèrent, comme l'avait évoqué Noy-Meir (1973), de classer les espèces des zones arides en deux catégories : les espèces «arido-passives» qui ne présentent pas d'activité photosynthétique durant la période sèche et les espèces «arido-actives» qui maintiennent et entretiennent une telle activité, même réduite, durant cette même période.

Floret et Pontanier (1982) ont décerné une troisième catégorie : les phréatophytes. Il s'agit de ligneux plus ou moins hauts dont l'appareil racinaire est développé en profondeur pour subvenir à leur besoins; C'est la plupart du temps dans cette catégorie que se situent les phanérophytes.

Les caractères éphémères (espèces arido-passives) et persistant (espèces arido-actives) représentent bien les deux stratégies adaptatives majeures, utilisées par les végétaux, pour supporter la saison sèche en particulier par l'intermédiaire des thérophytes et des chaméphytes (Evenari *et al.*, 1975).

Bien que la distinction entre les deux types ne soit pas aisée, les études de Floret et Pontanier (1982), Boughani (1995 ; 2014), Jauffret (2003) nous ont permis d'attribuer un type de Noy-Meir aux espèces recensées dans les différentes stations d'études.

#### **V-5-5) Types C-S-R de Grime**

Grime (1977) a développé une classification simplifiée, sur la base des caractéristiques des espèces (phénologie, morphologie, reproduction, dispersion...), indépendamment de leur milieu de croissance. L'objectif est de permettre de décrire l'adaptation des espèces à leur environnement par exemple le long d'un gradient de stress et/ou de perturbation. Le modèle C-S-R de Grime (Grime 1974, 1977 ; Grime *et al.* 1988) est particulièrement intéressant puisqu'il propose de classer les espèces en :

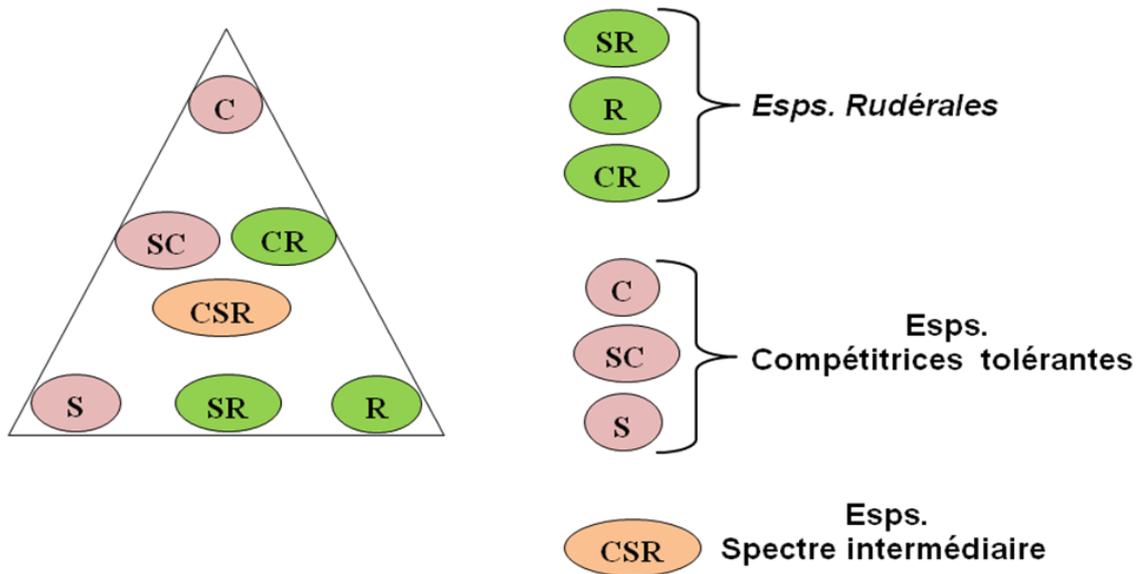
- ✓ Compétitrices (C), espèces monopolisant les ressources, dans des environnements peu perturbés et à faible stress, grâce à leur fort développement végétatif, leur plasticité et parfois leur potentiel allélopathique ;
- ✓ Tolérantes au stress (S), espèces occupant les habitats à faible productivité et pauvres en nutriments et qui présentent une lente croissance mais qui favorisent la résistance à la prédation ;
- ✓ Rudérales (R), espèces à croissance rapide, généralement associée à un cycle de vie court avec une dissémination en grande quantité des semences et vivant dans des habitats soumis à de sévères et fréquentes perturbations. Des conditions extrêmes de stress et de perturbations seraient, selon Grime, cause de non-viabilité des individus.

L'attribution d'un type de stratégie de vie *sensu* Grime (1977) (compétitrice C, tolérante au stress S ou rudérale R) aux espèces des différentes stations d'études est le résultat d'un travail de synthèse s'inspirant des travaux de Médail (1996), Vela (2002), Jauffret (2001), Jauffret et Lavorel (2003) et Boughani (2014). Aussi, nous avons utilisé les critères types de Vela (2002) pour certaines espèces (Tab. V- 5).

**Tableau V-5:** Critères types pour l'attribution rapide des stratégies C-S-R de Grime, d'après Vela, 2002.

Condition à remplir par le taxon	Types
Appareil aérien bien développé = <b>Phanérophyte</b>	<b>C</b>
Appareil racinaire dense et traçant = <b>Rhizomateux</b>	<b>C</b>
Plante monocarpique à cycle court = <b>Annuel</b>	<b>R</b>
Production de graines forte et précoce = <b>Reproducteur</b>	<b>R</b>
Appareil foliaire épineux/ crassulescent/ coriace/ laineux/ toxique/ absent= <b>Adapté</b>	<b>S</b>
Croissance potentiellement lente, possible toute l'année = <b>Tolérant</b>	<b>S</b>

Les stratégies de vie *sensu* Grime (1977) des espèces renseignées ont été déterminées et reportées dans un triangle dis triangle CSR de Grime.



**Figure V – 2** : Triangle des stratégies C-S-R de Grime (1977).

**C** : espèces compétitrices ; **S** : espèces tolérantes au stress ; **R** : espèces rudérales

#### V-5-6) Valeur et productivité pastorale

La valeur pastorale est un coefficient global de qualité (indice de valeur pastorale (*IVP*)) attribué à chaque unité de végétation. Elle tient compte de l'intérêt bromatologique des espèces exprimé par l'indice spécifique de qualité (*Isq*), il est obtenu en multipliant, pour chaque espèce, sa contribution spécifique (*Csi*) au tapis végétal par son indice de qualité spécifique (*Isq*) et en additionnant ensuite les résultats obtenus pour l'ensemble des espèces de la station (Floret, 1988). Ainsi l'aspect qualitatif du parcours est exprimé par l'indice de qualité spécifique (*Isq*) et celui de la quantité est apprécié par la contribution spécifique au tapis végétal (*Csi*).

Pour notre étude, nous avons utilisé la formule qui a été utilisée dans de nombreux travaux portant sur la steppe algérienne (C.R.B.T., 1978 ; Aidoud, 1989 ; Boughani et Hirche, 1991), elle se présente sous a forme suivante :

$$IVP (\%) = 0,1 * RGV \sum_{i=1}^{i=n} (Csi \times Isq)$$

***Csi*** : Contribution spécifique de l'espèce *i*.

***Isq*** : Indice spécifique de qualité de l'espèce *i*.

**RGV** : Recouvrement global de la végétation (sous sa forme décimale  $\leq 1$ ).

Les *Isq* utilisés dans notre étude sont ceux proposés par le C.R.B.T (1978), c'est un coefficient attribué à chaque espèce sur une échelle de 0 à 10, L'affectation des indices a été établie sur une base bibliographique (Le Houérou et Ionesco, 1973), complétée par des enquêtes auprès des éleveurs (Aidoud, 1989).

Cet indice, nous a permis de calculer le taux de variation des espèces pastorales par classe d'indice pastoral entre l'intérieur et l'extérieur des techniques d'aménagements (mises en repos, plantations pastorales), les espèces ont été classées d'après leur indice de qualité spécifique (*Isq*) (C.R.B.T, 1978), en trois classes (Amghar, 2012) :

<b>Indice spécifique de qualité</b>	<b>Classes</b>
$0 \leq Isq \leq 3$	Espèces fourragères médiocres
$4 \leq Isq \leq 6$	Espèces fourragères bonnes
$7 \leq Isq \leq 9$	Espèces fourragères très bonnes

Pour chaque catégorie, nous avons calculé le taux de variations (perte ou gain), pour cela nous avons calculé le nombre d'espèces, en fonction de la classe d'indice pastorale retenue, à l'intérieur et à l'extérieur de chaque type d'aménagement que nous avons exprimé en pourcent par la règle de trois.

L'indice de valeur pastorale (*IVP*) nous a permis d'évaluer la production fourragère qui lui est corrélée ( $p < 0,001$ ) selon un ajustement logarithmique (modèle puissance) établi par Aidoud (1989) intégrant 579 stations steppiques du Centre-Ouest, d'après le même auteur, l'*IVP* peut être valablement utilisé comme évaluation allométrique de la production fourragère des parcours.

$$Ps \text{ (UF/ha/an)} = e^{1,363 IVP^{1,149}}$$

***IVP*** : Indice de valeur pastorale (valeur pastorale).

**V-5-7) Charge pastorale, classe de charge**

La charge pastorale est exprimée en nombre d'hectares nécessaires à la satisfaction des besoins annuels d'une unité ovine évalués à 400 UF/an (Aidoud, 1989), elle est calculée par la formule suivante :

$$\text{Ch (ha/U.ovine)} = \frac{400}{P_s}$$

*P<sub>s</sub>* : production fourragère (Productivité pastorale).

Cette charge est répartie sur cinq classes (C.R.B.T, 1983) :

Classe I : charge de 1.5 à 2.5 ha/ U.ovine, soit une productivité de 160 à 270 UF/ha/an.

Classe II : charge de 2 à 3.5 ha/ U.ovine, soit une productivité de 110 à 200 UF/ha/an.

Classe III : charge de 3 à 5 ha/ U.ovine, soit une productivité de 80 à 130 UF/ha/an.

Classe IV : charge de 4 à 7 ha/ U.ovine, soit une productivité de 60 à 100 UF/ha/an.

Classe V : charge de 6 à 12 ha/ U.ovine, soit une productivité de 30 à 70 UF/ha/an.

**V-5-8) La biomasse**

La méthode indirecte est utilisée pour le calcul des biomasses (Gounot, 1969). C'est une méthode non destructive basée sur des relations (allométriques) entre le poids d'un végétal et les mesures de paramètres quantitatifs tel que : le recouvrement, la fréquence et la contribution spécifique au tapis végétal (Daget et Poissonet, 1971 et 1974, Boughani, 1995).

Pour cette étude, nous avons utilisé des équations pour évaluer la phytomasse de chaque espèce pérenne et celle des éphémères (Tab. V- 6) dans les différentes stations aménagées et non aménagées. Ces équations sont données par Aidoud (1989).

**Tableau V-6:** Relations entre *fréquences spécifiques* (X) et *biomasses* (Y) pour les principales espèces et catégories d'espèces steppiques (Aidoud, 1989).

Espèces	Equations
<i>Arthrophytum scoparium</i>	$y = 29,542 x + 71,852$
<i>Aristida pungens</i>	$y = 86,749 x - 210,022$
<i>Artemisia herba alba</i>	$y = 48,041 x + 85,751$
<i>Noaea mucronata</i>	$y = 54,082 x - 20,994$
<i>Plantago albicans</i>	$y = 12,881 x + 2,937$
<i>Stipa parviflora</i> et <i>Stipa barbata</i>	$y = 12,628 x - 7,941$
<i>Lygium spartum</i>	$y = 5.186 x^{(1.583)}$
<i>Stipa tenacissima</i>	$y = 61,774 x - 140,386$
<b>Chaméphytes 1</b>	$y = 48,636 x^{(1,261)}$
<b>Chaméphytes 2</b>	$y = 14,667 x^{(1,074)}$
<b>Divers éphémères</b>	$y = 3,639 x + 11,883$
$x$ = Fréquence spécifique de l'espèce $i$ (%)	
$y$ = Phytomasse aérienne (Kg.M.S/ha)	
<b>Chaméphytes 1</b> : Correspondent au chaméphytes ligneuses à phytomasse par individu élevé ( <i>Thymelaea sp</i> , <i>Atriplex sp</i> , <i>Salsola sp</i> ).	
<b>Chaméphytes 2</b> : sont celles à faible phytomasse telles que <i>Atractylis sp</i> , <i>Helianthemum sp</i> .	

### V-5-9) Analyses statistiques et traitement de données

Des analyses des données relatives à la diversité et à la richesse floristique, au recouvrements et états de surface du sol, à la valeur, productivité et charge pastorale et à la biomasse, générées à partir des différents relevés réalisés au niveau des différentes stations, aménagés et protégés et celles à pâturage libre (non aménagés et non protégés) ont été effectuées .

Deux types de traitement statistique ont été utilisés:

✓ Pour mieux comprendre la présence des corrélations entre les différentes variables, on a opté de faire une analyse de la variance (ANOVA) à un seul critère

(paramètre). Quand la différence entre les variables est très hautement significative on cherche les variables causales de cette différence on appliquant le test de tukey (HSD Tukey test) qui fait la comparaison deux à deux.

✓ Puis on fait appel à l'analyse en composantes principales (ACP) par la projection des individus ainsi que celle des variables.

Ce test est descriptif pour former des groupes dont la corrélation entre les échantillons (individus, variables) est très élevée ou bien importante.

La Projection des variables sur le plan factoriel (1X2) repose sur le calcul des co-inerties (poids de chaque axe factoriel). En générale, on maintient deux à trois premiers axe, car ils donnent plus des  $\frac{3}{4}$  de l'information.

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel STATISTICA 10.0 pour PC.

Avant de lancer les tests statistiques, on a procédé à la codification des paramètres (individu, variable).

*Chapitre VI*

**Résultats et Discussions.**

*Chapitre VI*

**Résultats et Discussions.**

### VI-6) Valeur, productivité et charge pastorale

La valeur pastorale tamponne les variations de production dues aux aléas climatiques et anthropiques (Garde et Senn, 1991). Elle est obtenue dans une station échantillonnée en multipliant pour chaque espèce sa contribution spécifique de présence au recouvrement de la végétation par un indice de qualité (*Isq*) et en additionnant ensuite les résultats obtenus pour l'ensemble des espèces de la station; Cet indice est une variable synthétique qui traduit la qualité des parcours (Amghar, 2012).

Dans notre étude, cet indice est significativement différent et plus élevé dans les parcours aménagés et protégés par rapport aux parcours à pâturage libre (non aménagés et non protégés). La lecture du tableau (VI-10) montre que la valeur pastorale dans les mises en repos et plantations pastorales (MER et PP) est presque trois fois plus supérieur que dans les parcours hors mises en repos et hors plantations pastorales (HMER et HPP).

L'amélioration remarquable de la qualité des parcours sous l'effet de la protection peut être expliquée par le fait que la mise en défens favorise le développement et la prolifération des espèces de bonne valeur pastorale.

Aussi, d'après l'analyse de la variance à un seul critère groupé (ANOVA groupé) (Tab.VI - 11), on remarque la présence d'une différence hautement significative de la valeur pastorale entre les différentes stations (MER, HMER, PP, HPP).

**Tableau VI-10 :** Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) sur la valeur pastorale dans les stations échantillonnées. Les valeurs représentent les moyennes  $\pm$  SD. Les différences entre les différents traitements sont testés par *p-value*. Les astérisques indiquent le degré de signifiante (\* =  $p < 0,05$  ; \*\* =  $p < 0,01$  ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ).

	Valeur pastorale (Ivp) (%)	P-Value
Mises en repos (MER)	38.22 $\pm$ 7.29	< 0,001***
Hors mises en repos (HMER)	13.59 $\pm$ 2.52	
Plantations pastorales (PP)	43.77 $\pm$ 6.05	< 0,001***
Hors plantations pastorales (HMER)	15.20 $\pm$ 3.05	

**Tableau VI – 11** : Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la valeur pastorale entre les différentes stations d'études.

	<b>SC</b>	<b>ddl</b>	<b>SM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1,0982	1	1,09824	7,5920	0,0062
<b>Dans_vs_Hors</b>	256,1814	3	85,39380	590,3172	0.000
<b>Error</b>	42,8186	296	0,14466		

La comparaison des stations (sites) deux à deux avec le *test de Tukey* a montré, la présence d'une différence très hautement significative entre les stations MER (mises en repos) et les restes des stations d'une part et d'une autre part la présence de différence très hautement significative entre les stations HMER (hors mises en repos) et le groupe des MER (mises en repos) et PP (plantations pastorales), mais avec une concordance entre HMER (hors mises en repos) et HPP (hors plantations pastorales) (Tab. VI - 12).

La différence de la valeur pastorale entre les parcours aménagés et protégés (MER) et (PP) et ceux à pâturage libre (non aménagés et non protégés) (HMER) et (HPP) est due au surpâturage qui entraîne le départ des espèces de bonne qualité pastorale dans ces parcours (HMER et HPP) ; Parcontre, la différence de cette valeur pastorale entre les parcours aménagés et protégés (MER) et (PP) est due à la différence de la fréquence et l'abondance des espèces surtout celles dont l'indice de qualité pastorale est bon.

**Tableau VI – 12** : *Test de Tukey* de la valeur pastorale entre les différentes stations d'études.

<b>Dans_vs_Hors</b>	<b>MER</b>	<b>HMER</b>	<b>PP</b>	<b>HPP</b>
<b>MER</b>		0.000008	0.000008	0.000008
<b>HMER</b>	0.000008		0.000008	0,037683
<b>PP</b>	0.000008	0.000008		0.000008
<b>HPP</b>	0.000008	0,037683	0.000008	

Concernant la productivité pastorale exprimée en (UF/ha/an), le tableau (VI-13) qui suit montre que cette productivité est significativement différente est plus élevé dans les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantation pastorales) par rapport aux parcours à pâturage libre (hors mises en repos et hors plantation pastorales).

La cause principale de la faible productivité dans les parcours non aménagés et non protégés (HMER et HPP) est la surexploitation, mais plus particulièrement, l'impact du broutage sélectif sur les plantes de plus grande valeur pastorale.

**Tableau VI-13 :** Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale sur la productivité pastorale dans les stations échantillonnées. Les valeurs représentent les moyennes  $\pm$  SD. Les différences entre les différents traitements sont testés par p-value). Les astérisques indiquent le degré de signifiante (\* =  $p < 0,05$  ; \*\* =  $p < 0,01$  ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ).

	Productivité Pastorale (UF/ha/an)	P-Value
Mises en repos (MER)	256.76 $\pm$ 55.28	< 0,001***
Hors mises en repos (HMER)	78.23 $\pm$ 16.54	
Plantations pastorales (PP)	299.53 $\pm$ 46.36	< 0,001***
Hors plantations pastorales (HMER)	85.72 $\pm$ 20.81	

L'analyse de la variance à un seul critère groupé (ANOVA groupé), dévoile la présence d'une différence hautement significative de la productivité pastorale entre les différentes stations (MER, HMER, PP, HPP) (Tab. VI - 14).

**Tableau VI – 14 :** Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la productivité pastorale entre les différentes stations d'études.

	SC	ddl	SM	F	p
<b>Intercept</b>	1,1186	1	1,11861	7,4072	0,006881
<b>Dans_vs_Hors</b>	254,2995	3	84,76650	561,3111	0.000
<b>Error</b>	44,7005	296	0,15102		

Le *test de Tukey* pour la comparaison des stations (sites) deux à deux a révélé, la présence d'une différence très hautement significative entre les stations MER (mises en repos) et les restes des stations d'une part et d'une autre part la présence de différence très hautement significative entre les stations HMER (hors mises en repos) et le groupe des MER (mises en repos) et PP (plantations pastorales), mais avec une concordance entre HMER (hors mises en repos) et HPP (hors plantations pastorales) (Tab. VI - 15).

**Tableau VI – 15** : Test de Tukey de la productivité pastorale entre les différentes stations d'études.

Dans_vs_Hors	MER	HMER	PP	HPP
<b>MER</b>		0.000008	0.000008	0.000008
<b>HMER</b>	0.000008		0.000008	0,078221
<b>PP</b>	0.000008	0.000008		0.000008
<b>HPP</b>	0.000008	0,078221	0.000008	

Concernant la charge pastorale et contrairement à la valeur et productivité pastorale, cette charge pastorale est significativement différente est plus élevée dans les parcours à pâturage libre (hors mises en repos et hors plantation pastorales) par rapport aux parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantation pastorales) (Tab. VI - 16). De cela nous pouvons conclure que les fortes valeurs de la valeur pastorale ont conduit à une augmentation de la productivité pastorale et une baisse de la charge pastorale dans les parcours aménagés et protégés, mises en repos et plantations pastorales (MER et PP), tandis que dans les parcours à pâturage libre (hors mises en repos (HMER) et hors plantations pastorales (HPP)), la productivité pastorale est moins importante et la capacité de charge est élevée à cause des faibles valeurs pastorales et cela est due au surpâturage.

Tableau VI-16 : Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale sur la charge pastorale dans les stations échantillonnées. Les valeurs représentent les moyennes  $\pm$  SD. Les différences entre les différents traitements sont testés par p-value). Les astérisques indiquent le degré de signifiante (\* =  $p < 0,05$  ; \*\* =  $p < 0,01$  ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ).

	Charge pastorale (Ha/U.ovine)	P-Value
<b>Mises en repos (MER)</b>	<b>1.65 <math>\pm</math> 0.47</b>	<b>&lt; 0,001***</b>
<b>Hors mises en repos (HMER)</b>	<b>5.39 <math>\pm</math> 1.39</b>	
<b>Plantations pastorales (PP)</b>	<b>1.38 <math>\pm</math> 0.35</b>	<b>&lt; 0,001***</b>
<b>Hors plantations pastorales (HMER)</b>	<b>4.36 <math>\pm</math> 0.92</b>	

L'ANOVA groupé à un seul critère, dévoile la présence d'une différence significative de la charge pastorale entre les différentes stations (MER, HMER, PP, HPP) (Tab. VI -

**Tableau VI – 17 :** Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la biomasse des éphémères entre les différentes stations d'études.

	<b>SC</b>	<b>ddl</b>	<b>SM</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	1,2803	1	1,28033	5,7495	0,017112
<b>Dans_vs_Hors</b>	233,0855	3	77,69515	348,9028	0.000
<b>Error</b>	65,9145	296	0,22268		

La comparaison des stations (sites) deux à deux avec le test de Tukey a montré, la présence d'une différence très hautement significative entre les stations HMER (hors mises en repos) et les restes des stations d'une part et d'une autre part la présence de différence très hautement significative entre les stations MER (mises en repos) et le groupe des HMER (hors mises en repos) et HPP (hors plantations pastorales), mais avec une concordance entre MER (mises en repos) et PP (plantations pastorales) (Tab. VI - 18).

**Tableau VI – 18 :** Test de Tukey de la valeur pastorale entre les différentes stations d'études.

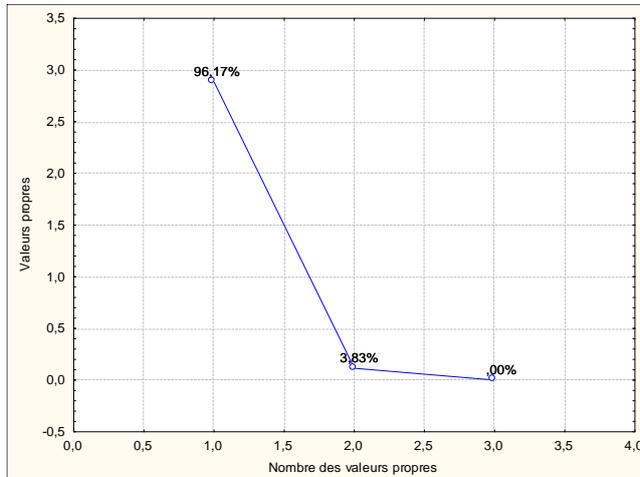
<b>Dans_vs_Hors</b>	<b>MER</b>	<b>HMER</b>	<b>PP</b>	<b>HPP</b>
<b>MER</b>		0.000008	0,429805	0.000008
<b>HMER</b>	0.000008		0.000008	0,000008
<b>PP</b>	0,429805	0.000008		0.000008
<b>HPP</b>	0.000008	0,000008	0.000008	

Après avoir effectué les corrélations entre les différents traitements (MER, HMER, PLT PAS, HPLT PAS) pour les variables de potentialité pastorale (valeur pastorale, productivité pastorale et charge pastorale), on a procédé à faire une projection de toutes les données dans un plan factoriel commun dans le but de détecter les relations entre les différentes caractéristiques pastorales (valeur, productivité et charge pastorale).

L'analyse en composantes principales permet de mieux évaluer la ou les relations existantes entre les variables et les stations d'une part, et les variables avec les stations d'une autre part. La figure (VI - 19) a révélé que les deux premiers axes donnent toute information sur les corrélations entre les échantillons et les variables.

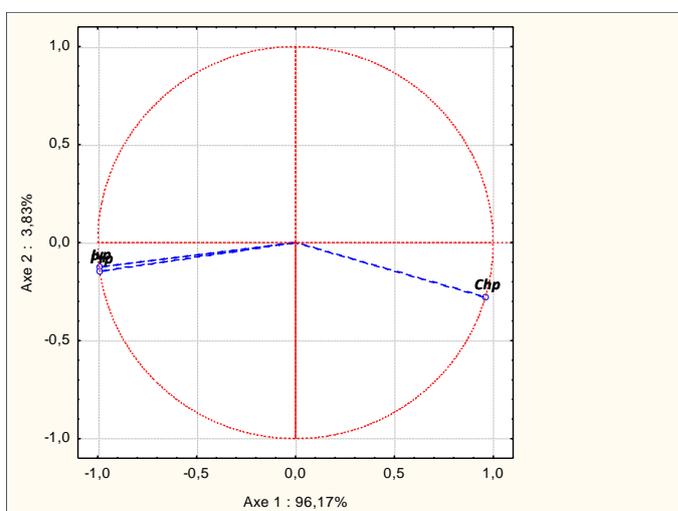
Le premier axe donne à lui seul 96.17% d'inertie. Il donne des informations sur les différentes stations (MER, HMER, PP, HPP). Le deuxième axe révèle 3.83% de

l'information. Il représente les différentes caractéristiques pastorales (valeur, productivité et charge pastorale).



**Figure VI - 19 :** Diagramme du coude pour définir le nombre des axes à retenir pour l'ACP relative aux caractéristiques pastorales.

La projection des variables sur le plan factoriel (1X2) (Fig. VI - 20) montre la présence de deux groupes distincts. Sur l'axe 1 vers le côté positif un groupe ayant comme variable la charge pastorale (*Chp*) toute seule et en face le deuxième groupe qui regroupe deux variables qui sont la valeur pastorale (*Ivp*) et la productivité pastorale (*Prp*). Ce résultat confirme que la valeur pastorale contribue d'une façon remarquable dans l'augmentation de la productivité pastorale et la diminution de la charge pastorale, les tests de corrélation entre les trois variables ont révélés une corrélation positive et hautement significative ( $r = 1$  ;  $P_{\text{value}} < 0.001$ ) entre la valeur pastorale et la productivité pastorale et une corrélation négative et hautement significative ( $r = -0.91$  ;  $P_{\text{value}} < 0.001$ ) entre la valeur pastorale et la charge pastorale.

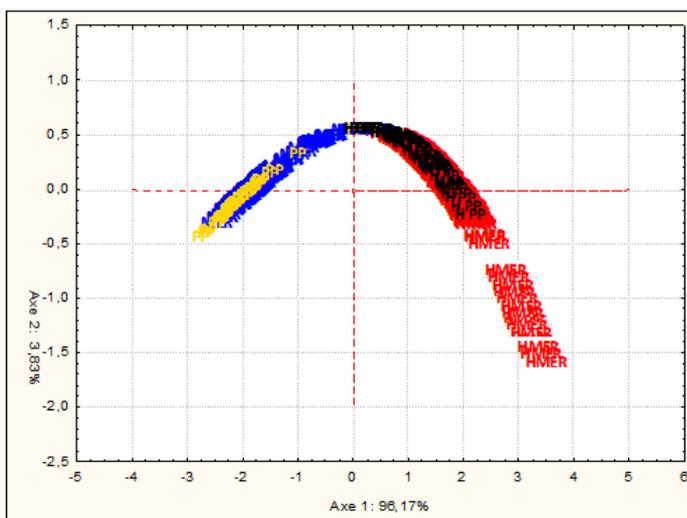


**Figure VI - 20 :** Projection des variables pastorales (valeur pastorale, productivité pastorale et charge pastorale) sur le plan factoriel de l'ACP.

En ce qui concerne la projection des individus (les différentes station d'études) sur le plan factoriel (1X2) (fig. VI - 21), on constate la présence de deux groupes isolés par l'axe 1.

Un mélange de stations aménagés et protégés, plantations pastorales (PP) et mises en repos (MER) du côté négatif, ces stations sont caractérisés par une forte valeur pastorales due à la protection (mises en repos) et à l'introduction d'espèce fourragère (plantations pastorales) cela conduit à une augmentation de la productivité pastorale et une réduction de la charge pastorale. En face et sur le côté positif, se positionne le deuxième groupe, qui regroupe un mélange entre les stations non aménagés et non protégés hors mise en repos (HMER) et hors plantations pastorale(HPP), ces station sont caractérisés par une forte charge pastorale qui résulte du surpâturage qui induit à la disparition des espèces végétales surtout celles qui sont éphémères et de bonne valeur pastorale et la prolifération d'espèces ubiquistes peu palatables.

L'axe 2 a séparé un sous-groupe des stations hors mise en repos, ces stations (une vingtaine de station) sont à base d'*Arthrophytum scoparium*, elles ont présentées les plus fortes valeurs de charge pastorale (entre 6.22 à 8.50 Ha/U.ovine). plusieurs auteurs s'accordent à dire que les parcours à base d'arthrophytum sont en général considérés comme mauvais vu les caractéristiques de cette espèces (faible valeur énergétique, indice de qualité faible, cortège floristique pauvre), en situation de surpâturage ces parcours sont d'avantage plus mauvais.



**Figure VI - 21 :** Projection des différentes stations sur le plan factoriel de l'ACP relative aux variables pastorales.

Nos résultats corroborent avec plusieurs autres études réalisées dans différentes

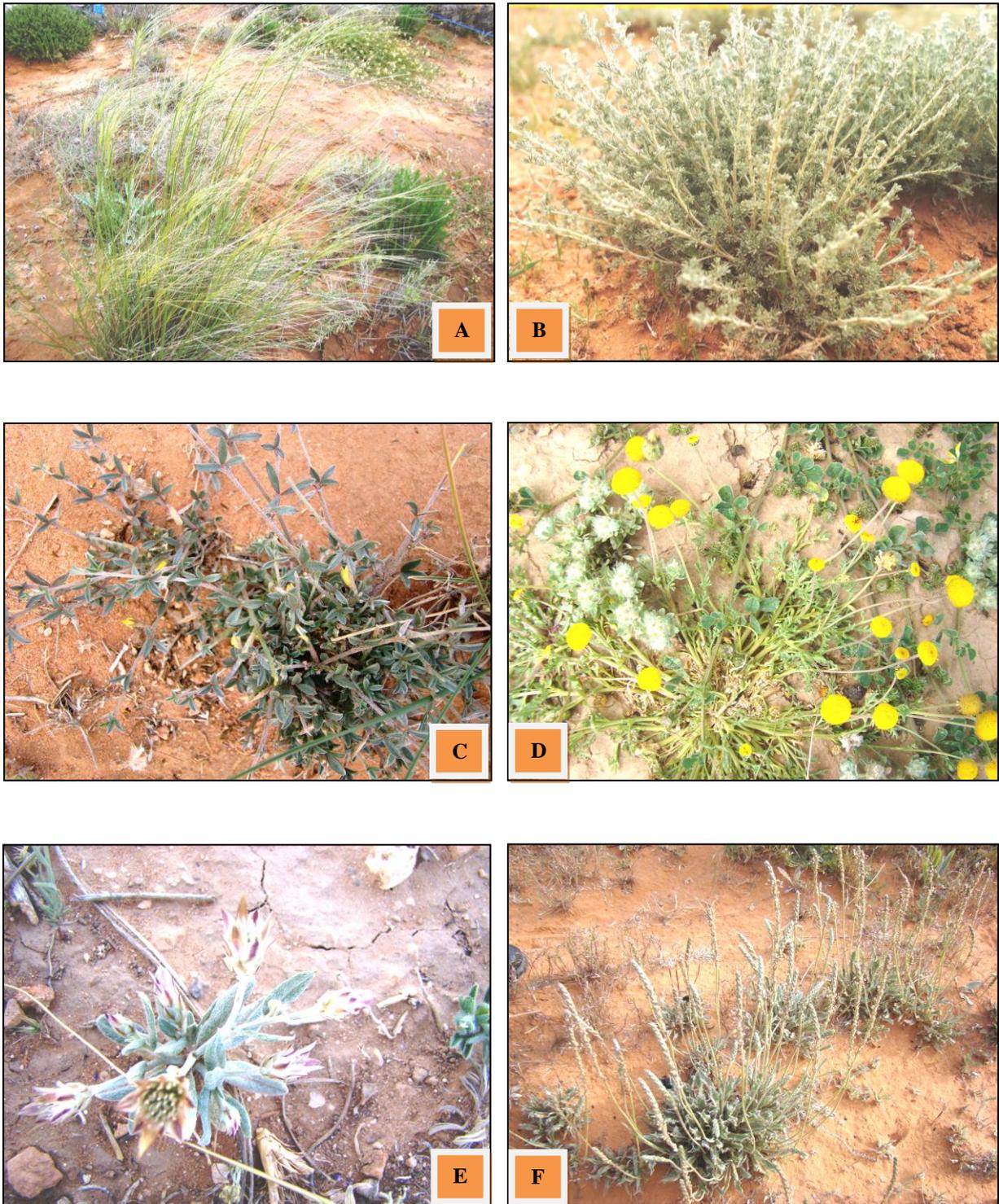
régions pour discerner l'impact du pâturage excessif sur les ressources pastorales. Dans le sud Tunisien Waechter (1982) a noté une baisse de la valeur pastorale sous l'effet d'une forte pression animale. Deiri (1990) a de son côté, constaté une augmentation de la valeur pastorale sous l'effet de la protection. De même, Le Houérou (1995 a), à travers une étude réalisée en Libye (pluviosité moyenne annuelle variant entre 120 et 250 mm) au niveau de cinq aires fortement dégradées et totalisant 140 000 ha, a démontré qu'après cinq ans de mise en défens, la valeur pastorale de la végétation avait triplé. La baisse de la valeur pastorale dans les zones pâturées montre le degré de la sélectivité spécifique que le bétail manifeste et fournit des indicateurs sur le processus de dégradation de l'écosystème (Yonkeu, 1991). Dregne, (1983) et César (1994) rapportent que sous l'effet du broutage (pâturage excessif), la composition floristique du couvert végétal est remarquablement bouleversée, défavorisant le développement d'espèces palatables au détriment d'espèces de faible valeurs fourragères, épineuses, toxiques, refusées par le bétail telles que : *Atractylis serratuloides*, *Atractylis flava*, *Fagonia glutinosa*, *Noaea mucronata*, *Peganum harmala*, *Adonis dentata*, *Iris sisyrinchium* et autres (Planche VI-2), contrairement aux mises en défens, qui renferment des espèces classées bonnes fourragères avec une bonne contribution au tapis végétal, telle que : *Stipa parviflora*, *Artemisia herba alba*, *Anacyclus cyrtolepidioides*, *Argyrolobium uniflorum*, *Astragalus sinaicus* *Astragalus cruciatus*, *Trigonella polycerata*, *Helianthemum lippii*, *Xeranthemum inapertum*, *Plantago albicans* (Planche VI-3).

Le taux de variation calculé des différentes classes d'indice pastorale pour l'ensemble des espèces rencontrées dans les différents parcours à savoir mises en repos vs hors mises en repos et plantations pastorales vs hors plantations pastorales exprimé dans le tableau (VI - 19) montre qu'au niveau des parcours aménagés et protégés nous avons une diminution d'espèces fourragères médiocres et une augmentation pour les bonne et très bonne espèces fourragères.

Dans les mises en repos nous avons une diminution de -16.20% d'espèces fourragères médiocres et une augmentation de 5.75% et 3.26% respectivement pour les bonne et très bonne espèces fourragères ; De même pour les plantations pastorales nous avons



**Planche VI – 2 :** Quelques espèces non palatables par le bétail: (A) *Atractylis flava*; (B) *Atractylis serratuloides*; (C) *Atractylis phaeolepis* ; (D) *Noaea mucronata*; (E) *Adonis dentata*; (F) *Iris sisyrinchium*. (Cliché Salemkour N., 2013)



**Planche VI – 3 :** Quelques espèces palatables par le bétail: (A) *Stipa parviflora* ; (B) *Artemisia herba alba* ; (C) *Argyrolobium uniflorum* ; (D) *Anacyclus cyrtolepidioides*; (E) *Xeranthemum inapertum* ; (F) *Plantago albicans*. (Cliché Salemkour N., 2013)

**Tableau VI-19 :** Variation du taux des espèces par classe d'indice pastorale dans les différents parcours (mises en repos vs hors mises en repos ; Plantations pastorales vs hors plantations pastorales).

<i>Types de parcours</i>	<b>Taux de variation des espèces par classe d'indice pastoral</b>		
	$0 \leq Isq \leq 3$	$4 \leq Isq \leq 6$	$7 \leq Isq \leq 9$
<b>MER vs HMER</b>	<b>-16.20 %</b>	<b>+5.75 %</b>	<b>+3.26 %</b>
<b>PP vs HPP</b>	<b>-18.88 %</b>	<b>+14.01 %</b>	<b>+6.57 %</b>

**Types de parcours :**  
 MER : Mises en repos  
 HMER : Hors mises en repos  
 PP : Plantations pastorales  
 HPP : Hors plantations pastorales

une diminution de -18.88% d'espèces fourragères médiocres et une augmentation de 14.01% et 6.57% respectivement pour les bonne et très bonne espèces fourragères. Notons aussi que les mises en repos sont plus riches en très bonne espèces fourragères ( $7 \leq Isq \leq 9$ ), que les plantations; ceci est probablement lié au degré de dégradation des deux espaces, dans ce contexte nous avons recensé dix sept très bonnes espèces fourragères propres aux mises en repos, ces espèces sont : *Bromus squarrosus*, *Echinaria capitata*, *Helianthemum virgatum*, *Lappula redowskii*, *Leontodon hispidulus*, *Onobrychis alba*, *Scorzonera laciniata*, *Stipa barbata*, *Thymus algeriensis*, *Thymus sp*, *Valerianella coronata*, *Xeranthemum inapertum*, *Ceratocephalus falcatus*, *Plantago ciliata*, *Lolium rigidum*, *Medicago arabica*, *Dactylis glomerata*, contre six espèces propres aux plantations pastorales, ces espèces sont : *Astragalus gomboformis*, *Koeleria pubescens*, *Pulicaria crispa*, *Rhanterium adpressum*, *Saccocalyx satureiodes*, *Atriplex halimus*.

Dans la même approche, une étude réalisée en Tunisie dans le bassin versant de l'Oued Gabès en 1978 par Gaddès avait démontrée que 30 % des espèces recensées étaient exclusives aux mises en défens. Dans la même perception Floret (1981), conclut que la protection favorise la réapparition de certaines espèces surpâturées. Le Houérou

(1995), rapporte qu'une mise en défens de 5 ans en Libye a permis la régénération des espèces palatables, notamment des graminées pérennes. Zhang et Forde (1998) ont noté que le changement dans la diversité des espèces végétales en relation avec le pâturage ou l'arrêt du pâturage dépend de la répartition des ressources et des modèles compétitifs au sein de la communauté végétale. Bon nombre d'espèces telles que *Stippa tenacissima*, *Artemisia herba-alba*, *Lygium spartum*, *Medicago laciniata*, *Trigonella polycerata*, *Argyrolobium uniflorum*, *Plantago albicans*, *Salvia aegyptiaca*, *Hippocrepis unisiliquosa*, *Helianthemum hppii sessiliflorum* et *Xeranthemum inapertum* ont été beaucoup plus abondantes à l'intérieur qu'à l'extérieur des zones aménagées et protégées. Elles sont connues pour leur palatabilité élevée (C.R.B.T., 1978 ; Amghar, 2002 ; Amghar et *al.*, 2012 ; Salemkour et *al.*, 2013).

Concernant la productivité, nos résultats corroborent avec d'autres études effectuées dans différentes zones, Acherkouk et *al.* (2012) rapportent que dans un parcours de 2500 ha localisé dans les hauts plateaux de l'Oriental Marocain, la mise en repos à permis de fournir un équivalent fourrager énergétique d'environ 516 000 unités fourragères (UF) (soit 206 UF/ha) ; alors que dans la majorité des steppes pâturées, cette production pastorale oscille entre 10 et 60 UF/ha (Aidoud et *al.*, 2006); Benabdeli et Boucenna (2000) ont vu dans un parcours réhabilité par la plantation pastorale et mis en défens dans la localité de Ain Ben Khelil (Mechria) que la productivité pastorale est passée de 35 UF à 115 UF.

En fin, l'appréciation des différents parcours étudiés (MER, PP ,HMER et HPP) dans les différentes classes charges, à permis de classer nos parcours comme suit:

- ✓ Les parcours aménagés et protégés MER et PP sont classés dans la classe de charge I ;
- ✓ Les parcours non aménagés et non protégés HMER sont classés dans la classe de charge IV ;
- ✓ Les parcours non aménagés et non protégés HPP sont classés dans la classe de charge III.

### Conclusion partielle

La différence remarquable observée des différentes potentialités pastorales à savoir la valeur pastorale, la productivité pastorale et la capacité de charge pastorale entre les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantation pastorales) et ceux à pâturage libre (hors mises en repos et hors plantation pastorales), montre une fois de plus l'effet bénéfique de la mise en défens (mise en repos, plantation pastorale), en effet, les espaces protégés sont marqués par le développement des espèces notamment des thérophytes, présentant une forte valeur fourragère à l'instar d '*Atriplex canescens*, *Anacyclus cyrtolepidioides*, *Astragalus cruciatus*, *Astragalus sinaicus*, *Erodium triangular*, *Trigonella polycerata*, et *Xeranthemum inapertum*, cela conduit à une augmentation de la valeur pastorale du parcours et delà à une augmentation de la productivité pastorale et une diminution de la capacité de charge ; Alors qu'au niveau des espaces pâturés, le pâturage excessif réduit la biodiversité défavorisant ainsi le développement d'espèces palatables au détriment d'espèces de faibles valeurs fourragères, épineuses rejetées par le cheptel telles que *Atractylis flava*, *Atractylis serratuloides*, *Noaea mucronata* et des espèces à faible valeur fourragère comme *Adonis dentata*, *Filago spathulata*, *Iris sisyrinchium*, *Peganum harmala* et *Echium humile*, ce qui traduit une augmentation de la capacité de charge du parcours suite au faible valeur de productivité pastorale.

### VI-7) La biomasse

La phytomasse ou biomasse épigée est définie comme la quantité de matière végétale vivante ou morte sur pied (Floret et Pontanier, 1982 ; Daget et Godron, 1995). Cette phytomasse peut être constituée de différentes espèces (pérennes ou annuelles) bonnes fourragères ou médiocres si la dégradation résulte d'un pâturage intensif.

Compte tenu de l'impossibilité d'effectuer des coupes au niveau des parcours aménagés et protégés soumis à une mise en défens stricte, nous étions contraints, pour l'estimation de la biomasse, d'adopter la méthode indirecte appelée encore méthode allométrique, cette méthode est très appliquée en zone steppique (Gaddes, 1978 ; Floret et Pontanier, 1982 ; Aidoud, 1983, 1989). Elle permet l'évaluation de la phytomasse en utilisant des paramètres de structure ou de dimensions, qui présentent une corrélation significative avec la phytomasse.

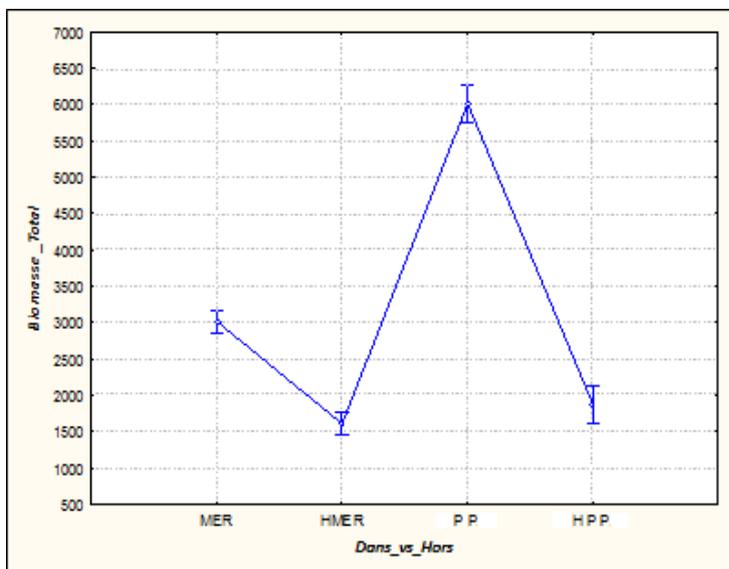
Les résultats relatifs à la biomasse totale, obtenus dans les parcours aménagés et protégés et ceux soumis au pâturage libre, révèlent des différences hautement significatives (tab. VI-20), les valeurs de biomasse totale sont plus élevées dans les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantations pastorales) que dans les parcours à pâturage libre (hors mises en repos et hors plantations).

Dans les parcours aménagés et protégés, la biomasse totale est comprise entre 3014.2 et 6010.6 Kg MS/ha/an dans les mises en repos et plantations pastorales respectivement, tandis que dans les parcours à pâturage libre, cette biomasse est comprise entre 1604.4 et 1867.6 Kg MS/ha/an dans les parcours hors mises en repos et hors plantations pastorales respectivement, autrement dit, la biomasse dans les mises en repos est deux fois plus supérieure que dans les parcours hors mise en repos, et dans les plantations pastorales elle est trois fois plus supérieure que dans les parcours hors plantations pastorales.

Selon la figure (VI-22), il ressort que la plantation pastorale offre une meilleure solution pour avoir une biomasse élevée, les valeurs de la biomasse sont hétérogènes dans ce paramètre, car la quantité de biomasse est en relation avec plusieurs facteurs édaphiques et climatiques.

**Tableau VI-20 :** Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) sur la biomasse totale dans les stations échantillonnées. Les valeurs représentent les moyennes  $\pm$  SD. Les différences entre les différents traitements sont testés par p-value). Les astérisques indiquent le degré de signifiante (\* =  $p < 0,05$  ; \*\* =  $p < 0,01$  ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ).

	<i>Biomasse totale (Kg MS/ha/an)</i>	<i>P-Value</i>
Mises en repos (MER)	<b>3014.21 <math>\pm</math> 768.2</b>	<b>&lt; 0,001***</b>
Hors mises en repos (HMER)	<b>1604.5 <math>\pm</math> 599.9</b>	
Plantations pastorales (PP)	<b>6010.66 <math>\pm</math> 1334.05</b>	<b>&lt; 0,001***</b>
Hors plantations pastorales (HMER)	<b>1867.68 <math>\pm</math> 693.37</b>	



**Figure VI – 22 :** Présentation des biomasses totales au niveau des différentes stations d'études.

Aussi, d'après l'analyse de la variance à un seul critère groupé (ANOVA groupé), on remarque la présence d'une différence hautement significative vis-à-vis de la biomasse totale entre les différentes stations (MER, HMER, PP, HPP) (tab. VI-21) .

**Tableau VI – 21:** Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la biomasse totale entre les différentes stations d'études.

	SC	ddl	SM	F	p
<b>Intercept</b>	2290580465.547	1	2290580465.547	3536.656	0.000
<b>Dans_vs_Hors</b>	608429669.970	3	202809889.990	313.138	0.000
<b>Error</b>	191709837.364	296	647668.369		

La comparaison des sites (stations) deux à deux avec le test de Tukey a montré (tab. VI-22) la présence d'une différence très hautement significative entre les stations MER (mises en repos) et le reste des stations d'une part et d'une autre part la présence de différence très hautement significative entre les stations HMER (hors mises en repos) et le groupe des MER (mises en repos) et PP (plantations pastorales), mais avec une concordance entre HMER (hors mises en repos) et HPP (hors plantations pastorales). Les différences de biomasse totale entre les parcours aménagés et protégés (MER et PP) et ceux à pâturage libre (HMER et HPP) est due à la protection et l'introduction de *Atriplex canescense* comme espèce fourragère dans les parcours aménagés et protégés d'une part et d'autre part elle est due au surpâturage dans les parcours à pâturage libre.

**Tableau VI – 22:** Test de *Tukey* de la biomasse totale entre les différentes stations d'études.

Dans_vs_Hors	MER	HMER	PP	HPP
<b>MER</b>		0.000008	0.000008	0.000008
<b>HMER</b>	0.000008		0.000008	0.287196
<b>PP</b>	0.000008	0.000008		0.000008
<b>HPP</b>	0.000008	0.287196	0.000008	

Aussi, nous pouvons remarquer d'après les tableaux qui suivent (VI-23) et (VI-24), que presque la totalité de la biomasse est assurée par les pérennes (vivaces) que ce soit dans les parcours aménagés et protégés ou bien dans les parcours à pâturage libre.

**Tableau VI-23 :** Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) sur la biomasse des pérennes dans les stations échantillonnées. Les valeurs représentent les moyennes  $\pm$  SD. Les différences entre les différents traitements sont testés par p-value). Les astérisques indiquent le degré de signifiante (\* =  $p < 0,05$  ; \*\* =  $p < 0,01$  ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ).

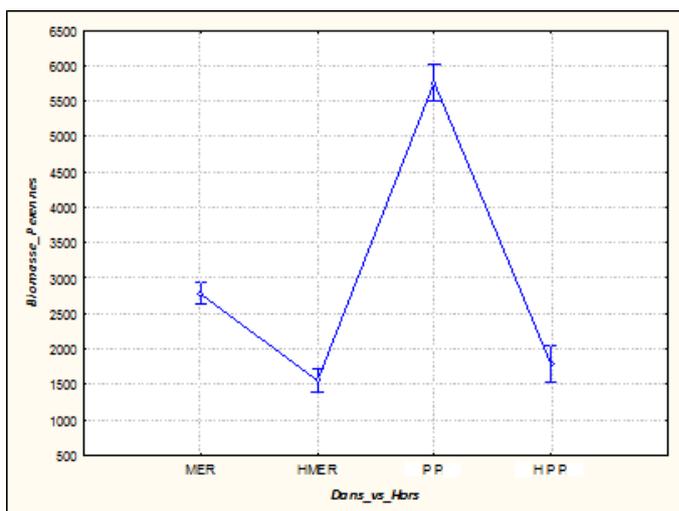
	<i>Biomasse des pérennes (Kg MS/ha/an)</i>	<i>P-Value</i>
Mises en repos (MER)	<b>2779.36 <math>\pm</math> 809.18</b>	< 0,001***
Hors mises en repos (HMER)	<b>1551.20 <math>\pm</math> 604.55</b>	
Plantations pastorales (PP)	<b>5766.79 <math>\pm</math> 1359.76</b>	< 0,001***
Hors plantations pastorales (HMER)	<b>1790.38 <math>\pm</math> 707.05</b>	

**Tableau VI-24 :** Effet des techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) sur la biomasse des éphémères dans les stations échantillonnées. Les valeurs représentent les moyennes  $\pm$  SD. Les différences entre les différents traitements sont testés par p-value). Les astérisques indiquent le degré de signifiante (\* =  $p < 0,05$  ; \*\* =  $p < 0,01$  ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ).

	<i>Biomasse des éphémères (Kg MS/ha/an)</i>	<i>P-Value</i>
Mises en repos (MER)	<b>234.85 <math>\pm</math> 79.31</b>	<b>&lt; 0,001***</b>
Hors mises en repos (HMER)	<b>53.26 <math>\pm</math> 28.06</b>	
Plantations pastorales (PP)	<b>243.86 <math>\pm</math> 54.19</b>	<b>&lt; 0,001***</b>
Hors plantations pastorales (HMER)	<b>77.29 <math>\pm</math> 29.79</b>	

Selon Le Houérou (1995 a), dans les steppes non dégradées ou peu dégradées du nord de l'Afrique, environ 80 % de la biomasse est assurée par les espèces pérennes ou vivaces, à savoir que chaque 1 % de recouvrement des pérennes représente une biomasse de 30 à 50 kg de MS/ha, avec une moyenne générale de  $43 \pm 3,6$  kg (Le Houérou, 1987a).

Néanmoins, il faut dire que dans les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantations pastorales) cette biomasse des pérennes ou vivaces est significativement plus élevée par rapport aux parcours non aménagés et non protégés (hors mises en repos et hors plantations pastorales), avec un avantage pour la plantation pastorale (fig.23).



**Figure VI – 23:** Présentation de la biomasse des pérennes au niveau des différentes stations d'études.

D'après l'analyse de la variance à un seul critère groupé (ANOVA groupé) pour la biomasse des pérennes on remarque la présence d'une différence hautement significative entre les différentes stations (MER, HMER, PP, HPP) (Tab. 25).

**Tableau VI – 25:** Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la biomasse des pérennes entre les différentes stations d'études.

	SC	ddl	SM	F	p
<b>Intercept</b>	2.072674E+09	1	2.072674E+09	3024.971	0.000
<b>Dans_vs_Hors</b>	5.518909E+08	3	1.839636E+08	268.486	0.000
<b>Error</b>	2.028156E+08	296	6.851879E+05		

La comparaison des différentes stations deux à deux avec le test de Tukey (tab. VI-26) nous remarquons une différence de biomasse des pérennes très hautement significative entre MER (mises en repos) et le reste des stations d'une part et d'une autre part la présence de différence très hautement significative entre HMER (hors mises en repos) et le groupe des MER (mises en repos) et PP (plantations pastorales), mais avec une concordance entre HMER (hors mises en repos) et HPP (plantations pastorales) avec une légères augmentation de corrélation par rapport à la biomasse totale.

Les différences de biomasse des pérennes entre les parcours aménagés et protégés (MER et PP) et ceux à pâturage libre (HMER et HPP) est due aussi à la protection et l'introduction de l'*Atriplex canescense* comme espèce fourragère dans les parcours aménagés et protégés d'une part et d'autre part elle est due au surpâturage dans les parcours à pâturage libre, car le surpâturage réduit la densité et la taille des touffes des espèces pérennes (Whitford, 2002).

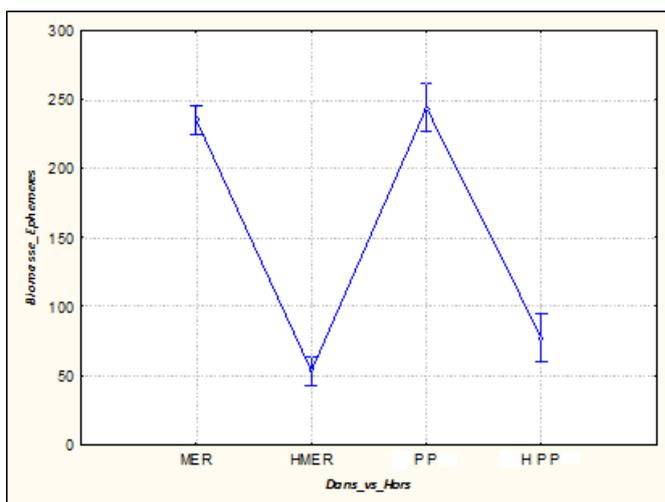
Aussi, la différence de biomasse des pérennes entre les stations aménagés et protégés (MER) et (PP) peut s'expliquer par la différence de taille des espèces occupant les différents parcours étudiés, du fait que parmi les espèces inventoriées dans ces parcours, il y a des touffes (*Stipa tenacissima*, *Lygium spartum*, *Arthrophytum scoparium*, *Artemisea herba alba*), des arbustes (*Atriplex canescense*, *Atriplex halimus*, *Retama reatam*), qui présentent des fréquences et recouvrements totalement différents, à titre d'exemple la taille de la touffe de *Sipa tenacissima* ou *Lygium spartum* peut atteindre 1m de diamètre et pour l' *Atriplex canescens* ce diamètre peut atteindre 2 voir 3m.

**Tableau VI – 26:** Test de *Tukey* de la biomasse des pérennes entre les différentes stations d'études.

Dans_vs_Hors	MER	HMER	PP	HPP
<b>MER</b>		0.000008	0.000008	0.000008
<b>HMER</b>	0.000008		0.000008	0.398807
<b>PP</b>	0.000008	0.000008		0.000008
<b>HPP</b>	0.000008	0.398807	0.000008	

Pour la biomasse des éphémères, il ressort d'après le tableau (en haut) et la figure (VI-24) que les stations mises en repos et plantation pastorale présentent des taux de biomasses des éphémères presque identique avec 234.85 Kg MS/ha/an et 243.86 Kg MS/ha/an pour les mises en repos et plantations pastorales respectivement, cela veut dire que ce genre d'intervention (la mise en repos et la plantation pastorale) favorise et donne la chance aux plantes éphémères de se manifester et se développer d'une façon remarquable.

Pour les zones hors mises en repos et hors plantations pastorales, les éphémères donnent une biomasse faible (53.26 Kg MS/ha/an et 77.29 Kg MS/ha/an pour les mises en repos et plantations pastorales respectivement).

**Figure VI – 24:** Présentation des biomasses des éphémères au niveau des différentes stations d'études.

L'analyse de variance à un seul critère groupé (ANOVA groupé) (tab. VI-27) a montré la présence de différence hautement significative. Cette différence est confirmée par le test Tukey (tab. VI-28). Cette différence est très hautement significative entre MER

(mises en repos) et le groupe HMER (hors mises en repos) et HPP (hors plantations pastorales) et d'une part entre PP (plantations pastorales) et le groupe HMER (hors mises en repos) et HPP (hors plantations pastorales).

Aussi, nous avons remarqué la présence d'une corrélation positive très importante entre les MER (mises en repos) et PP (plantations pastorales) avec une valeur de 0.81, alors qu'elle est faible entre HMER (hors mises en repos) et HPP (hors plantations pastorales) (avec une valeur de 0.09).

Les différences de biomasse des éphémères entre les parcours aménagés et protégés (MER et PP) et ceux à pâturage libre (HMER et HPP) est due au surpâturage qui entraîne la raréfaction (disparition) des plantes annuelles, surtout celle dont la qualité pastorale est bonne.

**Tableau VI – 27:** Résultat de l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA groupé) de la biomasse des éphémères entre les différentes stations d'études.

	SC	ddl	SM	F	p
<b>Intercept</b>	5444663	1	5444663	1750.178	0.000
<b>Dans_vs_Hors</b>	2384543	3	794848	255.503	0.000
<b>Error</b>	920832	296	3111		

**Tableau VI – 28:** Test de *Tukey* de la biomasse des éphémères entre les différentes stations d'études.

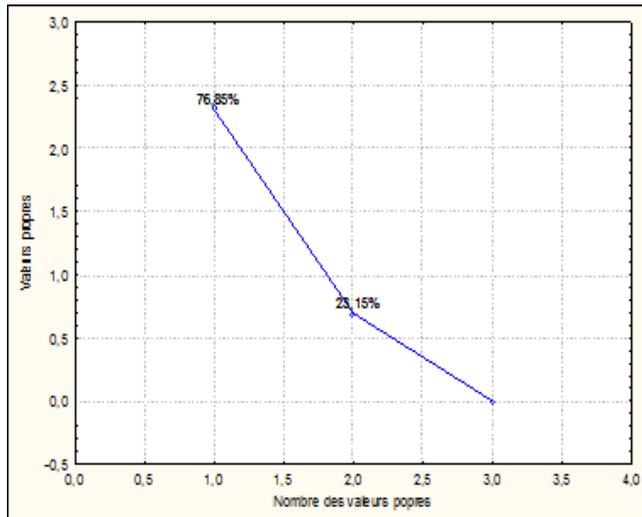
Dans_vs_Hors	MER	HMER	PP	HPP
MER		0.000008	0.817638	0.000008
HMER	0.000008		0.000008	0.090598
PP	0.817638	0.000008		0.000008
HPP	0.000008	0.090598	0.000008	

Après avoir effectué les corrélations entre les différents traitements (MER, HMER, PLT PAS, HPLT PAS) pour chaque variable de biomasse (totale, éphémères, pérennes), on a procédé à faire une projection de toutes les données dans un plan factoriel commun dans le but de détecter les relations entre les différents types de biomasses. L'analyse en composantes principales permet de mieux évaluer la ou les relation (s) existante (s) entre les variables, les échantillons d'une part, et les variables avec les échantillons d'autre part.

La figure (VI - 25) a révélé que les deux premiers axes donnent toutes informations sur les corrélations entre les échantillons et les variables.

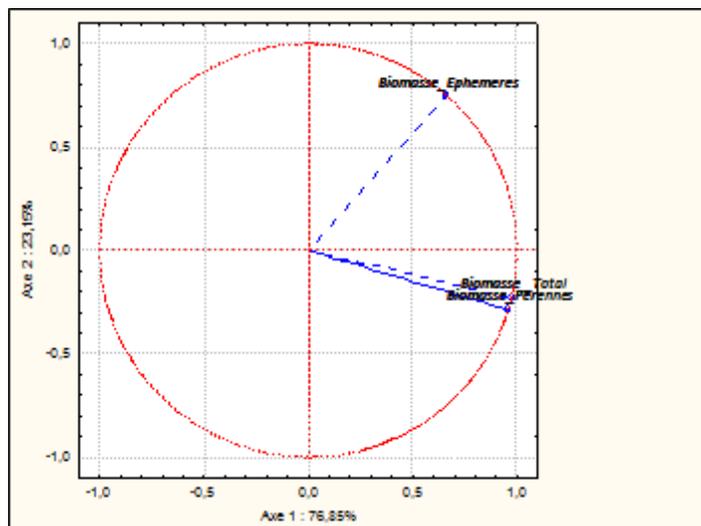
Le premier axe donne à lui seul 76.85% d'inertie. Il donne des informations sur les différentes stations (MER, HMER, PP, HPP).

Le deuxième axe révèle 23.15% de l'information. Il représente les différents types de la biomasse (Biomasse totale, biomasse des pérennes, biomasse des éphémères).



**Figure VI - 25:** Diagramme du coude pour définir le nombre des axes à retenir pour l'ACP relative à la biomasse.

La projection des variables sur le plan factoriel (1X2) (fig. 26) montre la présence de deux groupes distincts, le premier est caractérisé par la biomasse des éphémères alors que le deuxième est composé de la biomasse totale et la biomasse des pérennes. Ce résultat confirme que les plantes pérennes participent d'une façon remarquable dans l'augmentation de la biomasse totale.



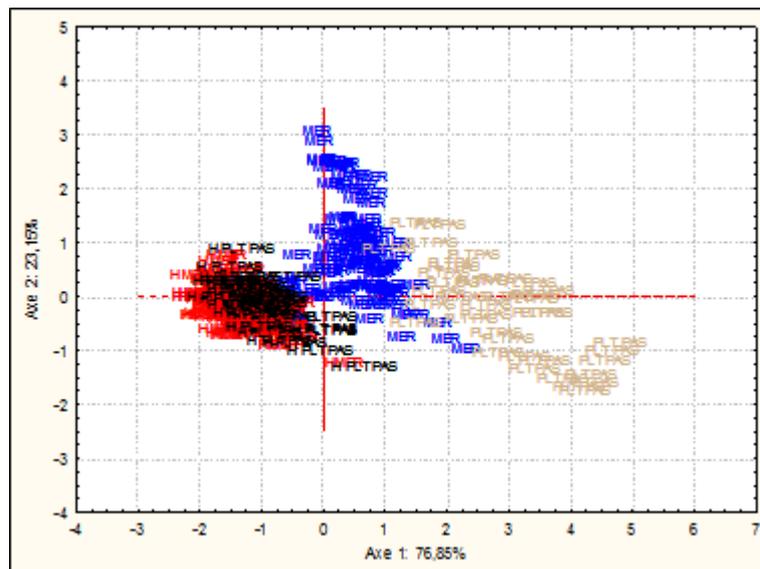
**Figure VI - 26 :** Projection des variables de biomasse (biomasse totale, biomasse éphémères et biomasse des pérennes) sur le plan factoriel de l'ACP.

En ce qui concerne la projection des individus sur le plan factoriel (1X2) (fig. 27), on constate la présence de trois groupes isolés par l'axe 1, plantations pastorales (PP), mises en repos (MER) et un mélange entre hors mise en repos (HMER) et hors plantations pastorales (HPP).

Les plantations pastorales (PP) et les mises en repos (MER) occupent la partie positive de l'axe en opposition au groupe hors mises en repos et hors plantations pastorales (HMER, HPP), car ces deux techniques favorisent l'installation d'une nouvelle espèce. Alors que les stations à pâturage libre (sans aménagements et sans protection) sont exposées à la disparition des espèces végétales surtout celles qui sont éphémères.

Les stations mises en repos se développent avec un rythme acceptable, dont on a observé l'installation des espèces éphémères.

L'axe 2 a séparé un sous-groupe, ce sous-groupe représente une dizaine de relevés (stations) réalisé dans une mise en repos à base de *Lygium spartum* dans le sud-oranais, cette mise en repos à présenter la plus grandes quantité de biomasse en éphémères avec en moyenne 377.24 Kg MS/ha/an, les espèces qui ont contribué le plus à cette biomasse sont: *Schismus barbatus*, *Bromus rubens*, *Enarthrocarpus clavatus*, *Eruca vesicaria*, *Alyssum linifolium* et *Malva aegyptiaca*.



**Figure VI - 27** : Projection des différentes stations sur le plan factoriel de l'ACP des variables relative à la biomasse (biomasse totale, biomasse des pérennes et biomasse des éphémères).

D'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que la différence de biomasse entre les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantations pastorales) et les parcours à pâturage libre et non protégés (hors mises en repos et hors plantations pastorales) est due au surpâturage, car le surpâturage se traduit également par une réduction de la biomasse des plantes vivaces d'intérêt pastoral et affecte la croissance des éphémères (annuelles) (Akrimi et Neffati, 1993 ; Jauffret et Visser, 2003).

Aussi, la différence observée, au niveau de la production de la biomasse, entre les parcours aménagés et protégés et ceux soumis au pâturage libre, peut être attribuée à la défoliation causée par le surpâturage. D'après Golding (*In* Noy-Meir et Walker, 1986), il existe une corrélation positive entre la palatabilité et la défoliation croissante des plantes. De son côté, Le Floc'h (2001) souligne que l'appétabilité des espèces d'un type de parcours donné, influence le niveau de défoliation et par voie de conséquence le recouvrement et la biomasse. Cette défoliation varie, selon Noy-Meir et Walker (1986) avec les espèces. Plus l'espèce est appréciée, plus la défoliation est considérable. D'après certains auteurs (Whyte *et al.*, 1959 ; Schmid *et al.*, 1987 ; Guillermo, 1992), le pâturage accentué réduit non seulement le volume global de la production d'herbe mais il risque en outre d'affaiblir les meilleures espèces au point que celles-ci se trouvent évincées au profit des plantes refusées. Par suite de la pression intense et continue du bétail, les espèces refusées par l'animal bénéficient d'un avantage sélectif considérable et tendent à remplacer les espèces fourragères affaiblies par des défoliations continues (Olf et Ritchie, 1998 ; Guillermo, 1992 ; Thornton et Liard, 1996 ; Le Floc'h, 2001).

Aidoud et Touffet (1996) dans une étude, rapportent que le surpâturage et l'ensablement durant la décennie 1980, ont respectivement été responsables de la réduction de la biomasse de la steppe d'alfa à Rogassa (El Bayadh) puis de la fragmentation du peuplement d'alfa. Un indicateur de seuil de changement irréversible a été déterminé comme étant la dénudation du rhizome de la touffe d'alfa. L'ensablement de surface, faisant suite à l'érosion du sol, est venu mettre un terme à la communauté d'origine (Slimani *et al.*, 2010). Ce changement a été si rapide qu'il peut être qualifié de catastrophe au sens dynamique du terme (Lockwood et Lockwood, 1993). Aussi, l'analyse du transect le long de trois niveaux d'exploitation (mise en

défens, pâturage modéré et surpâturage) en 1993 au Sud-Oranais (Slimani, 1998, Slimani et Aidoud, 2004) a montré une baisse progressive et significative des paramètres quantitatifs de la végétation pérenne (biomasse) et en particulier l'alfa, de la zone protégée vers la zone de libre pâturage.

Autres critères qui peuvent influencer sur la biomasse, citons la densité, la taille et la fréquences des espèces, ce qui peut expliquer le taux élevé de la biomasse dans les parcours aménagés et protégés ou *Sipa tenacissima*, *Lygium spartum*, *Artemisia herba alba*, *Arthrophytum scoparium* et *Atriplex canescens* sont plus fréquents et dont la taille de la touffe peut atteindre 1m de diamètre (*Sipa tenacissima*, *Lygium spartum*) ou 2 voir 3m pour *Atriplex canescens* (Amghar, 2012).

Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par Floret et *al.* (1983) qui, dans le cadre d'une étude menée en Tunisie présaharienne sur la phytomasse et la production primaire, ont trouvé des valeurs variant de 2202 Kg MS/ha (sur une steppe en bon état et en absence de pâturage) à 769 Kg MS/ha (sur des parcours dégradés). En se basant sur ces résultats, obtenus dans des conditions bioclimatiques assez proches que celles de nos stations d'études, on peut considérer que la végétation est en bon état dans les parcours aménagés et protégés, alors que dans les parcours à pâturage libre la végétation est dégradée. Des observations effectuées en Égypte, ont également montré que la production de biomasse aérienne totale sur les sites protégés était de quatre à dix fois supérieure à celle des sites pâturés (Zöbisch et al. 1999).

Au Maroc, Acherkouk et *al.* (2012) rapportent que la biomasse de la végétation pérenne dans la mise en repos Souiouina (Commune de Béni Mathar, Maroc) était 1 408 kg MS/ha, cela dit près de 10 fois plus élevée que celle de l'état initial (situation avant aménagement) qui est en moyenne de 150 kg MS/ha (Berkat et Hammoumi, 1990 ; El Gharbaoui et *al.*, 1996) De même, dans une région littorale tunisienne, la mise en défens a permis une augmentation de production de la végétation pérenne de 200 % par rapport au témoin (Ferchichi et Abdelkebir, 2003).

Bencherif (2011) apporte dans son étude, que les mesures effectuées dans les parcours mis en défens à faciès mixte d'*Artemisia herba alba* et *Noaea mucronata*, ont montrées une forte valeur de phytomasse totale avec 1 429 kg Ms/ha, dont 290 kg Ms/ha de phytomasse pour les annuelles et 1139 kg Ms/ha de phytomasse pour les

pérennes, par contre ces valeurs sont plus faibles dans un parcours à pâturage libre proche ayant le même faciès (618 kg Ms/ha de phytomasse totale, 70 kg Ms/ha de phytomasse pour les annuelles et 548 kg Ms/ha de phytomasse pour les pérennes).

La productivité de biomasse d'une communauté végétale peut être changée par le nombre d'espèces végétales (Hector et *al.* 1999; Tilman et *al.* 2002). L'éradication de nombreuses ligneuse et le surpâturage abusif consécutif à l'abandon de certaines traditions pastorales (rotation des parcours, maintien d'une charge convenable à l'hectare,...), ont générés des transformations profondes dans les potentialités et la physiologie des parcours. L'action conjuguée de ces facteurs s'est traduite par une diminution de la production de la biomasse moyenne, la raréfaction des meilleures populations d'espèces pastorales et une prolifération d'espèces ubiquistes peu palatables (Waechter, 1982; Aidoud et Aidoud, 1991). Ainsi le niveau de la charge animale (nombre d'animaux et temps de présence sur une surface) détermine de manière importante la végétation en place et sa productivité.

### **Conclusion partielle**

Les résultats de la biomasse, montrent une fois de plus l'effet bénéfique de la restauration pastorale par le biais de la mise en repos ou la plantation pastorale, ce paramètre était plus élevé à l'intérieur qu'à l'extérieur des parcours aménagés et protégés.

*Conclusion générale*

## ***CONCLUSION GENERALE***

Les recherches développées dans le cadre de cette étude ont été motivées par un problème de gestion des parcours steppiques. Il a été en effet largement mentionné que les plantes ont besoin d'une période de repos après le surpâturage pour assurer leur durabilité et permettre leur résilience. La recherche menée dans cette étude avait pour objectif l'évaluation de deux techniques d'aménagement pastoral, à savoir la mise en repos et la plantation pastorale à base d'*Atriplex canescens* sur :

✓ Quelques attributs vitaux de structure dont : la richesse floristique ; la diversité spécifique, le recouvrement de la végétation; la valeur, la productivité et la charge pastorale et la biomasse ;

✓ Quelques attributs vitaux de fonctionnement dont : L'état de la surface du sol, types biologiques sensu Raunkiaer, Types sensu Noy-Meir, Types sensu Grime.

Les résultats obtenus ont pu mettre en évidence que les techniques de restauration (mise en repos et plantation pastorale) stimulaient significativement la régénération de la végétation dans ces parcours, alors que la végétation est faible à très faible dans les parcours pâturés (hors mise en repos et hors plantation pastorale). Le développement des espèces pérennes et annuelles permettant à la fois la protection du sol contre le risque d'érosion et la dynamisation du cycle de la matière organique. Cette amélioration garantirait aussi une meilleure utilisation des ressources abiotiques et une plus grande stabilité face aux fluctuations des conditions du milieu si fragile.

Les indices de diversité testés révèlent des valeurs de richesse floristique et des d'indices de Shannon (H') et équitabilité (E) plus élevés dans les milieux aménagés et protégés ce qui traduit une évolution progressive du couvert végétal à l'intérieur des mise en défens (mise en repos et plantation pastorale) et par conséquent une plus grande stabilité écologique. A l'extérieur des mises en défens (hors mise en repos et

hors plantation pastorale), en revanche, la faiblesse des indices de richesse floristique et de diversité spécifique traduit une dégradation du couvert végétal.

L'étude du taux de recouvrement de la végétation et des différents éléments de surface du sol sur l'ensemble des parcours échantillonnés, nous a permis de conclure que les actions de restaurations et aménagements réalisés au niveau des parcours échantillonnées, ont contribué de manière significative à l'augmentation du pourcentage du recouvrement global de la végétation et de la litière et une diminution du voile éolien, du sol nu et des éléments grossiers. En revanche, la pellicule de glaçage connaît un taux d'accroissement dans les milieux protégés faute de piétinement. Les travaux consultés s'accordent sur l'effet négatif de cet élément, pour cela nous suggérons que ce paramètre soit retenu comme indicateur en plus de l'état de la végétation pour la prise de décision d'ouverture contrôlée de ces espaces aux cheptels.

L'étude des spectres biologiques montrent une dominance des thérophytes sur les autres formes biologiques que ce soit dans les milieux aménagés et protégés ou bien dans ceux non aménagés et non protégés, ce phénomène est dit «thérophysation» il est liée d'une part à la rudesse du climat et d'autre part aux actions anthropiques (surpâturage) qui dégradent de plus en plus les conditions d'installation de nouvelles espèces, des auteurs affirment que le taux des thérophytes croît avec l'aridité du milieu et que la « thérophysation » est une caractéristique des zones arides, elle exprime une stratégie d'adaptation vis-à-vis des conditions défavorables et d'une forme de résistance aux rigueurs climatiques, notons aussi le développement des chamaephytes dans les parcours pâturés épineuses qui physiologiquement s'adaptent mieux à la sécheresse et aux actions ou perturbations anthropiques.

Aussi, l'étude des types biologique *sensu* Noy-Meir à révélé que les espèces arido-passives semblent être non touchées par la dégradation (surpâturage) puisque leur taux pulvérisent les autres formes d'espèces (les arido - actives et les phréatyophytes) dans les différentes stations que ce soit aménagés et protégés ou bien à pâturage libre, de ce fait, il apparait nettement qu'un diagnostic ne peut être correctement établi à partir de la seule liste des espèces (présence ou absence) et de leur appartenances à un types

Noy-Meir (arido-passive, arido -active, phréatophyte), mais, il est évident qu'il est nécessaire de joindre un critère quantitatif à l'étude d'un indicateur qualitatif de la végétation lorsqu'il s'agit d'interpréter l'impact de la dégradation. Par contre les résultats obtenus de l'étude des stratégies de vie *sensu* Grime permettent de mettre en exergue la prédominance des espèces rudérales (R, CR, SR) dans les parcours à pâturage libre (hors mise en repos et hors plantations pastorales) mais dans les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantations pastorales) se sont les espèces compétitrices tolérantes (S, SC, C) qui dominent, à savoir que les sites dominés par les espèces en SC et S sont jugés les moins dégradés.

Pour les différentes potentialités pastorales, à savoir, la valeur pastorale, la productivité pastorale et la capacité de charge pastorale, la différence remarquable observée entre les parcours aménagés et protégés (mises en repos et plantation pastorales) et les parcours à pâturage libre (hors mises en repos et hors plantation pastorales), montre une fois de plus l'effet bénéfique des techniques de restauration, en effet, les espaces protégés sont marqués par le développement des espèces notamment des thérophytes, présentant une forte valeur fourragère à l'instar d '*Atriplex canescens*, *Anacyclus cyrtolepidioides*, *Astragalus cruciatus*, *Astragalus sinaicus*, *Erodium triangular*, *Trigonella polycerata*, et *Xeranthemum inapertum*, cela conduit à une augmentation de la valeur pastorale du parcours et delà à une augmentation de la productivité pastorale et une diminution de la capacité de charge ; Alors qu'au niveau des espaces pâturés, le pâturage excessif réduit la biodiversité défavorisant ainsi le développement d'espèces palatables au détriment d'espèces de faibles valeurs fourragères, épineuses rejetées par le cheptel telles que *Atractylis flava*, *Atractylis serratuloides*, *Noaea mucronata* et des espèces à faible valeur fourragère comme *Adonis dentata*, *Filago spathulata*, *Iris sisyrinchium*, *Peganum harmala*, *Echium humile*, causent une augmentation de la capacité de charge du parcours suite au faible valeur de productivité pastorale.

En fin, les résultats de la biomasse, montrent une fois de plus l'effet bénéfique de la restauration pastorale par le biais de la mise en repos ou la plantation pastorale, ce paramètre a été plus élevé à l'intérieur qu'à l'extérieur des parcours aménagés et protégés.

---

Ainsi, nous avons montré que l'ensemble des attributs vitaux retenus comme indicateurs écologiques de l'état de dégradation ou de restauration dans ce travail soulignent l'effet bénéfique des techniques de restauration des parcours à savoir, la mise en repos et la plantation pastorale tant sur la structure que sur le fonctionnement de cet écosystème.

Bien entendu, ce travail a pu procurer des données de base pour l'évaluation floristique et pastorale des parcours steppiques sous l'effet de deux techniques d'aménagements (mise en repos et plantations pastorale), mais en perspective et pour mieux cerner le problème de dégradation des parcours steppiques et faire une évaluation beaucoup plus complètes de ces ressources naturelles, cette étude doit être complétée par d'autres études comme :

- ✓ Etude des facteurs et paramètres qui peuvent jouer un rôle capital dans le succès des techniques d'aménagements, notamment: la fréquence et la pression du pâturage (ratio des espèces animales), durée et période de pâturage, la superficie du parcours ;

- ✓ Etude pour la détermination de la durée de protection optimale pour chaque parcours, en tenant compte des conditions du milieu, du type de végétation et des besoins socio-économiques des populations riveraines ;

- ✓ Etude de la banque de semences dans le sol (stock semencier dans le sol).

Avant de finir, et dans un but de préservation durable des parcours steppiques, nous recommandons :

- ✓ L'intégration des parcelles mises en défens dans l'économie pastorale à travers l'élaboration d'un plan d'exploitation des parcours selon le principe de rotation (Outre son intérêt socio-économique, le pâturage (modéré) permettrait selon plusieurs chercheurs de briser la pellicule de glaçage et de favoriser la régénération des plantes, beaucoup d'auteurs s'accordent à dire qu'un pâturage contrôlé permettrait d'assurer, au travers en particulier du maintien de la biodiversité, une production élevée et étalée dans le temps).

- ✓ Formation des bergers (surtout les jeunes) sur les techniques de conduite des troupeaux pour les maîtriser ;

- ✓ Produire du fourrage en intensif pour combler le déficit saisonnier imposé par les rigueurs et les aléas climatiques ;
- ✓ Inciter les plantations à base d'espèces autochtone comme *Atriplex halimus* et faire des essais de transplantations d'autres espèces comme *Stipa parviflora* et *Stipa barbata* et *Schismus barbatus*, et des essais de plantation de *Salsola vermiculata*, *Argyrolobium uniflorum*, à savoir que ces espèces sont très appréciées par le bétail surtout les ovins ;
- ✓ Réaliser des plantations mixte à base de plusieurs espèces comme : *Atriplex halimus*, *Atriplex canescens* , *Medicago arborea* , *Acacia cyanophylla*, *Atriplex nummularia*, *Retama raetam* ;
- ✓ Augmenter la ration des Fabaceae dans les plantations pastorales à fin d'amender et améliorer l'activité biologique dans le sol.

*Références  
bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

Abaab, A., Bédrani, S., Bourbouze, A. et Chiche, J. (1995).— Les politiques agricoles et la dynamique des systèmes agropastoraux au Maghreb. *Options Méditerranéennes*, Sér. B/ n°14, 1995 - Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000, p37.

Abdallah, F., Noumi, Z., Ouled-Belgacem, A., Michalet, R., Touzard, B. et Chaieb, M. (2012).— The influence of *Acacia tortilis* (Forssk.) ssp. *raddiana* (Savi) Brenan presence, grazing, and water availability along the growing season, on the understory herbaceous vegetation in southern Tunisia. *Journal of Arid Environments*, 76: 105-114.

Abdelguerfi, A. et Laoaur, M. (1996).— La privatisation du foncier : impact sur l'environnement et sur les ressources génétiques en Algérie. In "Pastoralisme et foncier : impact du régime foncier sur la gestion de l'espace pastoral et la conduite des troupeaux en régions arides et semi-arides". 17-19 Octobre 1996, Gabès (Tunisie). *Options Méditerranéennes*, 32 : 203-207.

Acherkouk, M. et El Houmaizi, M.A. (2013).— Évaluation de l'impact des aménagements pastoraux sur la dynamique de la production des pâturages dégradés au Maroc oriental. *Ecologia Mediterranea*, 39 (2): 69-84.

Acherkouk, M., Maatougui, A. et El Houmaizi, M.A. (2012 ).— Etude de l'impact d'une mise en repos pastoral dans les pâturages steppiques de l'Oriental du Maroc sur la restauration de la végétation. *Sécheresse*, 23 : 102–112

Achour, H. (1983).— *Etude phytoécologique des formations à alfa (Stipa tenacissima L.) du Sud Oranais. Wilaya de Saïda*, Thèse 3em cycle, Univ. Sc. Technol. H. Boumédiène, Alger, 216 p.

Achour, H., Aidoud, A., Aidoud, F., Bouzenoune, A., Dahmani, M., Djebaili, S., Djellouli, Y., kadik, L., khelifi, H., Mediouni, K. et Nedjraoui, D. (1983).— Carte de l'occupation des terres de l'Algérie – Carte pastorale de l'Algérie. Biocénoses. Bull. Ecol. Terr. U.R.B.T. Alger. 132 p.

- Achour, A., Aroui, A., Defaa, C., El Mousadik, A. et Msanda, F. (2011).— Effet de la mise en défens sur la richesse floristique et la densité dans deux arganeraies de plaine. Actes du Premier Congrès International de l' Arganier. Agadir 15 - 17 Décembre.
- Aerts, R. et Chapin, F.S. (2000).— The mineral nutrition of wild plants revisited: a reevaluation of processes and patterns. *Advances in Ecological Research*, 30: 1-67.
- Aguiar, M.R. et Sala, O.E. (1997).— Seed distribution constrains the dynamics of the Patagonian steppe. *Ecology*, 78 (1): 93-100.
- Aidoud, A. et Aidoud, F. (1991).— La végétation steppique des hautes plaines: Principaux indicateurs et facteurs de dégradation et de désertification. *Techniques et Sciences*, 5: 26-32.
- Aidoud, A. et Aidoud-Lounis, F. (1992).— Les ressources végétales steppiques des Hautes Plaines algériennes : évaluation et régression. In : Gaston, A., Kernick, M., et Le Houérou, H.N. (éds), Actes du 4ème Congrès International des Terres de Parcours, CIRAD, Montpellier, 22-26 avril, 1991, 307-309.
- Aidoud, A. et Clément, B. (2014).— Evaluation fonctionnelle des zones humides. Pp. 183-215 in: B. Bouzillé (ed.), *Ecologie des zones humides*. Lavoisier, Paris.
- Aidoud, A. et Nedjraoui, D. (1992).— The steppes of alfa ( *Stipa tenacissima* L) and their utilisation by sheeps. In *Plant animal interactions in mediterrean-type ecosystems*. MEDECOS VI, Grèce. 62-67.
- Aidoud, A. et Touffet, J. (1996).— La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 3(7) : 187-93.
- Aidoud, A. (1983).— *Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud-Oranais : phytomasse, productivité primaire et applications pastorales*. Thèse Doctorat, 3ème Cycle, Univ. Soi. Tech. H. Boumediene, Alger, 256 p. + Ann.
- Aidoud-Lounis, F. (1984).— *Contribution à la connaissance des groupements à sparte (Lygeumspartum L.) des Hauts Plateaux Sud-Oranais; étude phyto-écologique et syntaxonomique*. Thèse 3ème Cycle, Univ. Sci. Technol., H. Boumediene, Alger, 253 p.+ ann.
- Aidoud, A. (1989).— *Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés (Hautes Plaines Algéro-Oranaises, Algérie)*. Thèse Doctorat Es Science, USTHB, Alger, 240 p + Ann.
- Aidoud, A. (1994).— Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie. Cas de la steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L.). *Paralelo*, n°37, 16: 33-42.

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., Le Floc'h, E. et Le Houérou, H.N. (2006).— Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17 (1-2) : 19-30.

Aidoud, A., Le Floc'h, E. et Le Houérou, H.N. (2006).— Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17 (1-2) : 19-30.

Aidoud-Lounis, F. (1997).— *Le complexe à alfa-armoïse-sparte (Stipa tenacissima L., Artemisia herba-alba Asso., Lygeum spartum L.) des steppes arides d'Algérie ; structure et dynamique des communautés végétales*. Thèse Doctorat ES Science, Univ. Aix-Marseille III, France, 214 p. + Ann.

Aime, S. (1991).— *Etude écologique de la transition entre les bioclimats sub-humide, semi-aride et aride dans l'étage thermo-méditerranéen du Tell oranais (Algérie occidentale)*. Thèse Doctorat Es Science, Univ. Aix-Marseille III, France, 190 p+ Ann.

Akrimi, N. et Neffati, M. (1993).— Dégénération du couvert végétal en Afrique du Nord. In Désertification et aménagement. Cours des séminaires 1993, Médenine (Tunisie)-Agadir (Maroc), 49-67.

Amghar, F. et Kadi-Hanifi, H. (2008).— Diagnostic de la diversité floristique de cinq stations steppiques du sud Algérois. *Les cahiers d'orphée*, 1: 385-395.

Amghar, F. (2002).— *Contribution à l'étude de la biodiversité de quelques formations de dégradation en Algérie*. Thèse Magister, Univ. Sci. Tech. H. BOUM EDI ENE, Alger, 166 p. + Ann.

Amghar, F. (2012).— *Restauration et réhabilitation des écosystèmes steppiques: Effet de la mise en défens et de l'introduction des plantes fourragères sur la biodiversité, le sol et sa surface*. Thèse de doctorat. USTHB, 165p, + Ann.

Amghar, F., Forey, E., Margerie, P., Langlois, E., Brouri, L. et Kadi-Hanifi, H. (2012).— Grazing exclosure and plantation : a synchronic study of two restoration techniques improving plant community and soil properties in arid degraded steppes (Algeria). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 67(3): 257-269.

A.N.A.T., (2004).— Carte bioclimatique de l'Algérie. (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire).

Aronson, J. et Le Floc'h, E. (1995).— Vital landscape attributes: Missing tools for restoration ecology. *Rest. Ecology*, 4 (4) : 377-387.

Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C., Pontanier, R. (1993b).— Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. II Case studies in Southern Tunisia, Central Chile and Northern Cameroon. *Restoration Ecology* 1: 168-187.

Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C. et Pontanier, R. (1993 a).— Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. A view from the south. *Restoration Ecology*, (1): 8-17.

Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C. et Pontanier, R. (1995).— Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zone arides et semi-arides. Le vocabulaire et concept. In *l'homme peut il refaire ce qu'il a défait ?*, Ed. Pontanier R., M'hiri A., Akromi N., Aronson J., Le Floc'h E. Paris, 11-29.

Aronson, J., Le Floc'h, E., David, J-F., Dhillion, S., Abrams, M., Guillerm, J-L et Grossmann, A. (1998).— Restoration ecology studies at Cazarils (southern France) : Biodiversity and ecosystem trajectories in a mediterranean landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 41 : 273-283.

Aronson, J., Milton, S., Blignaut, J. (2007).— *Restoring Natural Capital: Science, Business, and Practice*. Island Press. Washington, D.C.

Bachelet, D., Lenihan, J. M., Daly, Ch. et Neilson, R.P. (2000).— Interactions between fire, grazing and climate change at Wind Cave National Park, SD. *Ecological Modelling*, 134 : 229-244.

Bagnouls, F., Gaussen, H. et Lalande, P. (1968).— *Carte de la végétation de la région méditerranéenne*. 1/5.000.000, I.G.N., U.N.E.S.C.O., carte et notice, Paris

Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R. et Quezel, P. (1990).— Changes and disturbances of fore ecosystems caused by human activities in the western part of the mediterranean basin, *Vegetatio*, 87, 151-173.

Bédrani, S., Sofiane, B. et Meriem, G. (1994).— Contribution à la connaissance des zones steppiques algériennes : les résultats du suivi triennal d'agro-pasteurs de la steppe centrale. *Les Cahiers du CREAD*.

Bédrani, S. (1992).— Les aspects socio économiques et juridiques de la gestion des terres arides dans les pays Méditerranéen. *Cahiers du CREAD*, n°31-32, Alger.

Bédrani, S. (1994).— La place des zones steppiques dans la politique agricole algérienne. *Parallelo*, n °37,16: 43-52.

Bédrani, S. (1996).— Foncier et gestion des ressources naturelles en Afrique du Nord. Cas de l'Algérie. Act. Atel. Le foncier et la gestion des ressources naturelles dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord. OSS., 3-32.

Bédrani, S. (1997).— Les effets du commerce mondial sur la désertification dans les pays du Maghreb, In L'Annuaire de l'Afrique du Nord., (CNRS, Aix en Provence).

Bédrani, S. (2001).— Les contraintes au développement des zones steppiques et la mise en valeur par les concessions, Ministère de l'agriculture. Alger, 30 p.

Bédrani, S. (2006).— In AGRIMED. CIHEAM, rapport annuel. pp.291-315.

Belsky, A.J. (1992).— Effects of grazing, competition, disturbance and fire on species composition and diversity in grassland communities. *J. of Vegetation Science*, 3: 187-200.

Benabdeli, K. et Boucenna, R. (2000).— Possibilités d'amélioration de la production fourragère en zone aride. Séminaire national sur l'élevage ovin en zone aride. Tiaret, 8 pages.

Benabdeli, K. (1996). — Impact socio-économique et écologique de la privatisation des terres sur la gestion des espaces et la conduite des troupeaux : cas de la commune de Télagh (Algérie). *Options méditerranéennes*, 32 : 185-194.

Benabdeli, K. (2007).— Identification des principales contraintes entravant la conservation de la biodiversité de quelques espaces en Algérie. Conférence Muséum National d'Histoire Naturel. Paris.

Benabdeli, K. (2008). — Spécificité des modes et identification des parcours et des terrains de parcours en zone aride algérienne et désertisation. Séminaire International, « Situation et valorisation de la steppe en Algérie ». Université de Tiaret, 11 et 12 novembre.

Benabdeli, K., Benguerai, A., Yerou, H. (2008).— L'utilisation de l'espace steppique comme terrain de parcours entre identification, potentialités, utilisation et contraintes socioécologiques en Algérie. *Revue de l'écologie-environnement* n°04-novembre 2008 p : 54 67.

Bencharif, (2011).— L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne :Évolution et possibilités de développement. Thèse de doctorat, L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech). 267p, + annexe.

Bencherif, S. (2011).— *L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne : Évolution et possibilités de développement*. Thèse Doctorat, I nst. Agro. Tech. Paris, 267 p. + Ann.

- Bendali, F., Floret, CH., Le Floc'h, E. et Pontanier, R. (1990).— The dynamics of vegetation and sand mobility in arid regions of Tunisia. *Journal of Arid Environments*, 18: 21-32.
- Benguerai, A. (2011).— Évolution du phénomène de désertification dans le sud Oranais (Algérie). Thèse de Doctorat en sciences, Université de Tlemcen, 138p.
- Bénié, G.B., Kaboré, S.S., Goïta, K. et Courel, M.F. (2005).— Remote sensing-based spatio-temporal modeling to predict biomass in Sahelian grazing ecosystem. *Ecological Modelling*, 184 (2-4) : 341-354.
- Bensaïd, A. (2006).— SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de Naâma (Algérie). Thèse de Doctorat. Université Grenoble 1, France, 318 p.
- Bensaid, D. (1995).— Gestion des parcours dans un système agro-pastoral en mutation p34.
- Bensmira, Z. (2003).— *Caractérisation du fonctionnement des systèmes d'élevage et leur impact - sur l'environnement en zone steppique (cas de la commune de Ras El Ma Wilaya de Sidi Bel Abbés)*. Thèse de Magistère. LIN-IV Sidi Bel Abbés. 203 p.
- Bensouiah, R. (2006).— Vue d'ensemble de la steppe algérienne. Doc en ligne : (<http://desertification.voila.net/steppealgerienne.ht>).
- Berkat, O. et Hammoumi, M. (1990).— Etude de synthèse cartographique sur les parcours des communes rurales de Mérija, El Ateuf, Tindrara et Bouarfa : Rapport Final : Notice des cartes des pâturages par commune rurale et Orientations d'aménagement des grands types de pâturage. Direction de l'Elevage / Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Marché N°3/89/DE. Rabat.
- Berkat, O. (1986).— *Population structure, dynamics and regeneration of Artemisia herba alba Asso*. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Inst. Agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, 166p.
- Bernus, E. (1974).— Possibilités et limites de plans d'hydraulique pastorale au Sahel nigérien. *CahOrstom Sér Sci Hum*; XI : 119-226.
- Bernus, E. (1981).— Touaregs nigériens : unité culturelle et diversité régionale d'un peuple de pasteurs. Mémoire n° 94. Paris : Orstom éditions; 508 p.
- Bertiller, M.B. et Bisigato, A.J. (1998).— Vegetation dynamics under grazing disturbance. The state and transition model for the Patagonian Steppes. *Ecologia Austral*. 8 :191-199.

- Bisigato, A.J. et Bertiller, M.B. (1997).— Grazing affects on patchy dryland vegetation in Northern Patagonia. *J. of Arid Environments*, 36: 639-653.
- Blondel, J. (1979).— Biogéographie et écologie. Masson, Paris.
- Blondel, J. (1995).— Biogéographie. Approche écologique et évolutive. Collection Ecologie N° 27. Masson, 297 p.
- B.N.E.D.E.R. (2006).— *Identification et cartographie des zones potentielles à l'agriculture en steppe*. Etude diachronique du climat et du bioclimat de la steppe algérienne, 47p + annexes.
- Bornard, A., Cozic, P. et Brau-Nogue, C. (1996).— Diversité spécifique des végétations en alpage - influence des conditions écologiques des pratiques écologiques. *Ecologie*, 27 (2): 103-115.
- Borselli, L., Biancedani, R., Giordani, C., Carnicelli, S. et Ferrari, G. A. (1996 a).— Effect of gypsum on seedling emergence in a kaolinitic crusting soil . *Soil Technology*, 9: 71-81.
- Borselli, L., Carnicelli, S, Ferrari, G. A., Paglia, M. et Lucamante, G. (1996 b).— Effects of gypsum on hydrological, mechanical and porosity properties of a kaolinitic crusting soil. *Soil Technology*. 9: 39-54.
- Bouakaz. (1976).— *Contribution à la détermination de l'aire minimale des formations à Stipa tenacissima dans la partie sud-ouest de la wilaya de Saïda*. D.E.A. Ecol. Vég. Univ. Alger. 36 p.
- Bouazza, M. et Benabadji, N. (2002).— Contribution à l'étude du cortège floristique de la steppe au sud d'El-Aricha (Oranie-Algérie). *Rev. Sci. et Techn. N° spécial*, Constantine, 11-19.
- Bouazza, M. (1998).— L'état actuel de la steppe au sud de Tlemcen. Séminaire national sur les zones arides : rétrospectives, enjeux et stratégie. CRSTRA, le 25, 26 et 27 avril 1998, Adrar, Algérie.
- Boudet, G. (1970).— Pâturages naturels de hautes et moyenne Casamance (Rep. du Sénégal). *Et. Agrost. N° 27*, Maisons- Alfort, IEMVT.
- Boudet, G. (1975).— Problèmes posés par l'estimation de la capacité de charge d'un pâturage naturel tropical. Addis-Abéba, C.I.P.E. A.4. L.C.A. ; Actes du Colloque sur l'inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux africains, Bamako, Mali, 3-8 mars 1975, pp. 265-267.

- Boudet, G. (1991).— Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères; Ed. Ministère de la coopération et du développement, Paris. 276 p.
- Boughani, A. et Hirche, A. (1991).— Rapport phytoécologique et pastoral de la wilaya de Biskra. URBT, Alger.
- Boughani, A. (1995).— *Contribution à l'étude de la flore et des formations végétales au sud des monts du Zab (Ouled Djellal, wilaya de Biskra) : phytomasse, application cartographique et aménagement*. Thèse Magister. USTHB, Alger, 226 p. + ann.
- Boughani, A. (2014).— *Contribution à l'étude phytogéographique des steppes algériennes (Biodiversité et endémisme)*. Thèse de doctorat. USTHB, 198p, + Ann.
- Boukhobza, M.(1982).— L'agro-pastoralisme traditionnel en Algérie: de l'ordre tribal au désordre colonial. Off. Publ. Univ., Alger, 458 p.
- Bourahla, A. et Guittouneau, G. (1978).— Nouvelles possibilités de régénération des nappes alfatières en liaison avec la lutte contre la désertification. *Bull. Inst. Écol. Appl.* Orléans, 1: 19-40.
- Bourbouze, A. (1999).— Gestion de la mobilité et résistance des organisations pastorales des éleveurs du haut atlas marocain face aux transformations du contexte pastoral maghrébin. In "Managing mobility in African rangeland: the legitimization of transhumant pastoralism". Ed, Niamir-Fuller M. and Turner M.D, 28.
- Bourbouze, A. et Donadieu, P. (1987 ).— L'élevage sur parcours en régions méditerranéennes. Inst. Agro. Med. de Montpellier. 88 p + Ann.
- Bouzenoune, A. (1984). — *Étude phytoécologique et phytosociologique des groupements végétaux du sud oranais (W.Saïda )*, Thèse 3ème cycle. Uni.Sci. Tech. H. Boumediène, Alger, 225p.
- Box, E. O. (1987).— Plant life forms and mediterranean environments. *Annali di Botanica*, 15 (2): 7-42.
- Brahim, A. (1980).— La steppe algérienne : Structures spatiales et effort de mise en valeur par l'élevage ovin à partir de l'exemple de commune : El May, Labiod et Cheria
- Breman, H., Krul, J.M. (1982 ).— La pluviosité et la production de fourrage sur les pâturages naturels » [304-319], *in*: La productivité des pâturages sahéliens, Wageningen, PU DOC. De Leeuw P.N., Conservation, 97 : 131-141.
- Briske, D.D., Bestelmeyer, B. T. et Stringham T.K. (2008) .— Recommendations for development of resilience-based state-and-transition models. *Rangeland Ecology et Management*, 61: 359–367.

- Brouri, L. (2012).— Aménagement des parcours steppiques: Expérience du HCDS. Symposium international sur « la gestion durable des nappes alfatière et des parcours steppiques, Djelfa 4-9 Novembre. Communication orale.
- Brown, G. et Al Mazrooei, S. (2003).— Rapid vegetation regeneration in a seriously degraded *Rhanterium epapposum* community in northern Kuwait after 4 years of protection. *J. of Environmental Management*, 68: 387-395.
- C.R.B.T. (1978).— Rapport phytoécologique et pastoral sur les hautes plaines steppiques de la wilaya de Sada CRBT, Alger, 256 p. + Ann + Cartes.
- C.R.B.T. (1983).— Carte de l'occupation des terres de l'Algérie et carte pastorale de l'Algérie, notice des feuilles : El Aricha, El Kreider, El Bayadh, Djebel Arar, Mécheria, Brezina, Beni Ounif, Ain Safra au 1/200000. Biocénoses, tome II, n°21, 132p.
- Cameleo, (2004).— changes in Arid Mediterranean Ecosystems on the Long Term and Earth Observation. FINAL REPORT, INC; O-DC: International Co-operation with Developing Countries (1994-1998). Contract number: E.RE1C18CT970155: 116p.
- Carrera, A.L., Vargas, D.N., Campanella, M.V., Bertiller, M.B., San, C.L. et Mazzarino, M.J. (2005).— Soil nitrogen in relation to quality and decomposability of plant litter in the Patagonian Monte, *Argentina Plant Ecology*, 181: 139-151.
- Carrier, M. et Toutain, B. (1995).— Utilisation des terres de parcours par l'élevage et interactions avec l'environnement : Outils d'évaluation et indicateur. Institut für biogeographie. SAARBÜCKEN, division environnement, 98p.
- Cavieres, L.A., Quiroz, C.L., Molina-Montenegro, M.A., Mufioz, A. A. et Pauchard A. (2005).— Nurse effect of the native cushion plant *Azorella monantha* on the invasive non-native *Taraxacum officinale* in the high-Andes of central Chile. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 7: 217-226.
- Celles, J.C. (1975).— *Contribution à l'étude de la végétation des confins saharo-constantinois (Algérie)*. Thèse Doct. Etat, Univ. Nice, 366 p.+ann.
- César, J. (1994).— Gestion et aménagement de l'espace pastoral. In : Chantal BP, Boutrais J. Dynamique des systèmes agraires à la croisée des parcours (pasteurs, éleveurs, cultivateurs), ORSTOM Editions : 111-145.
- Chaieb, M. (1989).— *Influence des réserves hydriques du sol sur le comportement comparé de quelques espèces végétales de la zone aride tunisienne*. Thèse de doctorat, Université des sciences et techniques de Languedoc, Académie de Montpellier. 292.

Chaumont, M. et Paquin, C.(1971).— Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500.000. *Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, Alger, 24p. + Cales (4 feuilles).

Chellig, R. (1969).— La steppe, le pays du mouton. Rapport du MARA, production animale, 9p.

Chellig, R. (1985). — La désertification et les blocages socio-économiques du pastoralisme. *Comm.Sem.Nat sur la recherche et le développement des zones steppiques* 9 p.

Child, G. (2003).— Setting and achieving objectives for conserving biological diversity in arid environments. *Journal of Arid Environments*, 54 : 47-54.

Côte, M. (1988).— L'Algérie ou l'espace retourne. *Flammarion*. Paris, 362 p.

Daget, P. et Godron, M. (1995).— Pastoralisme : Troupeaux, espèces et sociétés. HATIER-AUPELF. UREF, 508p.

Daget, P. (1980 a).— Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégies adaptatives (Cas des thérophytes), in : Actes du Colloque d'Ecologie théorique, E.N.S, Paris, p. 89-114.

Daget, Ph. (1980 b).— Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative (Cas des thérophytes). In : Barbault, R., Blandin, P. et Meyer, J. A., (Eds), *Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives*. Maloine, Paris, 89-114.

Daget, P., et Poissonet, J. (1971).— Une méthode d'analyse phytoécologique des prairies. Critères d'application. *Annales d'Agronomie*, 22 (1) : 5-41.

Daget, Ph. et Djellouli, Y. (1991).— le climat méditerranéen change t-il ? La sécheresse à Alger au cours des cent dernières années?. *Pub. Assoc. Intern. Climatologie*, 4, 187-195.

Daget, Ph. et Poissonet J.(1974).— Quelques résultats sur les méthodes d'études phytoécologiques de structure , la dynamique et la typologie des prairies permanentes. *Fourrages*, 59 : 71-82.

Daget, Ph. (1976).— Les modèles mathématiques en écologie. *Coll. écol. Masson*, 141-170.

Dahmani - Megrerouche, M. (1997).— Le chêne vert en Algérie : syntaxonomie, phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse Doct. Etat, Univ. H. Boumediene, Alger, 329 p + ann.

- Danin, A. et Orshan, G. (1990).— The distribution of Raunkiaer life forms in Israel in relation to the environment. *J. Veg. Sci.*, 1, 41-48.
- De Leeuw, P.E., Tohill, J.C. (1990).— The concept of rangeland carrying capacity in sub-saharian Africa. myth or reality. Overseas Development Institute, Pastoral Development Network. Network Paper 29b. 20 p.
- Deiri, W. (1990 ).— *Contribution à l'étude phytoécologique et la potentialité pastorale en Syrie aride*. Thèse Doct., Montpellier ; 210p.
- Delagarde, R., Peyraud, J. L. 1 Delaby, L. (1999).— Effet des quantités offertes sur l'ingestion de l'herbe d'automne chez la vache laitière au pâturage. *Rencontres Recherches sur les Ruminants* 6 :135-138.
- Djebaili, S. (1978).— Recherches phytosociologiques et phytoécologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse Doct., Montpellier, 229p.
- Djebaili, S. (1983).— Carte de l'occupation des terres, carte pastorale de l' Algérie, notice .Biocénoses, 2, 1-2, 132p. + annexes.
- Djebaili, S., Djellouli, Y. et Daget, P. (1989).— Les steppes pâturées des Hauts Plateaux algériens. *Rev. Fourrages*, 120: 393-400.
- Djebaili, S. (1990).— Syntaxonomie des groupements préforestiers et steppiques de l'Algérie aride. *Ecologia Mediterranea* ; 16 : 231-44.
- Djellouli, Y. et Daget, PH. (1995).— Climat et flore dans les steppes du Sud-Ouest Oranais. Comm. 3ème journées Scientifiques sur la steppe, Université d'Oran Es Senia, 4-6 novembre.
- Djellouli, Y. et Nedjraoui, D. (1995).— Evolution des parcours méditerranéens. In pastoralisme, troupeau, espaces et société. Hatier ed. 440-454.
- Djellouli, Y. (1981).— *Etude climatique et bioclimatique des Hauts Plateaux du Sud-Oranais (Wilaya de Saida)*. Thèse Doct. 3ème Cycle, Univ. W. Tech. H. Boumediene, Alger, 178 p. + Ann.
- Djellouli, Y. (1990).— *Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes*. Thèse Doct., USTHB., Alger. 210p.
- Dregne, H.E. (1983).— Desertification of arid lands. New York Hardwood Academic Publisher, 242p.

- Dregne, H.E. (1986).— Desertification of arid lands. In: *Physics of Desertification* [El-Baz, F. and M.H.A. Hassan (eds.)]. Martinus Nijhoff, Dordrecht, The Netherlands, pp. 4-34.
- Dubief, J. (1959-1963).— *Le climat du Sahara*. Mém.Inst. Rech.Sah., Univ.Alger. 2 tomes. 314p + 275 p.
- Ducrocq, H. (1996).— *Croissance des prairies de graminées selon la fertilisation azotée, l'intensité et la fréquence des défoliations*. Thèse de Doctorat, 150p.
- Dumont, B., Farruggia, A. et Garel, J.P. (2007).— Pâturage et biodiversité des prairies permanentes. Renc. Rech. Ruminants 14: 17-24.
- Dumont, B., Meuret, M., Boissy, A. et Petit, M. (2001).— Le pâturage vu par l'animal : mécanismes comportementaux et applications en élevage. Fourrages 166 : 213-238.
- El Gharbaoui, A., El Yamani, A., El Maghraoui, A., Boutouba, R., Alaoui, M. et Kabak, A. (1996).— Projet de développement des parcours et de l'élevage dans l'Orient : Stratégie de développement des terrains de parcours. Terre et Vie 24.
- El Hamrouni, A., et Sarson, M. (1974).— Valeur alimentaire de certaines plantes spontanées ou introduites en Tunisie - Institut National de Recherches Forestières, Tunisie. 147p.
- El Nrabi, K. (1989).— Contribution à l'étude de la germination de *Stipa tenacissima* L. stock du sol en semence et suivie des plantules selon les microsites. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. E.N.A. de Meknès, 167p.
- Ellenberg, I. et Mueller-Dombois, D. (1967).— A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stifg. Rübel, Zürich, 37: 56-73.
- Enright, N. J., Miller, B.P. et Akhter, R. (2005).— Desert vegetation and vegetation-environment relationships in Kirthar National Park, Sindh, Pakistan. Journal of Arid Environments, 61 (3) : 397 – 418.
- Evenari, M., Schulze, E.D., Kappen, L., Buschbom, V. et Lange, O.L. (1975).— Adaptive mechanism in desert plants. In : Vernberg F.J. (Ed), Physiological Adaptation to the Environments : 111-129.
- F.A.O. (1988).— Guidelines: land evaluation for extensive grazing. Soil Bull. N°58, Rome.

- Hiernaux P. (1983).— Une méthodologie de l'inventaire des ressources fourragères et analyse de la production fourragère à moyenne et grande échelles, Addis-Abeba, CIPEA : 33 p. (Document de programme N. Az 85).
- Ferchichi, A. et Abdelkebir, S. (2003).— Impact de la mise en défens sur la régénération et la richesse floristique des parcours en milieu aride tunisien. *Science et changements planétaires .Sécheresse*, 14(3): 181-187.
- Fleischner, T.L. (1994).— Ecological costs of livestock grazing in western North-America. *Conservation Biology*, 8: 629-644.
- Floret, C. et Pontanier, R. (1982).— L'aridité en Tunisie présaharienne. Climat, sol, végétation et aménagement. Travaux et documents de l'ORSTOM, n°150, Paris, 544p.
- Floret, C. (1981).— The effects of protection on steppic vegetation in the Mediterranean aride zone of southern Tunisia. *Vegetatio*, 46, 117-129.
- Floret, C. (1988).— Méthodes de mesure de la végétation pastorale : pastoralisme et développement. Montpellier (France) : CIHEAM, 1988.
- Floret, C., Le Floc'h, E. et Pontanier, R. (1983).— Phytomasse et production végétale en Tunisie présaharienne. *Acta Oecologia, Oecol.*, Vol. 4 (18), N°2 : 133-52.
- Forey, E. (2007).— *Importance de la perturbation, du stress et des interactions biotiques sur la diversité végétale des dunes littorales d'Aquitaine*. Thèse de Doctorat. Univ. Bordeaux 1, 229 p. + Ann.
- Francllet, et Le Houérou, H.N. (1971).— Les Atriplex en Tunisie et en Afrique du Nord. F.O: SF/Tun. 11 Rapport technique N°7. PNUD-FAO, Rome, Italie.
- Frontier, S. et Etienne, M. (1990).— Etude de la diversité spécifique par le moyen des Diagrammes Rangs Fréquences: Modélisation, variabilité d'échantillonnage. *Biométrie et Océanographie*, 10, Actes de colloques, IFREMER : 145-177.
- Frontier, S. et Pichod-Viale, D. (1991).— Ecosystème : Structure, Fonctionnement, Evolution. Collection d'écologie. Paris, Masson 392 p.
- Frontier, S. (1983).— L'échantillonnage de la diversité spécifique. In *Stratégie d'échantillonnage en écologie*. Ed. Frontier et Masson. Paris (Coll. D'Ecologie), XVIII. 494 p.
- Gamoun, M. (2012).— *Impact de la mise en repos sur la dynamique du couvert végétal: Application à la gestion durable des espaces pastoraux sahariens du Sud tunisien*. Thèse de doctorat. Université Tunis El Manar. 202 p. + annexes.

- Gaddes N. (1978).— *Etude des relations végétation-milieu et effet biologique de la mise en défens notamment sur l'alfa (Stipa tenacissima L.) dans le bassin versant de l'Oued Gabès*. Thèse de spécialité, Univ. Sei. Techn. Languedoc, 129 p.
- Garde, L. et Senn, O. (1991).— Valeur pastorale et parcours méditerranéens. IVth In Rengland Congresss, Montpellier-France : 458-461.
- Gaussen, H. (1948).— Carte des précipitations annuelles de l'Algérie. I.G.N.
- Gaussen, H. (1963).— Ecologie et phytogéographie. In : Précis de Sciences biologiques : Botanique. 926- 972.
- Geddes, N. et Dunkerley, D. (1999).— The influence of organic litter on the erosive effects of raindrops and of gravity drops released from desert shrubs. *Catena*, 36: 303-313.
- Glatzle, A. (1985).— Actual and potential role of aridoactive forage shrubs in Western Marocco. Communication, IV meeting of FAO subnetwork on Mediterranean Pastures. Portugal.
- Godron, M. (1971).— *Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux*. Thèse Doct. Sci., Univ. Sc. et Techn. du Languedoc. 247 p.
- Godron, M. (1971).— *Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux*. Thèse Doct. Sci., Univ. Sc. et Techn. du Languedoc, 247 p.
- Godron, M. (1971).— Quelques aspects de l'hétérogénéité dans les formations herbacées du Cantal. Cam. Sem. Sur les méthodes d'inventaires des prairies permanentes. Montpellier, C.N.R.S. - C.E.P.E., document n° 56: 101-114.
- Gonzalez-Polo M. et Austin, A.T. (2009).— Spatial heterogeneity provides organic matter refuges for soil microbial activity in the Patagonian steppe, Argentina. *Soil Biol. Biochem.*, 41: 1348-1351.
- Gounot, M. (1961).— Les méthodes d'inventaires de la végétation, Bull. Serv. Carte phytogéogr., Série B. Carte des groupements végétaux. CNRS. Tome VI, Fas. 1: 7-73.
- Gounot, M. (1969).— Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Ed. *Masson et Cie*, Paris, 314 p.
- Grainger, A. (1982).— Desertification: how people make deserts, how people can stop, and why they don't. London : IIED, 94 p.
- Grime, J.P. (1974).— Vegetation classification by reference to strategies. *Nature*, 250 : 26-31.

- Grime, J.P. (1977).— Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*, 111, 1169-1194.
- Grime, J.P., Hodgson, J.G. et Hunt, R. (1988).— In: Comparative Plant Ecology. A Functional Approach to Common British Species. Unwin Hyman, London, pp. 742pp.
- Guillermo, S. (1992 ).— Adaptative stratégies of perennial grasses in South American savannas. *J. of Veget. Scien.*, 3: 325-336.
- Guinet, Ph. et Sauvage, C. (1954).— Les hamadas sud-marocaines. Troisième partie : Botanique., Trav. Inst. Sc. Chérif., Sér. : généralités, 2, 75-167 p.
- Guinet, Ph. (1954).— Carte de la végétation de l'Algérie. Feuille de Beni-Abbes.
- Gutterman, Y. (1986).— Influences of environmental factors on germination and plant establishment in the Negev desert highlands of Israel. In : Rangelands a resource under siege. Proceedings of the second international. Rangeland Congress. Canberra. Australia, 441-443.
- H.C.D.S. (2005).— Problématique des zones steppiques et perspectives de développement. Rap. Synth., haut commissariat au développement de la steppe, 10 p.
- H.C.D.S. (2010).— Rapport sur : Les potentialités agro-pastorales de la steppe Algérienne: analyse et interprétation des résultats, 56 p.
- H.C.D.S. (2012).— Symposium international sur « la gestion durable des nappes alfatière et des parcours steppiques, Djelfa 4-9 Novembre.
- Haddouche, I. (2009).— *La télédétection et la dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride en Algérie: Cas de la région de Naâma*. Thèse de doctorat, Université de Tlemcen, 211 p.
- Hai, R., Weibing, D., Jun, W., Yu Zuoyue, Y., Qinfeng, G. (2007).— Natural restoration of degraded range and ecosystem in Heshan hilly land. *Acta Ecologica Sinica*, 27: 3593-3600.
- Halitim, A. ( 1985).— Contribution a d'étude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algérie). In. Khelil, A. (1997). — L'écosystème steppique : quel avenir ?. Edition DAHLAB Alger. 184p.
- Hébrard J.P., Loisel R., Roux C., Gomila H., Bonin G. (1995).— Incidence of clearing on phanerogamic and cryptogamic vegetation in South-Eastern France: disturbance indices, in Bellan D., Bonin G., Emig C. (Eds.), Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems, Lavoisier, 747-758.

Hector, A., Schmid, B., Beierkuhnlein, C., Caldeira, M.C., Diemer, M., Dimitrakopoulos, P.G., Finn, J.A., Freitas, H., Giller, P.S., Good, J., Harris, R., Hogberg, P., Huss-Danell, K., Joshi, J., Jumpponen, A., Korner, C., Leadley, P.W., Loreau, M., Minns, A., Mulder, C.H.P., O'Donovan, G., Otway, S.J., Pereira, S.J., Prinz, A., Read, D.J., Scherer-Lorenzen, M., Schulze, E.D., Siamantziouras, A.S.D., Spehn, E.M., Terry, A.C., Troumbis, A.Y., Woodward, F.I., Yach, S., Lawton, J.H. (1999).— Plant diversity and productivity experiments in European Grasslands. *Science*, 286: 1123-1127.

Heitschmidt, R. K. et Taylor, C. A.(1991) .— Livestock production. In: R. K. Heitschmidt and J. W. Stuth [eds.]. *Grazing management: an ecological perspective*. Portland, OR, USA: Timber Press. p. 161–177.

Hiernaux, P. (1983).— Une méthodologie de l'inventaire des ressources fourragères et analyse de la production fourragère à moyenne et grande échelles, Addis-Abeba, CIPEA : 33 p. (Document de programme N. Az 85).

Hirche, A. (2010).— *Contribution à l'évaluation de l'apport de la télédétection spatiale dans la dynamique des écosystèmes en zones arides : cas du Sud-Oranais*. Thèse Doctorat. Es Science, USTHB, 327 p. + Ann.

Hirche, A., Boughani, A. et Salamani, M. (2007).— Évolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes. *Sécheresse* 18 (4), 314-20.

Hirche, A., Salamani, M., Abdellaoui, A. Benhouhou, S. et Valderrama, J.M. (2011).— Landscape changes of desertification in arid areas: the case of south-west Algeria. *Environ Monit Assess*, 179:403–420.

Hirche, A., Salamani, M., Boughani, A., Oukil, Y. et Hourizi, R.(2010).— Is the desertification really in reverse ? The case of South West Algeria. Conf. on “Advanced Scientific Tools for Desertification Policy”, 28-29 Sept., Rome.

Hostert, P., Röder, A. et Hill, J. (2003).— Coupling spectral unmixing and trend analysis for monitoring of long-term vegetation dynamics in Mediterranean rangelands. *Remote Sensing of Environment*, 87 : 183-197.

Howery, L.D., Bailey, D.W., Ruyle, G.B. et Renken, W.J. (2000).— Cattle use visual cues to track food locations. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 67, 1-14.

I.N.E.S.G. (2004).— Institut national d'étude stratégiques globales ; Le domaine steppique enjeux et devenir, 55p.

Ionesco, T. et Sauvage, Ch. (1962).— Les types de végétation du Maroc : essai de nomenclature et de définition. *Rev. Géogr. Maroc* 1-2 : 75-86.

- Jaccard, P. (1901).— Étude comparative de la distribution florale dans une portion des alpes et des jura. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 37 :547-579.
- Jauffret, S. et Lavorel, S. (2003).— Plant functional types: relevant to describe degradation in steppes of arid southern Tunisia. *Journal of Vegetation Science*, 14: 399-408.
- Jauffret, S. et Visser, M. (2003).— Assigning life-history traits to plant species to better qualify arid land degradation in Presaharian Tunisia. *Journal of Arid Environments*, 55: 1-28.
- Jauffret, S. (2001).— *Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes méditerranéens arides. Application au suivi de la désertification dans le Sud tunisien*. PhD, Faculté des Sciences et Techniques de St Jérôme, Univ. Aix-Marseille III, France, 365 p.
- Jeddi, K. et Chaieb, M. (2010).— Changes in soil properties and vegetation following livestock grazing exclusion in degraded arid environments of South Tunisia. *Flora*, 205: 184-189.
- Kaabeche, M.(1990).— *Les groupements végétaux de la Région de Bou-Saada. Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb*. Thèse de Doct. es Sce. Univ. Paris Sud. Fac. Sces, Orsay, 256 p. + Ann.
- Kacimi, B. (1996).— La problématique du développement des zones steppiques. Approche et perspectives. Doc. HCDS, Ministère de l'agriculture, 27 p.
- Kadi-Hanifi-Achour, H. (1998).— L'alfa en Algérie. Syntaxonomie, relation milieu-végétation, Dynamique et perspectives d'avenir. Thèse Doctorat Es science, USTHB, 270 p.
- Kadik, B. (1974).— Organisation des récoltes de graines et essai comparatif de pin d'Alep. Doc. Interne CNREF. 15 p.
- Kaya, Z. et Raynal, D.J. (2001).— Biodiversity and conservation of Turkish forests. *Biological Conservation*, 97(2):131-141
- Khaldi, A. (2014).— La gestion non-durable de la steppe algérienne, VertigoO - la revue électronique en sciences de l'environnement. [<http://vertigo.revues.org/15152> ; DOI : 10.4000/vertigo.15152].
- khaldoun, A. (1995).— Les mutations récentes de la région steppique d'El Aricha. Réseau Parcours, 59-54.

- khaldoun, A. (2000).— Evolution technique et pastorale de la steppe Algérienne. Option méditerranéennes, 39, 121-127.
- Khelil, A. (1997).— L'écosystème steppique : quel avenir ?. Edition DAHLAB Alger. 184p.
- Killian C. (1949).— Observations sur la biologie des végétaux des pâturages mis en défens en Algérie. Ann. Inst. Agric. [Algérie], 4(9), 1-27.
- Lacoste, A. et Salanon, R. (1969).— Eléments de biogéographie. Nathan, Paris. 189 p.
- Lapeyronie, A. (1982).— Les productions fourragères méditerranéennes, Ed.G.-P. Maisonneuve et La rose, Paris, pp 425.
- Lavrenko, E.M. (1954).— Les steppes de la région eurasiennne. (géographie, dynamisme, histoire). essai de botanique; Acad. Sc. U.R.S.S., 1, 174-191.
- Le Berre, lvi. (1998).— Zones arides et désertisation. CD. Rom. TJN.ES.C.O. MA.B. /B.MZ. Institut du sahel. O.S.S.
- Le Floc'h, E. et Aronson, J. (1995).— Ecologie de la restauration. Définition de quelques concepts de base. *Natures-Sciences-Sociétés*, Hors Série : 29-35.
- Le Floc'h, E. (2001).— Biodiversité et gestion pastorale en zones arides et semi-arides méditerranéennes du Nord de l'Afrique. - *BOCCONEA* 13 : 223-237.— ISSN 1120-4060.
- Le Floc'h, E. (1993).— Biodiversité et gestion des ressources pastorales. Cours spécialisé :développement des zones arides et désertiques, CIHEAM-IAM Montpellier et IRA Medenine, 51p.
- Le Houérou H.N. (1985a).— The impact of climate on pastoralism. In : Kates RW, Ausubel JH, Berberian M, eds. Climate Impact Assessment. Scope study n° 27. New York: John Wiley et Sons: 155-86.
- Le Houérou H.N. (1987 a).— Aspects météorologiques de la croissance et du développement végétal dans les déserts et les zones menacées de désertisation. PNUE, Nairobi et OMM, Genève, 59 p.
- Le Houérou, H.N. et Hoste, S H. (1977).— Rangeland production and animal ranching relations in the mediterranean basin and in African Sahelo-Sudanian zone. *J. Range Management*, 30 (3) :181-189.
- Le Houérou, H.N. et Ionesco, T. (1973).— L'appétabilité des espèces de la Tunisie steppique. Projet parcours Sud. INRAT, Tunis.68 p.

Le Houérou, H.N. (1969).— La végétation de la Tunisie steppique (avec références aux végétations analogues d'Algérie, de Libye et du Maroc). Bibl. 225, 40 phot., 39 fig., 1 carte coul. h.t. 1/500 000 (128 000 km<sup>2</sup>), 21 tabl. h.t., Ann. Inst. Nat. Rech. Agron., 42, 5, Tunis, 624 p.

Le Houérou, H.N. (1969).— La végétation de la Tunisie steppique. Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie, 42, 5, 624 p.

Le Houérou, H.N. (1971).— An assessment of the primary and secondary production of the arid grazing land ecosystems of North Africa. In: Rodin LE, ed. Proceedings of the International Symposium on the Ecophysiological Foundations of Ecosystems Productivity in Arid Zones. Leningrad: Nauka Publishers, 168-72.

Le Houérou, H.N. (1973).— Principes, méthodes et techniques d'amélioration pastorale et fourragère en Tunisie. FAO., 230 p.

Le Houérou, H.N. (1974 b).— Etude préliminaire sur la compatibilité des flores nord-africaine et palestinienne. Colloques Internat. du CNRS : n°235. La flore du Bassin Méditerranéen: essai de systématique synthétique, pp. 345-350 CNRS, Paris.

Le Houérou, H.N. (1975).— Problème et potentialités des terres arides de l'Afrique de Nord. *Option méditerranéennes*, 26, 17-36.

Le Houérou, H.N. (1979).— La désertification des régions arides. *La recherche*, 99 : 336-344.

Le Houérou, H.N. (1981).— Impact of man and his animals on Mediterranean vegetation. In F. Di Castri, D.W. Goddall, et R. Specht (Eds), *Ecosystems of the World-Mediterranean-type shrublands* (pp. 479 – 521). Amsterdam : Elsevier.

Le Houérou, H.N. (1985).— La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et d'évaluation. Ministère de l'agriculture, Alger.

Le Houérou, H.N. (1992).— An overview of vegetation and land degradation in world arid lands. In: DREGNE, H. E., (Ed.), *Degradation and restoration of arid lands*,. International Center for arid and semi-arid land studies. Texas Tech. Univ. Lubbock, 127-163.

Le Houérou, H.N. (1995 a).— Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique, Diversité biologique, développement durable et désertisation, *Options méditerranéennes*, séries B, recherche et études 396 p.

- Le Houérou, H.N. (1995 b).— Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation, *Options Méditerranéennes*, sér. B : recherches et études, 10 : 1-396p.
- Le Houérou, H.N. (1995 b).— Dégradation, régénération et mise en valeur des terres sèches d'Afrique. In : L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? (PONTANIER R., M'HIRI A., AKRIMI N., ARONSON J., LE FLOCH. Edits), Paris, 65-102.
- Le Houérou, H.N. (1995 c). — Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. CIHEAM/ACCT, Options méditerranéennes, série B, n°10, 396 p.
- Le Houérou, H.N. (1995 d).— The Sahara from the bioclimatic point of view—definition and limits. *Annals of Arid Zone* 34: 1-16.
- Le Houérou, H.N. (1995).— Bioclimatologie et biogéographie des steppes aride du Nord de l'Afrique- Diversité biologique, développement durable et désertisation. *Options médit*, (10):pp 1- 397.
- Le Houérou, H.N. (1995a).— Considérations biogéographiques sur les steppes arides du Nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 6 : 167-82.
- Le Houérou, H.N. (1996).— Climate change, drought and desertification. *J. Arid Environm*, (34):pp 133-185.
- Le Houérou, H.N. (2001).— Biogeography of the arid steppe land north of the Sahara. *J. of Arid Environments*, (48): 103-128.
- Le Houérou, H.N. (2005).— Problèmes écologiques du développement de l'élevage en région sèche. *Sécheresse*, 16: 89-96.
- Le Houérou, H.N. Servoz, H, Shawesh, O et Telahique, T. (1983).— Evaluation of development potentials of existing range projects in Western Libya. Technical Paper, n° 52, UNTF/LIB 18. Tripoli; Rome: Agricultural Research Center; Food and Agriculture Organization (FAO), 125 p.
- Le Houérou, H.N., Cl., Audi, N.J. et Pouget, M. (1979).— Etude bioclimatique des steppes algériennes. *Bull. Soc.Hist. Nat. Afr. Nd.*, 68 (3-4): 33-74 + Carte.
- Le Houérou, H.N. (1995 a).— Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique, Diversité biologique, développement durable et désertisation, *Options méditerranéennes*, séries B, recherche et études 396 p.
- Lebane, Y. et Zidane, A. (1995).— *Carte bioclimatique de l'Algérie septentrionale au 1/500.000*. Mém. Ingéniorat. USTHB, 42 p + Ann.

Lecrivain E., Leclerc B., Hauwuy A. 1990. Consommation de ressources ligneuses dans un taillis de chênes par des brebis en estive", *Reproduction Nutrition Développement*, suppl 2, pp 207s-208s.

Legendre, L. et Legendre, P. (1984).— *Ecologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques*. Collection d'écologie 12, 2ème édition, Masson, Paris. 260p.

Legendre, L. et Legendre, P. (1984).— *Ecologie numérique : la structure des données écologiques*. 2ème Ed. Tome 2. Coll. D'écologie, 13, 261 p.

Legendre, P. (1979).— Le protistologue et la taxinomie numérique. *L'Année Biologique* 18: 493-519.

Lemaire, G. (1999).— Les flux de tissus foliaires au sein des peuplements prairiaux. *Eléments pour une conduite raisonnée du pâturage. Fourrages*, 159: 203-222.

Lloyd, M. et Gheraldi, R.J. (1964).— A table for calculation of the "equitability" component of species diversity. *J. Anim. Ecol.* 33: 217-226.

Lockwood, J.A. et Lockwood, D.R. (1993 ).— Catastrophe theory: a unified paradigm for rangeland ecosystem dynamics. *Journal of Range Management*, 46: 282–288.

Mac Arthur, R.H. (1962) .— Some generalized theorems of natural selection. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 48, 1893-1897.

M.A.D.R. (1998).— *Statistiques agricoles, superficies et production*. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rurale. Série B.

M.A.D.R. (2008).— *Statistiques agricoles, superficies et production*. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rurale. Série B.

Madon, O. et Médail, F. (1996).— The ecological significance of annuals on a Mediterranean grassland (Mt Ventoux, France). *Plant Ecology*. 129, 189-199.

Maestre, F.T. et Cortina, J. (2002).— Spatial patterns of surface soil properties and vegetation in a Mediterranean semi arid steppe. *Plant Soil*, (241): 279-291.

Mcintyre, S., Lavorel, S. et Tremont, R. M. (1995).— Plant life-history attributes : their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology*, (83): 31-44.

Médail, F. (1996).— Structuration de la biodiversité de peuplements végétaux méditerranéens en situation d'isolement. Thèse Doct. Sci. (PhD), Univ. Aix-Marseille III : 290 p. + annexes. Paris.

- Mikola, J., Yeates, G.W., Barker, G.M., Wardle, D.A. et Bonner, K.I. (2001).— Effects of defoliation intensity on soil food-web properties in an experimental grassland community. *Oikos*, (92) : 333-343.
- Milchunas, D.G. et Lauenroth, W.K.(1993).— Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*, 63, 327–366.
- Milchunas, D.G., Sala, O. et Lauenroth, W.K.(1988).— A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *American Naturalist*, 132, 87–106.
- Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural (2007).— Le plan national de développement agricole et rural et la lutte contre la désertification. Comm. Atelier International du Parlement Panafricain sur La Lutte Contre la Désertification, Alger du 02 au 04 Avril 2007.
- Ministère de l’Aménagement du Territoire et l’Environnement (2000).— Rapport National sur l’Etat de l’Environnement.
- Ministère de l’Agriculture et de la Réforme Agraire (1974).— La steppe algérienne, In Statistique agricole, n° 14.
- Moulai, A. (2008).— Développement agricole et rural étude nationale Algérie, volume 1, Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier, 44p.
- Moulay, A. et Benabdeli, K. (2012).— Quel avenir pour la steppe à Alfa dans le sud-ouest Algérien ?. *Forêt Méditerranéenne*, 33: 277- 286.
- Mulas, M. et Mulas, G. (2004).— Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification, Université de Sassari. Groupe de recherche sur la désertification, 112 p.
- Nedjimi, B., Sebti, M., Naoui, T.H. (2008).— Le problème du foncier agricole en Algérie. *Revue Droit Sci. Hum*, 1: 1-11.
- Nedjraoui, D. et Bédrani. S. (2008).— La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte, *Vertigo*, la revue électronique en sciences de l’environnement, V.8 N1. URL : <https://vertigo.revues.org/5375>.
- 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 Saïda*. Thèse Doct. 3<sup>o</sup>cycle, USTHB, Alger, 156p.
- Nedjraoui, D. (1990).— *Adaptation de l’alfa (Stipa tenacissima L) aux conditions stationnelles*. Thèse doct. USTHB, Alger, 256p.

- Nedjraoui, D. (2001).— Le profil fourrager en Algérie, 36 p. URL : <http://www.vitamedz.org>.
- Nedjraoui, D. (2002).— Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. *Options Méditerranéennes*, 5(62): 239-243.
- Nefzaoui, A. et Chermiti, A. (1991).— Place et rôle des arbustes fourragers dans les Parcours des zones arides et semi-aride de la Tunisie. INRA de Tunisie. Option Méditerranéenne. Series séminaire, 16, 119 -125.
- Nègre, R. (1962 ).— Petite flore des régions arides du Maroc occidental. Tome I et II. C.N.R.S. Paris 413 + 566 p.
- Nègre, R. (1966).— Les thérophytes. Mém. Soc. Bot. France, 92-108.
- Nicholson, S.G. (1984).— Rainfall fluctuations in Africa 1901 to 1973 in: Colloque OMM sur le Xeme anniversaire de l'experience Etga. Dakar, 103-105.
- Noy-Meir, I. et Walker, B.H. (1986).— Stability and resilience in Rangelands. In : Joss, P.J., Lynch, P.W., Williams, O.B, editors. Rangelands : a resource under siege. Australian Academy of Science, Camberra, Australia : 21-5.
- Noy-Meir, I. (1973).— Desert ecosystems : environment and producers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 25-51.
- Noy-Meir, I., Gutman, M. et Kaplan, Y. (1989).— Responses of Mediterranean grassland plants to grazing and protection. *Journal of Ecology*, 77 : 290-310.
- Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Deckers, J., Haile, M. et Lang, A., (2004).— Human impact on the environment in the Ethiopian and Eritrean highlands – a state of the art. *Earth-Sciences Reviews*, 64 : 273-320.
- N'zala, D., Nongamani, A., Moutsamboté, J.M. et Mapangui, A. (1997).— Diversité floristique dans les monocultures d'eucalyptus et de pins au Congo. *Cahiers Agricultures*, vol. 6 n° 3 : 169-74.
- O.C.D.E. (1994).— (Organisation de Coopération et Développement Economiques). Indicateurs d'environnement, 159 p.
- Odum, E. P. (1969).— The strategy of ecosystems development. *Science*, 164 p.
- Olf, H. et Ritchie, M.E. (1998 ).— Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Reviews TREE*, 13(7): 261-5.

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. PP. 356-358.

Orshan, G. (1982).— Monocharacter growth form types as a tool in ai analytic-synthetic study of growth forms in Mediterranean type ecosystems. A proposai for an inter regional program. *Ecologia Mediterranea*, V III (1/2), 159-171.

Otsyina, R.M., Mc Kell, C.M. et Gordon, V.P. (1982).— Use of range Shrubs to meet nutrient requirements of sheep grazing on crested wheat grass during fall and early winter. *Jour. Range. Mgt.* 35: 751-753

Ouled Belgacem, A., Tarhouni, M. et Louhaichi, M. (2011).— Effect of protection on plant community dynamics in the Mediterranean arid zone of southern Tunisia: a case study From Bouhedma national park. *Land Degrad. Develop.*

Ouled Sidi Mohamed, Y., Neffati, M. et Henchi, B. (2002).— Study of the effect of vegetation management mode on its dynamics in pre-Saharan Tunisia: the case of national park of Sidi Toui and its surroundings. *Sécheresse*, 13, 195-203.

Ouled Sidi Mohamed, Y., Neffati, M. et Henchi, B. (sous presse) : Effet de la protection sur la biodiversité, le fonctionnement et la dynamique des phytocénoses en Tunisie présaharienne : Cas des parcs nationaux de Sidi Toui et de Oued Dekouk. *Revue Option méditerranéenne*.

Ovalle, C. et Avendano, J. (1987).— Interactions de la strate ligneuse et la strate herbacée dans les formations d'Acacia-Caven (Mol.) Hook et Arn. au Chili. I. Influence de l'arbre sur la composition floristique, la production et la phénologie de la strate herbacée. *Acta Oecologica, Oeco./Plant.*,8 (4):385-404.

Ozenda, P. (1977).— Flore du Sahara. 2ème éd. CNRS. Paris. 622p.

Pei, S.F., Fu, H., Chen, Y.M., Li, J.B. (2004).— Influence of *Z. xanthoxylum* shrubs on soil fertility in enclosure and grazing conditions. *J. Desert Research*, 24 (6): 763-767.

Pielou, E.C. (1966).— The measures of diversity in different types of biological collections. *J. of Theoretical Biology*, 13, 131-144.

Pottier, E., D'Hour, P., Havet, A., Pelletier, P. (2001).— Allongement de la saison de pâturage pour les troupeaux allaitants. *Fourrages*, 167: 287-310.

- Pouget, M. (1980). — Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises. Trav. et Doc. ORSTOM, Paris, 555 p.
- Prieto, L. H., Bertiiler, M. B., Carrera, A. L. et Olivera, N. L. (2011).— Soil enzyme and microbial activities in a grazing ecosystem of Patagonian Monte, *Argentina Geoderma*, 162: 281-287.
- Qarro, M. et De Montard, F.X. (1989).— Etude de la productivité des parcours de la zone d'Ain-Leuh (Moyen Atlas, plateau central). I. Effets de la fréquence d'exploitation et du taux de couvert arboré sur la productivité herbacée. *Agronomie*, 9: 477-487.
- Quezel, P. et Médail, F. (2003).— Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Lavoisier, Paris, 571p.
- Quezel, P. (2000).— Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au maghreb méditerranéen. *Ibis Press*, Paris. 117 p.
- Ramade, F. (1984).— Eléments d'écologie : écologie fondamentale, 3<sup>ème</sup> édition. Mc Graw Hill. Paris. 397 p.
- Raunkiaer, C. (1934).— The life form of plants and statisticEd plant geography. Collected papers, Clarendon Press, Oxford, 632 p.
- Richard, W. H. et Cushing, C. E. (1982).— Recovery of streamside woody vegetation after exclusion of livestock grazing. *J. Range Management*, 35, 360-367.
- Rodriguez Rodriguez, A. R., Mora, J. L., Arbelo, C. et Bordon, J. (2005).— Plant succession and soil degradation in desertified areas (Fuerteventura, Canary Islands, Spain). *Catena*, (59): 117-131.
- Roe, E.M. (1997).— Viewpoint: On rangeland carrying capacity. *Journal of range management*, 50 (5) : 467-472.
- Roovers, P., Bossuyt, B., Gulinck, H. et Hermy, M. (2005 ).—Vegetation recovery on closed paths in temperate deciduous forests. *Journal of Environmental Management*, (74): 273-281.
- Roux, G. et Roux, M. (1967).— A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. *Rev. Stat. Appl.*, 15, (2), 59-72.
- Ruissi, M. (1983).— Population et société au Maghreb. O.P.U.. 189 p.
- Safi, M.I., Yarranton, G.A. (1973).— Diversity, floristic richness, and species evenness during a secondary (post-fire) succession. *Ecology*, 54(4) : 897-902.

Saïdi, A. (2012).— *contribution à l'étude des formation d'armoise blanche dans la zone steppique ,cas de région de Mâamora (Saïda ,Algérie )*.Thèse de magistère ,faculté des sciences , Univ ,sidi- bel –abbés ,Algérie ,116.

Saïdi, S., Haddouche, I., Gintzburger, G. et Le Houérou, H.N. (2011).— Désertisation: Méthodes d'études quantitatives. Mise en oeuvre d'un indice spatio-quantitatif basé sur le concept de l'Efficacité Pluviale (un cas d'étude en Algérie).DOC.

Sagar, R., Raghubanshi, A. S. et Singh, J. S. (2003).— Tree species composition, dispersion and diversity along a disturbance gradient in a dry tropical forest region of India. *Forest Ecology and Management*, 186 : 61-71.

Salemkour, N., Aidoud, A., Chalabi, K. et Chefrou, A. (2016).— Evaluation des effets du contrôle de pâturage dans des parcours steppiques arides en Algérie. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*, 71(2): 178-191.

Salemkour, N., Benchouk, K., Nouasria, D., Kherief Nacereddine, S. et Belhamra, M. (2013).— Effets de la mise en repos sur les caractéristiques floristiques et pastorale des parcours steppiques de la région de Laghouat (Algérie). *Journal Algérien des Régions Arides*, n°12: 103-114.

Sandford, S. (1983).— *Management of Pastoral Development in the Third World*. London: Overseas Development Institute and John Wiley. 316 p.

Sandford, S. (1989 ).— *Organisation et gestion des ressources hydrauliques en Afrique tropicale*. CIPEA, Rapport de recherche N° 8: 49 p.

Savory, A. et Parsons, S.D. (1980).— The Savory grazing method. *Rangelands*, 2: 234-237.

Schlecht, E., Dickhoefer, U., Gumpertsberger, E. et Buerkert, A. (2009).— Grazing itineraries and forage selection of goats in the Al Jabal Al Akhdar mountain range of northern Oman. *J. of Arid Environments*, 73: 355-363.

Schlesinger, W.H., Reynolds, J.F., Cunningham, G.L., Huenneke, L.F., jarrell, W.M., Virginia, R.A. et Whitford, W.G. (1990).— Biological feedbacks in global desertification. *Science*, 247 : 1043-1048.

Schmid, B., Puttick, G.M., Burgess, K.H. et Bazzaz, F.A. (1987 ).— Clonal integration and effects of simulated herbivory in old-field perennials. *Ecology*, 68: 2016-22.

Selemani, I.S., Eik, L.O, Holand, Ø., Ådnøy, T, Mtengeti, E. et Mushi, D.(2013).— The effects of a deferred grazing system on rangeland vegetation in a north-western, semi-arid region of Tanzania African. *Journal of Range et Forage Science*, 30 (3), 141-148.

Seltzer, P. (1946).— Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. et de Phys. Du Globe. Univ. Alger. 219 p. + Cartes.

Shannon, C.E et Weaver, W. (1949).— The mathematical theory of communication. Urbana, Chicago III. Univ. Illinois Press, 125 p.

Sheuyange, A., Oba, G. et Weladji, R. B. (2005) .— Effects of anthropogenic fire history on savanna vegetation in northeastern Namibia. *Journal of Environmental Management*, 75 : 189-198.

Skovlin, J.M. (1984).— Impacts of grazing on wetlands and riparian habitat: a review of our knowledge. Pp. 1001-1009 in Developing strategies for range and management: a report prepared by the Committee on Developing Strategies for Rangeland Management. Natl. Res. Council/Natl. Acad. of Sci.. Westview Press, Boulder, CO.

Slimani, H. (1998).— *Effet du pâturage sur la végétation et le sol et désertification. Cas de la steppe à alfa de Rogassa des Hautes Plaines Occidentales algériennes.* Thèse magister, USTHB. Alger, 123p.

Slimani, H. (1998).— *Etude des mécanismes de désertification. Cas de la steppe à alfa (Stipa tenacissima L.) de Rogassa des Hautes Plaines occidentales algériennes.* Thèse de magister, Univ. Sci. Technol. Houari Boumediene, Alger. 123p.

Slimani, H., et Aidoud, A. (2004).— Desertification in the maghreb: a case study of an algerian high-plain steppe. In environmental challenges in a the mediterranean 2000-2050. *Kluwer academic publishers*. 93-108.

Society for Range Management (1989).— A glossary of terms used in range management. Denver, CO. 20 p.

Solh, M., Amri, A., Ngaido, T. et Valkoun J. (2003).— Policy and education reform needs for conservation of dryland biodiversity. *Journal of Arid Environments*, 54: 5-13.

Su, Y.Z., Zhao, H.L., Zhang, T.H. et Zhao, X.Y. (2004).— Soil properties following cultivation and nongrazing of a semiarid sandy grassland in northern China. *Soil Tillage Research*, 75, 27-36.

Suding, K.N. et Goldberg, D.E. (1999).— Variation in the effects of vegetation and litter on recruitment across productivity gradients. *Journal of Ecology*, 87: 436-449.

Tarhouni M., Ouled Belgacem A., Neffati M. et Henchi B., (2006) .— Validation de quelques attributs structuraux de l'écosystème sous l'effet de la sécheresse saisonnière

et la pression animale autour de points d'eau en zone aride tunisienne. *Belgian Journal of Botany*, 139 (2) : 188-202.

Tarhouni, M., Ben Salem, F., Ouled Belgacem, A., Henchi, B., Neffati, M. (2007).— Variation de la richesse floristique en fonction du gradient de pâturage au voisinage de points d'eau en Tunisie présaharienne. *Sécheresse*, vol. 18, n° 4, 234-239.

Tarhouni, M., Ouled Belgacem, A., Neffati, M. et Henchi, B. (2007a).— Qualification of rangeland degradation using plant life history strategies around watering points in southern Tunisia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (8) : 1229-1235.

Tarhouni, M. (2008).— *Indicateurs de biodiversité et dynamique du couvert végétal naturel aux voisinages de trois points d'eau en zone aride tunisienne : cas des parcours collectifs d'El-Ouara*. Thèse de doctorat. Université Tunis El Manar. 168 p. + annexes.

Tazi, M., Birouk, A., Hafidi, B. et Haimoura, A. (1991).— Comportement d'*Atriplex nummularia* en zone aride dans le sud Marocain, IVème Congrès des terres de parcours, Montpellier, France. 229p.

Teague, W. R., Dowhower, S.L. et Waggoner, J. A., (2004).— Drought and grazing patch dynamics under different grazing management. *Journal of Arid Environments*, 58 : 97-117.

Thebaud, B. et Batterbury, S. (2001).— Sahel pastoralists : opportunism, struggle, conflict and negotiation. A case study from eastern Niger. *Global Environmental Change*, 11: 69-78.

Thornton, B. et Millard, P. (1996).— Effects of severity of defoliation on root functioning in grasses. *J. of Range Manage.*, 45(5) : 443-447.

Tilman, D., Knops, J., Wedin, D. et Reich, P. (2002).— Experimental and observational studies of diversity, productivity, and stability. In: Kinzig, A.P., Pacala, S.W. et Tilman, D. (Eds.), *the Functional Consequences of Biodiversity*. Princeton University Press, Princeton and Oxford, pp. 42–43.

Tongway, D.J., Ludwig, J.A., Whitford, W.G. (1989).— Mulga log mounds: fertile patches in the semi-arid woodlands of eastern Australia. *Australian Journal of Ecology*, 14, 263-268.

Trochain, J.L. (1957).— Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique Tropicale. *Bull. Inst. Etudes. Centre-afric. Nouv. Brazzaville, Serie 13 et 14*: 55-93.

- Valentin, C. (1983).— Effets du pâturage et du piétinement sur la dégradation des sols autour des points d'eau artificiels en région sahélienne (Ferlo, Nord Sénégal). A.C.C. Lutte contre l'aridité en milieu tropical, DGRST., ORSTOM.
- Van De Koppel, J. et Rietkerk, M. (2000).— Herbivore regulation and irreversible vegetation change in semi-arid grazing systems. *Oikos*, 90: 253-260.
- Vela, E. (2002).— *Biodiversité des milieux ouverts en région méditerranéenne. Le cas de la végétation des pelouses du Luberon (Provence Calcaire)*. Ecologie, Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix Marseille (Aix Marseille III). Thèse, 302 p.
- Vincq, J. (1976).— Production fourragère d'appoint en Algérie des zones arides et semi- aride. INA. Chaire zootechnie et du pastoralisme, 77p.
- Violle, C., Richarte, J., et Navas, M.L. (2006).— Effects of litter and standing biomass on growth and reproduction of two annual species in a Mediterranean old-field. *Journal of Ecology*, (94): 196-205.
- Voisin, A.(1957).— Productivité de l'herbe. Flammarion, 467 p.
- Waechter, P. (1982).— *Etude des relations entre les animaux domestiques et la végétation dans les steppes du Sud de la Tunisie. Implications pastorales*. Thèse de Doctorat. Ing. Univ. Sci. et Techn. Languedoc, Montpellier, 293p.
- Wallace, A. et Wallace, G. A. (1986 a).— Effects of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton and lettuce seedlings. *Soil Science*, (141): 313-316.
- Wardle, D. A., Nilsson, M. C., Gallet, C. et Zackrisson, O. (1998 a).— An ecosystem-level perspective of allelopathy. *Biological Reviews*, (73): 305-319.
- Westoby, M., Walker, B. et Noy-Meir, I.(1989).— Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*, 42, 266 –274.
- Whittaker, R. H. (1972) .— Evolution and measurements of species diversity. *Taxon*, 21 (2): 213-215.
- Whyte, R., Moir, T.R.G. et Cooper J.P. (1959).— Les graminées en agriculture. Etudes agricoles de la FAO, Rome, N° 42 ; 117p.
- Williamson, G. B. (1990).— Allelopathy, Koch's postulates, and the neck riddle. - In Grace, J. and Tilman, D. (ed). Perspectives on plant competition. *Academic Press*, San Diego, California, USA, pp. 143-162.
- Xiong, S.J. et Nilsson, C. (1999).— The effects of plant litter on vegetation: a meta-analysis. *Journal of Ecology*, (87): 984-994.

Yates, C.J., Norton, D.A. et Hobbs, R.J. (2000).— Grazing affects on plant cover, soil and microclimate in fragmented woodlands in South-western Australia: implications for restoration. *Australian Journal of Ecology*, (25): 36-47.

Yong-Zhong, S., Yu-Lin, L., Jian-Yuan, C. et Wen-Zhi, Z. (2005).— Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, inner Mongolia, northern China. *Catena*, 59 : 267-278.

Yong-Zhong, S., Yu-Lin, L., Jian-Yuan, C., et Wen-Zhi, Z. (2005).— Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China. *Catena*, (59): 267-278.

Yonkeu, S. (1991).— Evolution d'un écosystème sous l'effet d'une forte charge animale dans la région de l'Adamaoua au Cameroun. IVth International Regland Congress, Montpellier, France : 186-194.

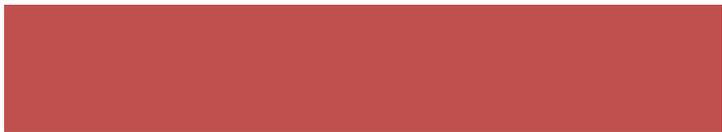
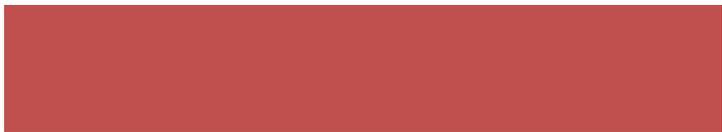
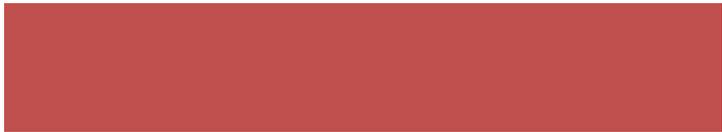
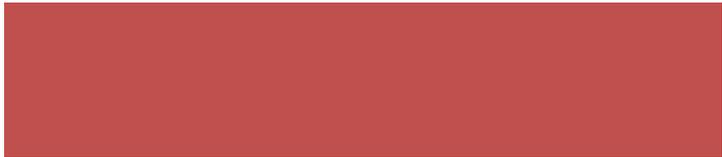
Zhang, H.M. et forde, B.G. (1998).— An A rabidopsis MADS box gene that controls nutrient induced changes in root architecture. *Science*, 279: 407-409.

Zhao, H. L., Zhou, R. L., Yong-Zhon, S., Zhang, H., Li-Ya Zhao, L.Y. et Drake, S. (2007).—Shrub facilitation of desert land restoration in the Horqin sand Land of Inner Mongolia. *J. of Ecological Engineering*, (31): 1-8.

Zhao, H.-L., Zhao, X.-Y., Zhou, R.-L., Zhang, T.-H. et Drake, S. (2005).— Desertification processes due to heavy grazing in sandy rangeland, Inner Mongolia. *J. of Arid Environments*, (62): 309-319.

Zöbisch, M., Masri, Z., Khatib, A. (1999 ).— Natural Restoration Potential of Overgrazed Slopes in Dryland Northwestern Syria. Paper presented at the Sixth International Conference on the Development of Dry Lands, 22-27 August, Cairo, Egypt.

Zucca, C., Julitta, F., et Previtali, F. (2011).— Land restoration by fodder shrubs in a semi -arid agro-pastoral ares of Morocco. Effects on soils. *Catena*, 87, 306-312.



# ANNEXE 1

## Liste des espèces

Nomenclature d'après Quezel & Santa (1962-63), avec d'éventuelle synonyme pour quelques espèces.

### Types Biologiques (TB):

<b>Ch</b>	Chamaephyte
<b>He</b>	Hémicryptophyte
<b>Ge</b>	Géophyte
<b>Th</b>	Thérophyte
<b>N ph</b>	Nanophanerophyte

### Types *sensu* Noy Meir (TNM):

<b>1</b>	Arido-passives
<b>2</b>	Arido-actives
<b>3</b>	Phréatophytes

### Type *sensu* Grime (C-S-R):

<b>C</b>	Compétitrices
<b>S</b>	Stress tolérantes
<b>R</b>	Rudérales

**Indice spécifique de qualité (*I<sub>sq</sub>*):** compris entre 0 et 10 (CRBT, 1978).

Codes	Espèces	Type biol	Isq	Type CSR	Type Noy Meir
38	<i>Achillea santolina</i> L.	He	6	CR	1
56	<i>Adonis dentata</i> Delile	Th	2	R	1
60	<i>Aegilops triuncialis</i> L.	Th	8	RC	1
126	<i>Aizoon hispanicum</i> L.	Th	2	R	1
129	<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreb.	Ch	2	S	2
150	<i>Allium cupanii</i> Raf.	Ge	3	SR	1
165	<i>Allium roseum</i> L.	Ge	3	SR	1
205	<i>Alyssum granatense</i> Boiss. & Reut.	Th	6	SR	1
206	<i>Alyssum linifolium</i> Willd.	Th	6	SR	1
207	<i>Alyssum macrocalyx</i> Coss. & Durieu	Th	6	SR	1
211	<i>Alyssum scutigerum</i> Durieu	Th	6	R	1
242	<i>Ammochloa pungens</i> (Schreb.) Boiss.	Th	8	R	1
244	<i>Ammodaucus leucotrichus</i> Coss. & Durieu	Th	3	R	1
276	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Th	4	RS/SR	1
262	<i>Anabasis articulata</i> (Forssk.) Moq.	Ch	4	S	2
268	<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	Th	6	R	1
269	<i>Anacyclus monanthos</i> subsp. <i>cyrtolepidioides</i> (Pomel) Humphries = <i>Anacyclus cyrtolepidioides</i> Pomel	Th	8	R/RS	1
308	<i>Androsace maxima</i> L.	Th	2	R	1
336	<i>Anthemis stiparum</i> Pomel = <i>Anthemis monilicostata</i> subsp. <i>stiparum</i> (Pomel) Maire	Th	4	R	1
368	<i>Anthyllis henoniana</i> Coss. = <i>Anthyllis sericea</i> subsp. <i>henoniana</i> (Coss.) Maire	Ch	4	S	2
388	<i>Anvillea garcinii</i> subsp. <i>radiata</i> (Coss. & Durieu) Anderb. = <i>Anvillea radiata</i> Coss. & Durieu	Ch	4	S	2
440	<i>Argyrolobium uniflorum</i> (Decne.) Jaub. & Spach.	He	9	CRS	1
460	<i>Stipagrostis obtusa</i> (Delile) Nees = <i>Aristida obtusa</i> Delile	He	7	CS	2
463	<i>Stipagrostis plumosa</i> (L.) De Munro ex T. Anderson = <i>Aristida plumosa</i> L.	He	7	CS	2
466	<i>Stipagrostis pungens</i> (Desf.) De Winter subsp. <i>Pungens</i> = <i>Aristida pungens</i> Desf.	He	4	RS	1
488	<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. & Kralik.	Th	6	RS	1
499	<i>Artemisia campestris</i> L.	Ch	4	RS	2
502	<i>Artemisia herba-alba</i> Asso	Ch	7	S	2
642	<i>Atriplex canescens</i>	N ph	7	SC	3
648	<i>Atriplex halimus</i> L.	N ph	8	SC	3
511	<i>Hamada scoparia</i> (Pomel) Il'jin = <i>Arthrophytum scoparium</i> (Pomel) Il'jin ex Emb. & Maire	Ch	3	S	2
519	<i>Asparagus albus</i> L.	Ch	4	S	1
543	<i>Asphodelus tenuifolius</i> Cav.	Ge	2	RS	1
561	<i>Pallenis hierichuntica</i> (Michon) Greuter = <i>Asteriscus pygmaeus</i> (DC.) Coss & Durieu	Th	3	RS	1

568	<i>Astragalus armatus</i> Willd.	Ch	3	CR	2
573	<i>Astragalus caprinus</i> L.	He	5	S/RS	1
578	<i>Astragalus corrugatus</i> Bertol. = <i>Astragalus cruciatus</i> Link	Th	7	RS	1
590	<i>Astragalus gombo</i> subsp. <i>gomboëformis</i> (Pomel) Eug.Ott = <i>Astragalus gomboëformis</i> Pomel	Th	7	RS	1
599	<i>Astragalus mareoticus</i> Delile	Th	7	RS	1
613	<i>Astragalus sinaicus</i> Boiss.	Th	7	RS	1
615	<i>Astragalus algerianus</i> E. Sheld. = <i>A. tenuifoliolosus</i> Maire	He	8	CR	1
629	<i>Atractylis cancellata</i> L.	Th	4	SR	1
634	<i>Atractylis caespitosa</i> Desf. = <i>Atractylis humilis</i> auct.	He	2	S	1
637	<i>Atractylis phaeolepis</i> Pomel	He	4	S	1
639	<i>Atractylis proliferata</i> Boiss.	Th	3	RS	1
641	<i>Atractylis serratuloides</i> Sieber ex Cass.	Ch	4	RS	1
664	<i>Avenula bromoides</i> (Gouan) H.Scholz = <i>Avena bromoides</i> Gouan	He	7	SR	1
691	<i>Bassia muricata</i> (L.) Asch	Th	1	RS	1
778	<i>Trachynia distachya</i> (L.) Link = <i>Brachypodium distachyum</i> (L.) P. Beauv.	Th	7	SR/SC	1
834	<i>Bromus rubens</i> L.	Th	5	SR	1
839	<i>Bromus squarrosus</i> L.	Th	7	SR	1
873	<i>Bupleurum semicompositum</i> L.	Th	3	S	1
884	<i>Calendula aegyptiaca</i> Desf.	Th	6	RS	1
1003	<i>Carduncellus pinnatus</i> (Desf.) DC.	He	2	S	1
1099	<i>Catananche caerulea</i> L.	He	6	SR	1
1151	<i>Centaurea dimorpha</i> Viv.	He	4	R	1
1165	<i>Centaurea incana</i> Desf. Non Lag. Nec Ten.	He	6	R	1
1170	<i>Centaurea maroccana</i> Ball	Th	1	RS	1
1176	<i>Centaurea sicula</i> L. = <i>Centaurea nicaeensis</i> All.	Th	4	RS	1
1242	<i>Ceratocephalus falcatus</i> (L.) Pers.	Th	8	R	1
1271	<i>Blitum virgatum</i> L. = <i>Chenopodium foliosum</i> Asch.	Th	1	R	1
1288	<i>Chrysanthemum coronarium</i> L.	Th	4	RS	1
1294	<i>Heteromera fuscata</i> (Desf.) Pomel = <i>Chrysanthemum fuscatum</i> Desf.	Th	6	S/R	1
1383	<i>Cleome amblyocarpa</i> Barratte & Murb. = <i>Cleome arabica</i> auct.	Th	1	RS	1
1351	<i>Cistanche violacea</i> (Desf.) Hoffmanns. & Link = <i>Cistanche violacea</i> (Desf.) Beck	Ge	2	RS	1
1441	<i>Convolvulus supinus</i> Coss. & Kralik.	He	3	SR	1
1465	<i>Coris monspeliensis</i> L.	Ch	3	SR	1
1476	<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W.D.J.Koch	Th	6	SR	1
1558	<i>Crucianella angustifolia</i> L.	Th	4	SR/S	1
1562	<i>Crucianella patula</i> L.	Th	6	SR/S	1

1572	<i>Ctenopsis pectinella</i> (Delile) De Not.	Th	6	R	1
1583	<i>Cuscuta epithymum</i> (L.) L.	Th	0	R	1
1592	<i>Cutandia dichotoma</i> (Forssk.) Trab.	Th	6	RS	1
1616	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Ge	8	CR/RC	2
1623	<i>Cynomorium coccineum</i> L.	Ge	0	SR	1
1672	<i>Dactylis glomerata</i> L.	He	9	CR	1
1739	<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	He	6	S	1
1744	<i>Dianthus crinitus</i> Sm.	He	6	S	1
1768	<i>Dipcadi serotinum</i> (L.) Medik.	Ge	3	RS	1
1775	<i>Diploxys harra</i> (Forssk.) Boiss.	Th	4	RS	1
1812	<i>Ebenus pinnata</i> Aiton.	Ch	6	S	1
1816	<i>Echinaria capitata</i> (L.) Desf.	Th	7	R	1
1825	<i>Echinops spinosus</i> L.	Ch	1	S	1
1830	<i>Echiochilon fruticosum</i> Desf.	He	4	CS	2
1842	<i>Echium humile</i> subsp. <i>pyncnanthum</i> (Pomel) Greuter & Burdet = <i>Echium pyncnanthum</i> Pomel	Th	4	RS	1
1875	<i>Enarthrocarpus clavatus</i> Delile ex Godr.	Th	5	RS	1
1955	<i>Erodium glaucophyllum</i> (L.) L'Hér.	Th	2	RS	1
1957	<i>Erodium guttatum</i> (Desf.) Willd.	He	6	R	1
1958	<i>Erodium crassifolium</i> L'Hér. = <i>Erodium hirtum</i> Desf.	Th	6	RS	1
1971	<i>Erodium laciniatum</i> (Cav.) Willd. = <i>Erodium triangulare</i> auct.	Th	6	R/RS	1
1977	<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	Th	6	R	1
1989	<i>Eryngium ilicifolium</i> Lam.	Th	1	RS	1
2012	<i>Euphorbia calyptrata</i> Coss. & Kralik	Th	0	RS/S(SR)	1
2026	<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	He	1	S	1
2027	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Th	1	R/SR	1
2054	<i>Filago argentea</i> (Pomel) Chrtek & Holub = <i>Evax argentea</i> Pomel	Th	4	SR	1
2142	<i>Filago pyramidata</i> L. = <i>Filago spathulata</i> C.Presl	Th	3	S/SR/RS	1
2068	<i>Fagonia glutinosa</i> Delile	Th	2	RS	1
2074	<i>Fagonia scabra</i> Forssk. = <i>Fagonia microphylla</i> Pomel	Ch	2	S	1
2078	<i>Farsetia aegyptiaca</i> Turra	Ch	6	CS	2
2090	<i>Ferula cossoniana</i> Batt. & Trab.	He	2	S	1
2169	<i>Frankenia pulverulenta</i> L.	Th	1	S	1
2333	<i>Gladiolus communis</i> subsp. <i>byzantinus</i> (Mill.) Douin = <i>Gladiolus byzantinus</i> Mill.	Ge	4	SC	2
2336	<i>Glaucium corniculatum</i> (L.) Rudolph	Th	4	R	1
2368	<i>Gymnocarpus decandrus</i> Forssk.	Ch	5	S	2
2390	<i>Haplophyllum tuberculatum</i> (Forssk.) A.Juss.	He	1	RS	1

2395	<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F.W.Schmidt = <i>Hedypnois cretica</i> (L.)Will.	Th	6	SR	1
2409	<i>Hedysarum spinosissimum</i> L.	Th	6	R/RS	1
2419	<i>Helianthemum ledifolium</i> subsp. <i>apertum</i> (Pomel) Greuter & Burdet = <i>Helianthemum apertum</i> Pomel	Th	7	R	1
2438	<i>Helianthemum ruficonum</i> (Viv.) Spreng. = <i>Helianthemum hirtum</i> auct.	Ch	8	S(SR)	1
2443	<i>Helianthemum lippii</i> (L.) Dum.Cours. Ok	Ch	7	CR	1
2465	<i>Helianthemum virgatum</i> (Desf.) Pers.	Ch	7	R	1
2472	<i>Heliotropium bacciferum</i> Forssk.	Ch	4	S	1
2493	<i>Herniaria fontanesii</i> J. Gay	Ch	4	CS	2
2496	<i>Herniaria hirsuta</i> L.	Th	4	R	1
2524	<i>Hippocrepis areolata</i> Desv. = <i>Hippocrepis bicontorta</i> Loisel	Th	8	RS	1
2527	<i>Hippocrepis multisiliquosa</i> L.	Th	8	RS	1
2534	<i>Hippocrepis biflora</i> Spreng. = <i>Hippocrepis unisiliquosa</i> auct.	Th	8	RS	1
2561	<i>Hordeum murinum</i> L.	Th	5	RS(R)	1
2637	<i>Ifloga spicata</i> (Forsk.) Sch. Bip.	Th	4	RS	1
2664	<i>Moraea sisyrinchium</i> (L.) Ker Gawl. = <i>Iris sisyrinchium</i> L.	Ge	3	R	1
2713	<i>Juncus maritimus</i> Lam.	Ge	1	C	1
2754	<i>Rostraria litorea</i> (All.) Holub = <i>Koeleria pubescens</i> P.Beauv.	Th	7	S/RS	1
2763	<i>Koelpinia linearis</i> Pall.	Th	8	RS	1
2792	<i>Lappula patula</i> (Lehm.) Gürke = <i>Lappula redowskii</i> (Horn.) Greene	Th	7	R	1
2827	<i>Launaea acanthoclada</i> Maire = <i>Launaea lanifera</i> Pau	Ch	4	S	2
2833	<i>Launaea nudicaulis</i> (L.)Hook. f.	Th	6	RS	1
2835	<i>Launaea resedifolia</i> (L.) Kuntze	Th	8	RS	1
2885	<i>Leontodon hispidulus</i> (Del.) Boiss.	Th	7	S	1
2904	<i>Lepidium subulatum</i> L.	Ch	3	S	2
2953	<i>Limonium sinuatum</i> (L.) Mill.	Th	4	S	1
2965	<i>Kickxia aegyptiaca</i> (L.) Nábelek = <i>Linaria aegyptiaca</i> (L.) Dum. Cors.	Ch	5	S	1
3070	<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	Th	9	RC	1
3075	<i>Lonchophora capiomontana</i> Durieu	Th	6	R	1
3108	<i>Lotus halophilus</i> Boiss. & Spruner = <i>Lotus pusillus</i> Viv.	Th	7	R	1
3136	<i>Lygeum spartum</i> L.	Ge	5	CS	2
3171	<i>Malva aegyptia</i> L. = <i>Malva aegyptiaca</i> L.	Th	6	RS	1
3175	<i>Malva parviflora</i> L.	Th	4	SR/S	1
3192	<i>Marrubium deserti</i> De Noé	Ch	5	CS	2
3204	<i>Otolyphis pubescens</i> (Desf.) Pomel = <i>Matricaria pubescens</i> (Desf.) Sch. Bip.	Th	6	RS	1
3210	<i>Matthiola longipetala</i> subsp. <i>livida</i> (Delile) Maire	Th	7	RS	1
3229	<i>Medicago laciniata</i> Mill.	Th	9	RS	1

3240	<i>Medicago secundiflora</i> Durieu	Th	9	R	1
3246	<i>Ogastemma pusillum</i> (Coss. & Durieu ex Bonnet & Barratte) Brummitt = <i>Megastoma pusillum</i> Coss. & Durieu ex Bonnet & Barratte	Th	6	S	1
3262	<i>Melilotus indicus</i> (L.) All.	Th	1	R	1
3294	<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz = <i>Micropus bombycinus</i> Lag.	Th	3	R	1
3300	<i>Minuartia campestris</i> L.	Th	5	R	1
3335	<i>Moricandia arvensis</i> (L.) DC.	Ch	5	RS	1
3342	<i>Muricaria prostrata</i> (Desf.) Desv.	Th	5	RS	1
3344	<i>Muscari comosum</i> (L.) Miller	Ge	1	SR/CS	1
3418	<i>Noaea mucronata</i> (Forsk.) Asch & Schweinf.	Ch	3	S	2
3422	<i>Nonea micrantha</i> Boiss.et Reuter = <i>Nonnea micrantha</i> Boiss.et Reuter	Th	5	S	1
3514	<i>Ononis natrix</i> L.	He	6	S/RS	2
3530	<i>Ononis serrata</i> Forssk.	Th	3	S	1
3543	<i>Onopordum arenarium</i> (Desf.) Pomel = <i>Onopordon arenarium</i> (Desf.) Pomel	He	5	RS	1
3610	<i>Santolina africana</i> Jord. & Fourr. = <i>Ormenis africana</i> (Jord. & Fourr.) Litard. & Maire	Ch	6	S	2
3709	<i>Papaver hybridum</i> L.	Th	3	RS	1
3712	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Th	3	RS/SR	1
3727	<i>Paronychia arabica</i> (L.) DC.	He	3	RS	1
3731	<i>Paronychia argentea</i> Lam.	He	3	S	1
3733	<i>Paronychia chlorothyrsa</i> Murb. var. <i>chlorothyrsa</i> = <i>Paronychia capitata</i> subsp. <i>chlorothyrsa</i> (Murb.) Maire & Weiller	He	3	C	1
3747	<i>Peganum harmala</i> L.	Ch	4	CR	1
3802	<i>Phalaris minor</i> L.	Th	6	R	1
3885	<i>Deverra scoparia</i> Coss. & Durieu subsp. <i>Scoparia</i> = <i>Pituranthos scoparius</i> (Coss.et Dur.) Benth.et Hook.ex Schinz	Ch	6	RS	2
3848	<i>Picris albida</i> Ball = <i>Picris coronopifolia</i> subsp. <i>albida</i> (Ball) Maire	Th	6	RS	1
3888	<i>Plantago albicans</i> L.	He	8	CRS	1
3891	<i>Plantago ciliata</i> Desf.	Th	8	SR	1
3892	<i>Plantago coronopus</i> L.	He	8	SR/RS	1
3911	<i>Plantago ovata</i> Forsk.	Th	8	SR	1
3912	<i>Plantago afra</i> L. var. <i>afra</i> = <i>Plantago psyllium</i> L.	Th	6	SR	1
3933	<i>Poa bulbosa</i> L.	He	8	RC/SR	2
3967	<i>Polygonum equisetiforme</i> Sibth. & Sm.	He	1	CS	2
4069	<i>Pulicaria crispa</i> (Forsk.) Benth & Hook.	Ch	3	S	1
4152	<i>Reaumuria vermiculata</i> L.	Ch	3	RS	2
4159	<i>Reichardia tingitana</i> (L.) Roth	Th	6	R	1
4163	<i>Reseda alba</i> L.	Th	4	RS	1
4168	<i>Reseda decursiva</i> Forsk.	Th	4	RS	1

4170	<i>Reseda lutea</i> L.	Th	4	RS	1
4185	<i>Retama raetam</i> (Forssk.) Webb	N ph	6	CS	3
4203	<i>Rhanterium adpressum</i> Coss. & Durieu = <i>Rhanterium suaveolens</i> Desf. subsp. <i>Adpressum</i> (Coss. & Durieu) Quézel & Santa	Ch	6	CS	2
4229	<i>Rochelia disperma</i> (L.f.) Hochr.	Th	3	R	1
4231	<i>Roemeria hybrida</i> (L.)DC.	Th	3	R	1
4294	<i>Rumex vesicarius</i> L.	Th	4	RS	1
4318	<i>Saccocalyx satureioides</i> Coss. & Durieu	Ch	7	S	1
4348	<i>Salsola vermiculata</i> L.	Ch	7	S	2
4352	<i>Salvia clandestina</i> L.	He	5	CR	2
4374	<i>Salvia verbenaca</i> L.	He	6	S	2
4439	<i>Sixalix arenaria</i> (Forsskal) Greuter et Burdet = <i>Scabiosa arenaria</i> Forsskal	Th	5	S/R	1
4448	<i>Lomelosia stellata</i> (L.)Raf. = <i>Scabiosa stellata</i> L.	Th	5	R	1
4460	<i>Schismus barbatus</i> (Loefl. ex L.) Thell.	Th	7	RS	1
4497	<i>Lappula spinocarpos</i> (Forssk.) Asch. = <i>Sclerocaryopsis spinocarpos</i> (Forssk.) Brand	Th	5	S	1
4517	<i>Podospermum laciniatum</i> (L.) DC. = <i>Scorzonera laciniata</i> L.	He	7	R	1
4520	<i>Scorzonera undulata</i> Vahl	He	7	RS	1
4555	<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau	Ch	2	S/SC	1
4572	<i>Senecio gallicus</i>	Th	7	SR	1
4698	<i>Silene setacea</i> Viv.	Th	6	R	1
4702	<i>Silene tridentata</i> Desf.	Th	6	R	1
4705	<i>Silene villosa</i> Forssk.	Th	3	R	1
4732	<i>Sisymbrium runcinatum</i> Lag.ex DC.	Th	5	R	1
4799	<i>Spergularia diandra</i> (Guss.) Boiss.	Th	5	R	1
4850	<i>Stipa barbata</i> Desf.	He	7	S	2
4853	<i>Stipa parviflora</i> Desf.	He	8	CS	2
4856	<i>Stipa capensis</i> Thunb = <i>Stipa retorta</i> Cav.	Th	8	RS	1
4857	<i>Stipa tenacissima</i> L.	Ge	4	S	2
4896	<i>Telephium imperati</i> L.	He	3	R	2
4923	<i>Teucrium polium</i> L.	Ch	6	SC/S/RS	2
4951	<i>Thapsia garganica</i> L.	He	1	S	1
4961	<i>Thesium humile</i> Vahl	Th	5	RS	1
4971	<i>Thymelaea hirsuta</i> (L.) Endl.	Ch	1	SC/RS	2
4972	<i>Thymelaea microphylla</i> Coss. et Dur.	Ch	1	SC	2
4975	<i>Thymelaea tartonraira</i> (L.) All.	N ph	1	CS	3
4980	<i>Thymus algeriensis</i> Boiss. & Reut. = <i>T. ciliatus</i> (Desf.) Benth. subsp. <i>abylaeus</i> Font Quer & Maire	Ch	7	S	1
5100	<i>Trigonella polyceratia</i> L. = <i>Trigonella polycerata</i> L.	Th	8	RS	1

5132	<i>Tulipa sylvestris</i> L.	Ge	1	SR/CS	1
5193	<i>Valerianella coronata</i> (L.)DC.	Th	7	S	1
5222	<i>Carrichtera annua</i> (L.) DC. = <i>Vella annua</i> L.	Th	4	R	1
5376	<i>Xeranthemum inapertum</i> (L.) Mill.	Th	7	R	1
5386	<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam.	N ph	4	CS	3
5392	<i>Ziziphora hispanica</i> L	Th	5	R	1

## **ANNEXE 2**

### **Photos des espèces**



*Ctenopsis pectinella* -Poaceae.



*Lygeum spartum* – Poaceae.



*Stipa tenacissima* – Poaceae.



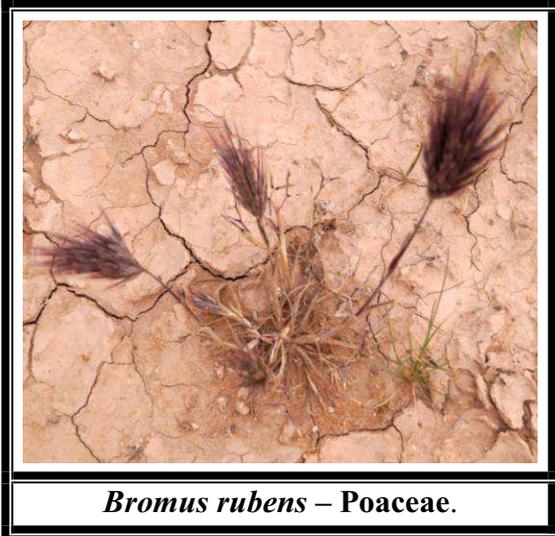
*Stipa parviflora* – Poaceae.



*Stipa retorta* – Poaceae.



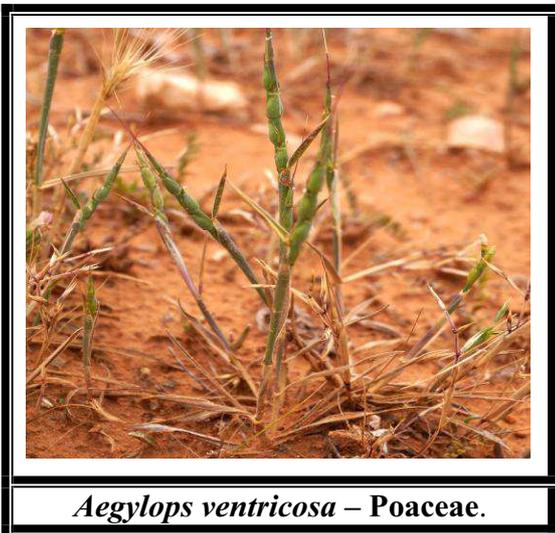
*Cutandia dichotoma* - Poaceae.



*Bromus rubens* – Poaceae.



*Bromus squarrosus* – Poaceae.



*Aegylops ventricosa* – Poaceae.



*Aegilops triuncialis* -Poaceae.



*Aristida plumosa*– Poaceae.



*Aristida obtusa*– Poaceae.



*Cynodon dactylon*– Poaceae..



*Schismus barbatus* - Poaceae.



*Ammochloa pungens* - Poaceae.



*Avena bromoides* - Poaceae.



*Poa bulbosa* – Poaceae.



*Hordeum murinum* – Poaceae.



*Dactylis glomerata* – Poaceae.



*Echinaria capitata* – Poaceae.



*Artemisia campestris* – Asteraceae.



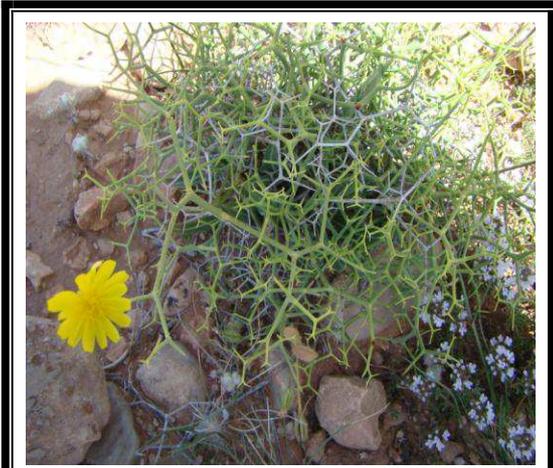
*Artemisia herba-alba* – Asteraceae.



*Launaea resedifolia*– Asteraceae.



*Launaea nudicaulis*– Asteraceae.



*Launaea acanthoclada* – Asteraceae.



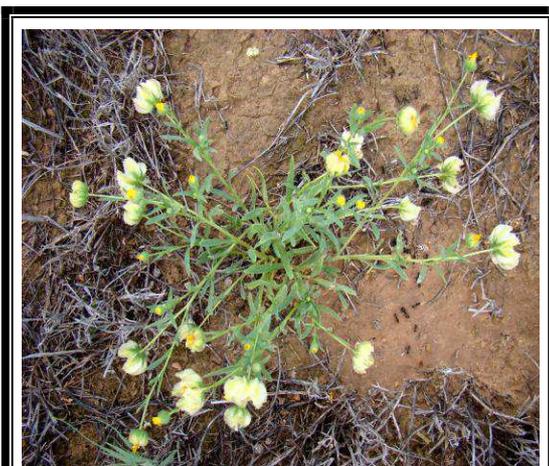
*Scorzonera undulata* – Asteraceae.



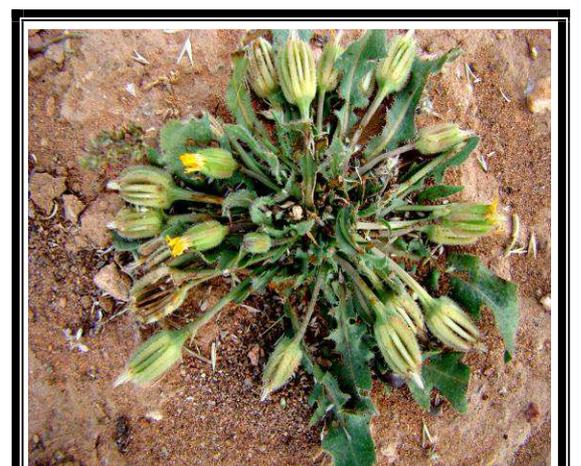
*Scorzonera laciniata* – Asteraceae.



*Leontodon hispidulus* – Asteraceae.



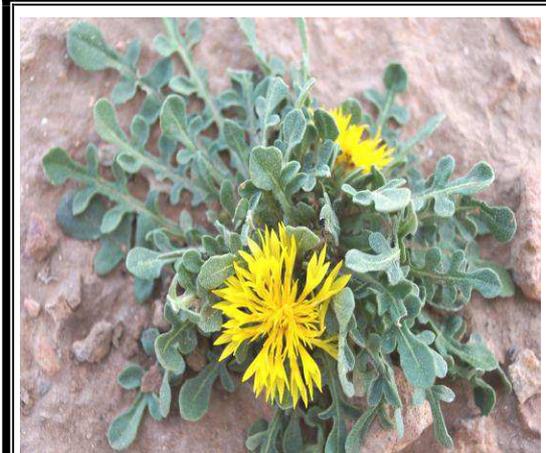
*Calendula aegyptiaca* – Asteraceae.



*Hedypnois cretica* – Asteraceae.



*Koelpinia liniaris* – Asteraceae.



*Centaurea nicaiensis* – Asteraceae.



*Centaurea marocana*– Asteraceae.



*Centaurea incana*– Asteraceae.



*Centaurea dimorpha*



*Santolina africana* – Asteraceae.



*Achillea santolina* – Asteraceae.



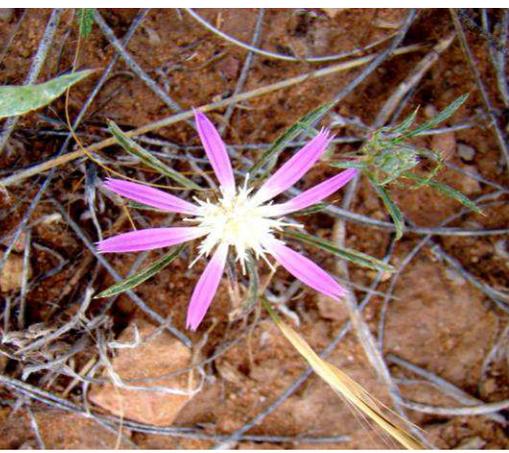
*Atractylis humilis* – Asteraceae.



*Atractylis phaeolepis* – Asteraceae.



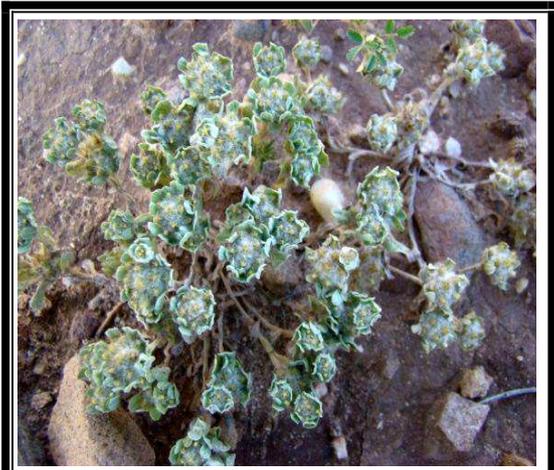
*Atractylis serratuloides* – Asteraceae.



*Atractylis prolifera* – Asteraceae.



*Atractylis flava* – Asteraceae.



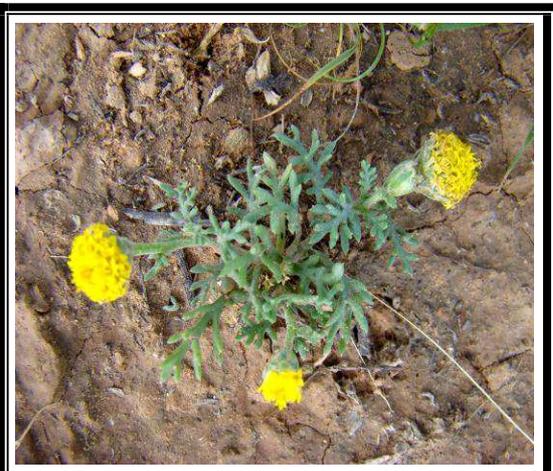
*Filago spatulata* – Asteraceae.



*Evax pygmaea* - Asteraceae.



*Anthemis stiparum* – Asteraceae.



*Anacyclus cyrtolepidioides* – Asteraceae.



*Asteriscus pygmaeus* – Asteraceae



*Reichardia tingitana* – Asteraceae.



*Picris albida* – Asteraceae.



*Catananche caerulea* – Asteraceae.



*Carduncellus pinnatus* – Asteraceae.



*Micropus bombycinus* – Asteraceae.



*Ifloga spicata* – Asteraceae.



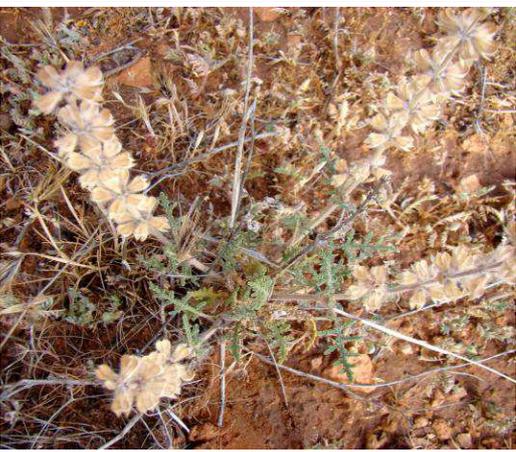
*Senecio gallicus* – Asteraceae.



*Thymus algeriensis*– Lamiaceae.



*Salvia verbenaca* – Lamiaceae.



*Salvia clandestina*– Lamiaceae.



*Teucrium polium*– Lamiaceae.



*Ziziphora hispanica*–Lamiaceae.



*Marrubium deserti* – Lamiaceae.



*Marrubium alysson* – Lamiaceae.



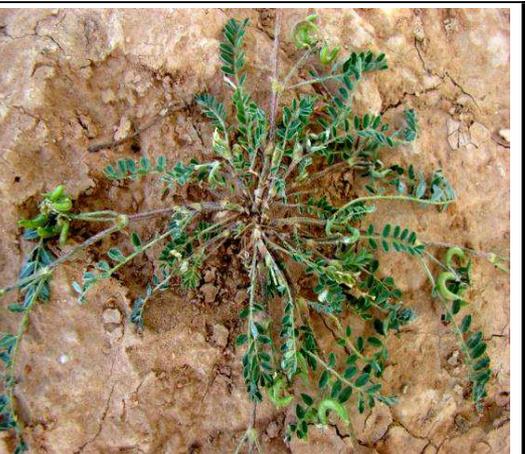
*Ajuga iva* – Lamiaceae.



*Saccocalyx satureioides* – Lamiaceae.



*Astragalus armatus* - Fabaceae.



*Astragalus mareoticus* – Fabaceae.



*Astragalus sinaicus* – Fabaceae.



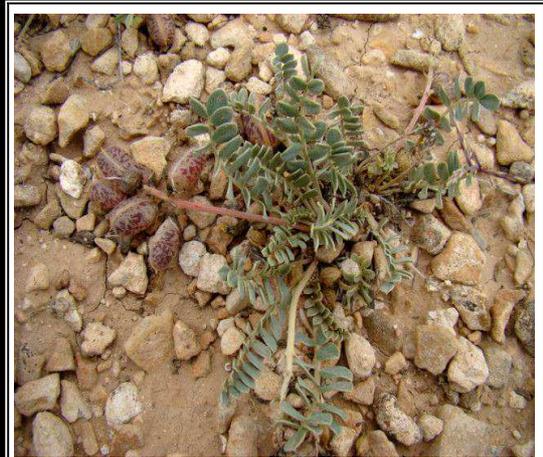
*Astragalus cruciatus* – Fabaceae.



*Astragalus tenuifolius* – Fabaceae



*Astragalus gombiformus* – Fabaceae



*Astragalus caprinus* – Fabaceae.



*Trigonella polycerata* – Fabaceae.



*Ononis natrix* - Fabaceae.



*Ononis serrata* – Fabaceae.



*Hippocrepis bicontorta* – Fabaceae.



*Hippocrepis multisiliquosa*  
– Fabaceae.



*Hedysarum spinosissimum* – Fabaceae.



*Melilotus indica* – Fabaceae.



*Retama retam* – Fabaceae.



*Lotus jolyi* – Fabaceae.



*Coronilla scorpioides* – Fabaceae.



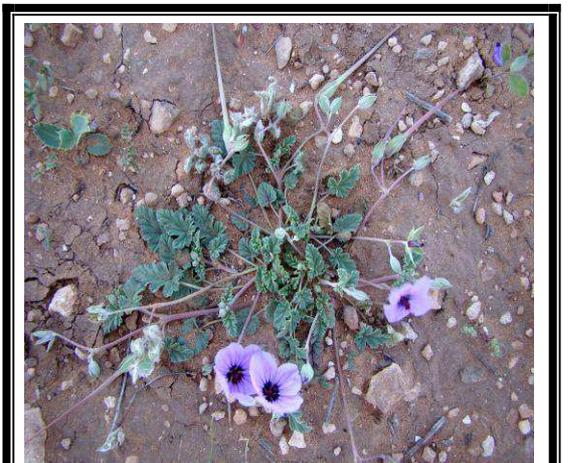
*Ebennus pinnata* – Fabaceae.



*Erodium triangulare* -  
Geraniaceae.



*Erodium crassifolium* –  
Geraniaceae.



*Erodium glaucophyllum* –  
Geraniaceae.



*Papaver hybridum* – Papaveraceae.



*Papaver rhoeas* – Papaveraceae.



*Glaucium corniculatum*  
Papaveraceae.



*Ceratocephalus falcatus*  
Papaveraceae.



*Roemeria hybrida*  
Papaveraceae.



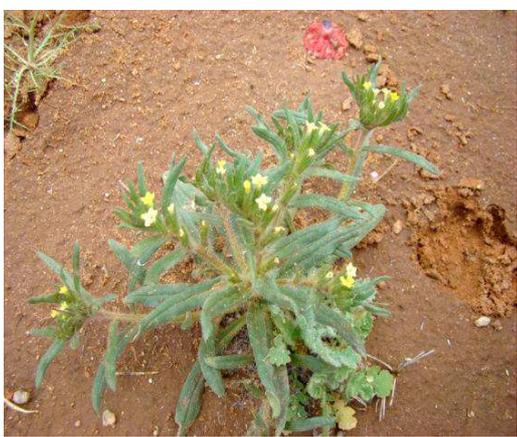
*Cynomorium coccineum*  
Cynomoriaceae.



*Adonis dentata* – Renanculaceae.



*Ranunculus bulbosus* - Renanculaceae.



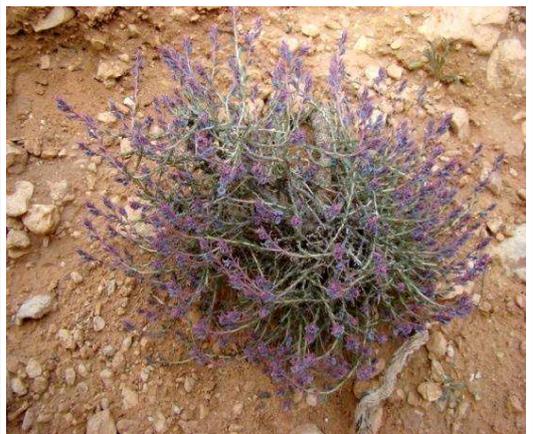
*Arnebia decumbens* – Boraginaceae.



*Lappula redowskii*- Boraginaceae.



*Sclerocaryopsis spinocarpos*  
Boraginaceae.



*Echiochilon fruticosum*  
Boraginaceae.



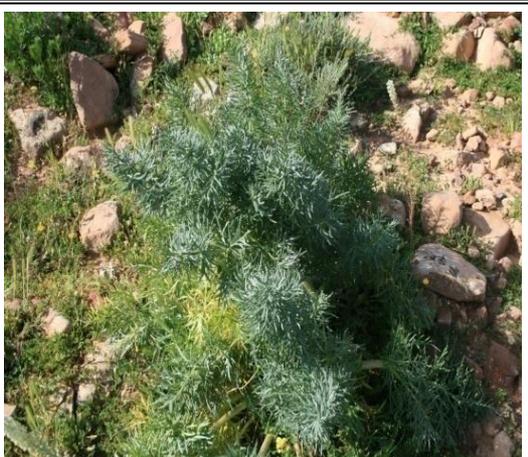
*Nonnea micrantha* - Boraginaceae.



*Echium humile* - Boraginaceae.



*Bupleurum semicompositum* –  
Apiaceae.



*Thapsia gargarica* - Apiaceae.



*Eryngium ilicifolium* – Apiaceae.



*Ferula cossoniana* - Apiaceae.



*Ammodaucus leucotrichus* –  
*Apiaceae.*



*Pituranthos chloranthus* - *Apiaceae.*



*Enarthrocarpus clavatus*  
*Brassicaceae.*



*Farsetia aegyptiaca*  
*Brassicaceae.*



*Moricandia arvensis* – *Brassicaceae.*



*Matthiola livida* – *Brassicaceae.*



*Lonchophora capiomontana* -  
Brassicaceae.



*Eruca vesicaria* - Brassicaceae.



*Alyssum macrocalyx* – Brassicaceae.



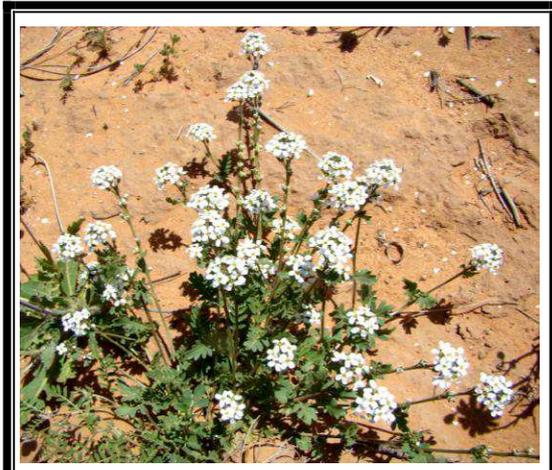
*Alyssum granatense* – Brassicaceae.



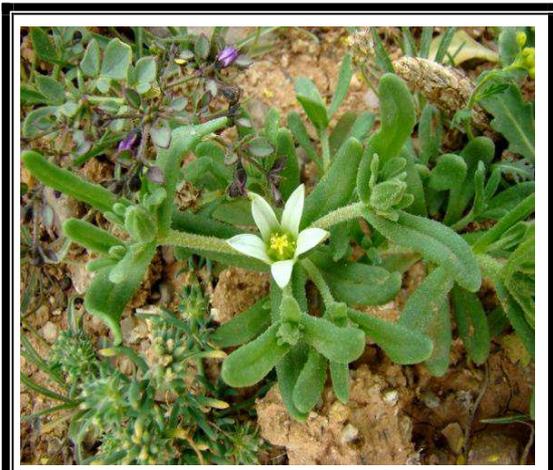
*Vella annua* – Brassicaceae.



*Malcolmia aegyptiaca* – Brassicaceae.



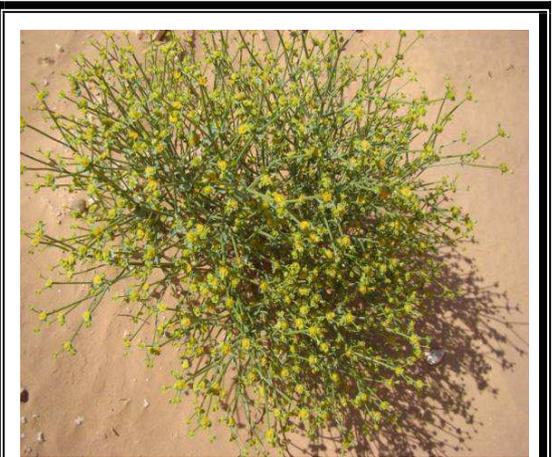
*Muricaria prostrata*  
Brassicaceae.



*Aezoon hispanicum* – Aezoaceae.



*Thesium humile* - Santalaceae



*Euphorbia gyoniana* – Euphorbiaceae.



*Euphorbia calyptata*  
Euphorbiaceae.



*Euphorbia sp* – Euphorbiaceae. .



*Ziziphus lotus* – Rhamnaceae.



*Plantago psyllium* – Plantaginaceae.



*Plantago albicans* – Plantaginaceae.



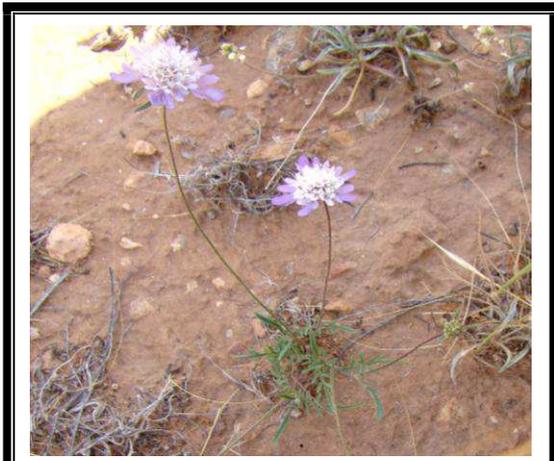
*Plantago ciliata* – Plantaginaceae.



*Plantago ovata* -Plantaginaceae.



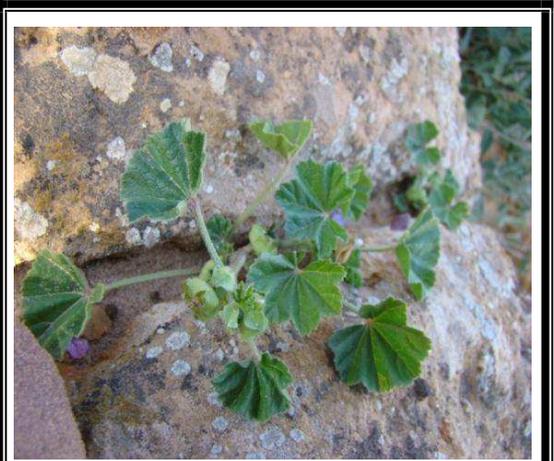
*Plantago lanceolata* – Plantaginaceae.



*Scabiosa arenaria* – Dipsacaceae.



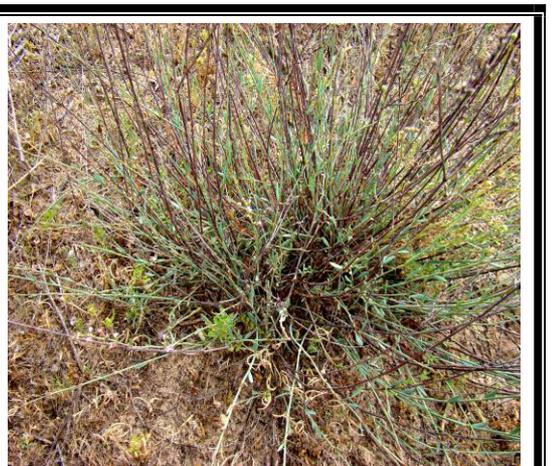
*Scabiosa stellata* – Dipsacaceae.



*Malva parviflora* – Malvaceae.



*Malva aegyptiaca* – Malvaceae.



*Polygonum equisetiforme* –  
Polygonaceae.



*Rumex vesicarius* – Polygonaceae.



*Tulipa sylvestris* –Liliaceae.



*Gladiolus communis* – Liliaceae.



*Muscari comosum* –Liliaceae.



*Allium roseum* –Liliaceae.



*Convolvulus supinus* –  
Convolvulaceae.



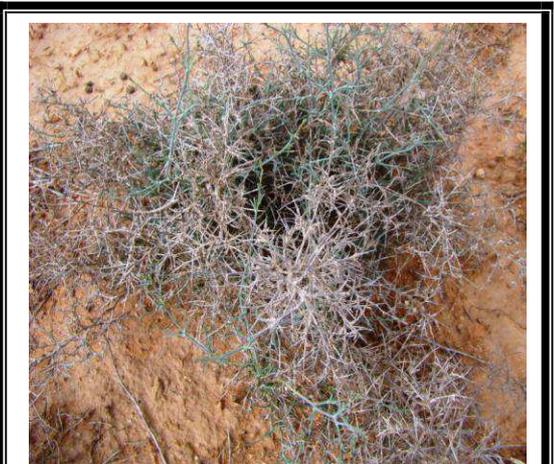
*Valerianella coronata* -  
Caprifoliaceae..



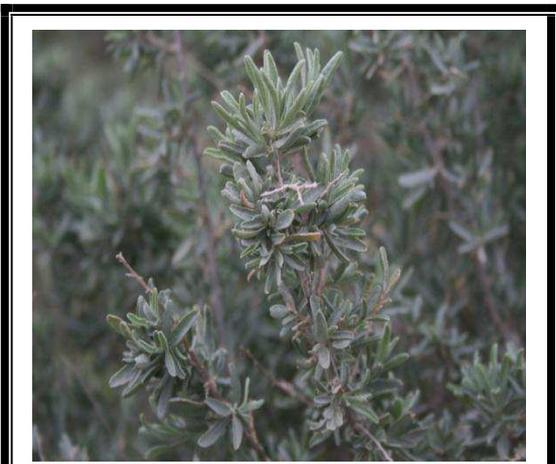
*Bassia muricata* - Chenopodiaceae.



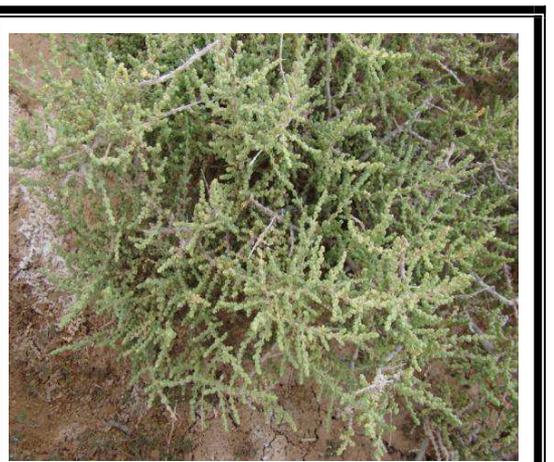
*Anabasis articulata* - Chenopodiaceae.



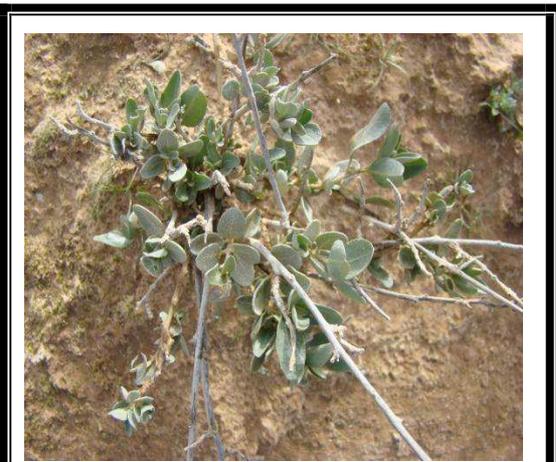
*Noaea mucronata* - Chenopodiaceae.



*Atriplex canescens*  
Chenopodiaceae.



*Salsola vermiculata*  
Chenopodiaceae.



*Atriplex halimus*  
Chenopodiaceae.



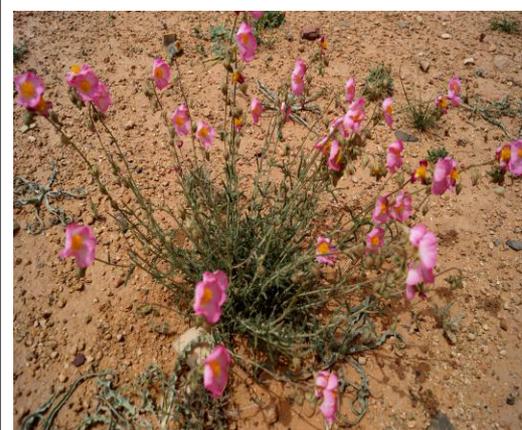
*Arthrophytum scoparium* -  
Chenopodiaceae.



*Blitum virgatum* - Chenopodiaceae.



*Helianthemum lippii* - Cistaceae.



*Helianthemum virgatum* - Cistaceae..



*Helianthemum apertum* – Cistaceae.



*Silene villosa* - Caryophyllaceae.



*Silene tridentata* -  
Caryophyllaceae.



*Silene setacea* - Caryophyllaceae



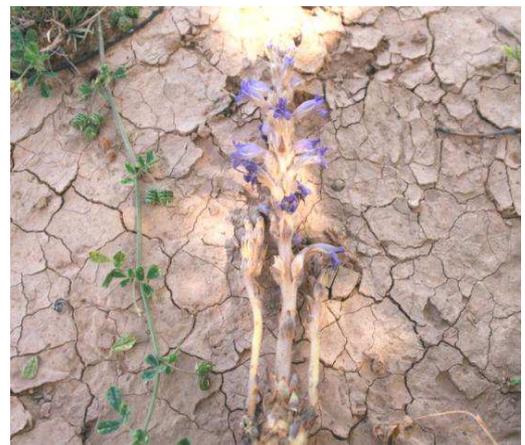
*Iris sisyrinchium* – Iridaceae.



*Sedum sediforme* 6 Crassulaceae.



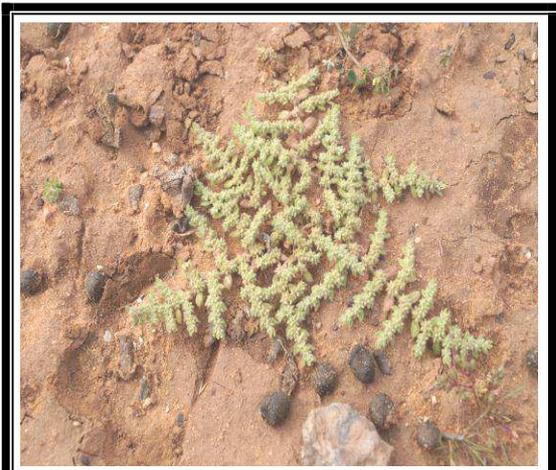
*Cistanche violacea*  
Orobanchaceae.



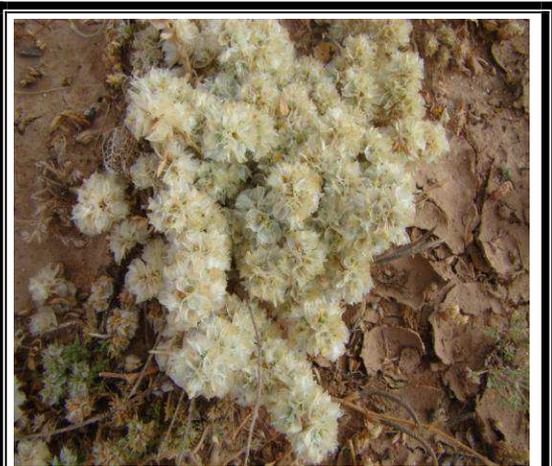
*Orobanche cernua*  
Orobanchaceae.



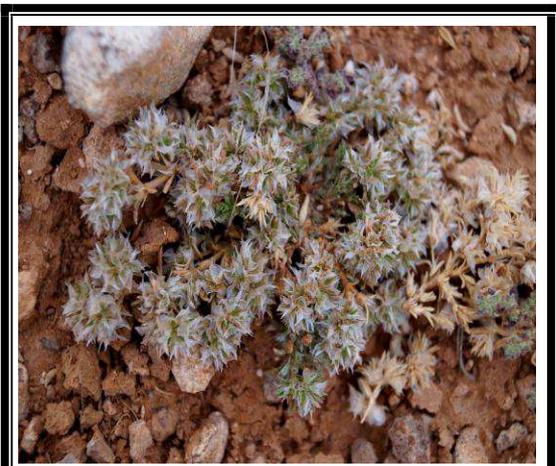
*Herniaria fontanesii* -  
Caryophyllaceae.



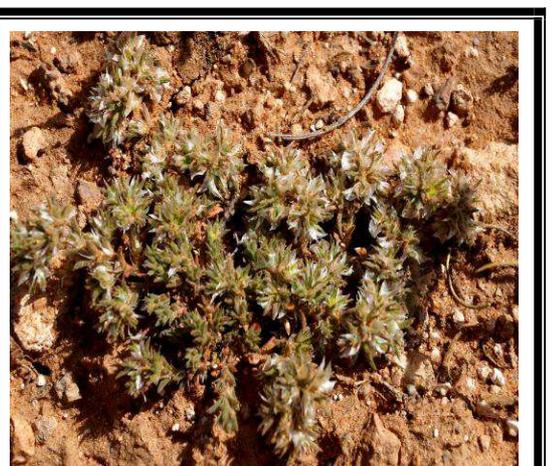
*Herniaria hirsuta* -  
Caryophyllaceae.



*Paronychia argentea* -  
Caryophyllaceae.



*Paronychia capitata* -  
Caryophyllaceae.



*Paronychia arabica* - Caryophyllaceae.



*Telephium imperati* - Caryophyllaceae.



***Gymnocarpos decander* -  
Caryophyllaceae.**



***Dianthus crinitus* - Caryophyllaceae.**



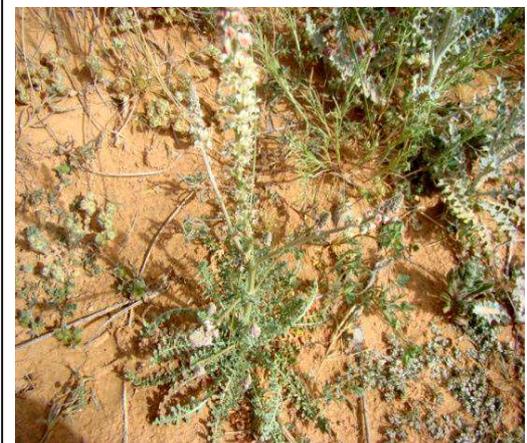
***Dianthus caryophyllus*  
Caryophyllaceae.**



***Spergularia diandra* -  
Caryophyllaceae.**



***Reseda lutea* - Resedaceae.**



***Reseda decursiva* - Resedaceae.**



*Reseda alba* - Resedaceae.



*Fagonia glutinosa* - Zygophyllaceae.



*Fagonia microphilla* - Zygophyllaceae.



*Peganum harmala* - Zygophyllaceae.



*Coris monspeliensis* - Primulaceae.



*Anagalis arvensis* - Primulaceae.



*Androsace maxima*



*Linaria* sp - *Scrophulariaceae*.



*Kickxia aegyptiaca*- *Scrophulariaceae*.



*Scrophularia saharea* -  
*Scrophulariaceae*.



*Haplophyllum tuberculatum* –  
*Rutaceae*.



*Frankenia pulverulenta*-  
*Frankeniaceae*.



*Reaumuria vermiculata*-  
Thymeliaceae.



*Thymelaea microphylla* -  
Thymeliaceae.



*Thymelaea tartonraira* - Thymeliaceae.



*Thymelaea hirsuta* - Thymeliaceae.



*Cruciannella patula* – Rubiaceae.



*Cruciannella angustifolia*– Rubiaceae.



*Medicago secundiflora* – Fabaceae.



*Anthyllis sericea* – Fabaceae.



*Medicago laciniata* – Fabaceae.



*Argyrolobium uniformum* – Fabaceae.



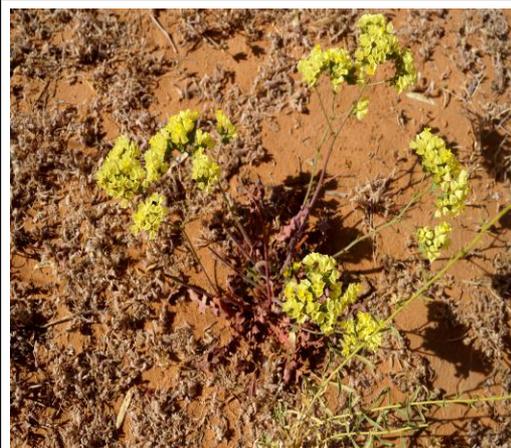
*Anvillea radiata* – Asteraceae.



*Xeranthemum inapertum* – Asteraceae.



*Rhanterium adpressum* – Asteraceae.



*Limonium suniatum* –  
Plombaginaceae.



*Lepidium subulatum* –Brassicaceae.



*Sisymbrium runcinatum* –  
Brassicaceae.



*Cleome Arabica* – Capparidaceae.



*Stipa barbata* – Poaceae.

## ÉVALUATION DES EFFETS DU CONTRÔLE DE PÂTURAGE DANS DES PARCOURS STEPPIQUES ARIDES EN ALGÉRIE

N. SALEMKOUR<sup>1,2</sup>, A. AIDOU<sup>2,3\*</sup>, K. CHALABI<sup>2</sup> & A. CHEFROUR<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Badji Mokhtar. Annaba, Algérie. E-mail: salemkour\_bio@yahoo.fr

<sup>2</sup> Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA). Biskra, Algérie. E-mail: k\_chalabi@yahoo.fr.

<sup>3</sup> UMR Ecobio, Université de Rennes 1. France

<sup>4</sup> Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mohamed Cherif Messaadia. Souk Ahras (41000) Algérie. E-mail: azchefrouur@yahoo.fr

\* Pour la correspondance: ahmed.aidoud@gmail.com

**SUMMARY.**— *Assessment of the effects of the control of grazing system in grazed arid steppic rangelands in Algeria.*— Facing the degradation that the steppe in Algeria suffered, the grazing system using deferred grazing, introduced recently, is an effective means to control and manage the grazed ecosystems of steppic rangelands. Three sites have been studied to assess in each of them, the effects of the managed grazing on ecosystem in comparison to the free grazed ones. The composition and plant species diversity, surface soil conditions and forage quality in controlled areas, showed improvement compared with the freely grazed land. In the present work and usually regarding similar assessment tasks, conditions and sampling design are dictated by a request made much later after the grazing management set-up. The need of such a management in the arid rangelands and the sampling method are discussed.

**RÉSUMÉ.**— Face à la dégradation dont souffre la steppe en Algérie, la mise en repos, introduite récemment, représente un moyen efficace de contrôle et de gestion des écosystèmes pâturés des parcours steppiques arides de cette région. Trois sites ont été étudiés en vue d'évaluer dans chacun d'eux les effets de l'exclusion du pâturage suivie d'une gestion en pâturage contrôlé par rapport à un usage libre. La composition et la diversité floristique de la végétation, l'état de surface du sol et la qualité fourragère des espaces contrôlés, montrent une amélioration par rapport aux terrains pâturés librement. La nécessité d'un tel aménagement dans les parcours steppiques arides ainsi que la méthode d'échantillonnage dans ce genre d'évaluation sont discutées.

---

La désertification des terres arides est une préoccupation mondiale qui n'a jusqu'à maintenant trouvé que très peu de solutions (Grainger, 2015). Elle est définie comme « la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines » (UNCCD, 1994). Durant les quatre dernières décennies, les parcours des Hautes Plaines steppiques en Algérie ont été très fortement dégradés (Aidoud *et al.*, 2006 ; Nedjraoui & Bedrani, 2008) dans un contexte économique, social et politique en changement.

Les analyses phytoécologiques effectuées depuis les années 1950 (*e.g.* Ozenda, 1954 ; Celles, 1975 ; Djebaili, 1978 ; Pouget, 1980) ont dressé les patrons d'assemblage et de distribution des groupements steppiques et de leur milieu. Des travaux se sont orientés vers des investigations sur le fonctionnement depuis les années 1970 (Aidoud, 1989 ; Nedjraoui, 1990). La surveillance continue a fait ressortir l'importance de la variabilité saisonnière et interannuelle du fonctionnement dans les principaux écosystèmes steppiques (Aidoud, 1989). La surveillance sur des gradients de pression pâturage ont, autour de ces sites, permis de mesurer l'importance des effets du surpâturage sur la dynamique de la végétation et du sol (Zemiti, 2001 ; Slimani *et al.*, 2010). En moins de 10 ans, par exemple, dans le site de surveillance d'Alfa (*Stipa tenacissima*), le

couvert des pérennes s'est réduit de 57 %, la matière organique de 23 à 63 % et les argiles et limons fins entre 28 et 87 % selon les niveaux de prélèvement (Aidoud *et al.*, 1999). La destruction de *S. tenacissima* dominante (Aidoud & Touffet, 1996) s'est accompagnée de l'extinction de plusieurs espèces et l'installation de nombreuses autres favorisées par la présence d'animaux et l'ensablement accrus. Des processus de dégradation mais légèrement différents ont été décrits également dans les steppes de sparte et d'armoïse (Aidoud *et al.*, 2011 ; Lahmar-Zemiti & Aidoud, 2016).

Durant des siècles, la région de la steppe, a connu un élevage pastoral ovin comme usage dominant (Boukhobza, 1982 ; Bedrani, 1994). Selon les statistiques algériennes, 60 à 80 % du cheptel ovin est élevé dans la steppe. Entre les années 1960 et 2000, ce cheptel a été multiplié par quatre. Cette croissance, parmi les plus rapides dans le Nord de l'Afrique, s'est déroulée dans un contexte de régression des ressources fourragères naturelles durant l'une des plus longues périodes de déficit pluviométrique à l'échelle du siècle et avec une production de fourrage steppique évaluée à moins de 30 % des besoins du cheptel (Boutonnet, 1991 ; Aidoud *et al.*, 2006).

Le facteur principal de dégradation des parcours steppiques en Algérie est ainsi le surpâturage dont l'efficacité est exacerbée durant les périodes sèches. Depuis les années 1970, la disponibilité d'aliments de bétail subventionnés par le gouvernement, s'ajoutant à celle des transports et des soins vétérinaires (Bensouïah, 2003 ; Khaldi, 2014) ont permis une pression pastorale presque permanente sur ces parcours. Les cultures, essentiellement céréalières, qui ont demeuré longtemps marginales sont en extension, réduisant les espaces destinés au pâturage transhumant (Bencherif, 2011). Un des effets de cette évolution est le changement d'usage des plantes pérennes steppiques. *S. tenacissima* en est l'exemple typique. Marquant encore le paysage durant les années 1970, les « mers » d'alfa de glacis ont pratiquement disparu par surpâturage (Aidoud & Nedjraoui, 1992 ; Aidoud & Touffet, 1996).

L'Algérie, afin de faire face à la dégradation des parcours steppiques, a engagé des projets d'aménagements pastoraux dès les années 1960 et 1970 mais dont les résultats n'ont pas été à la hauteur des attentes, voire avec des effets pervers (Bensouïah, 2003). Créé en 1981, le HCDS (Haut-Commissariat au Développement de la Steppe) est chargé de promouvoir une gestion durable des parcours pastoraux steppiques. D'après le HCDS, sur un total de 15 à 20 millions d'hectares de parcours, environ 50 % sont dégradés à très dégradés (10 %). L'approche actuelle du HCDS dans ces steppes dégradées a été de procéder à une restauration passive par interdiction de pâturage durant quelques années. Leur réouverture au pacage contrôlé, par la suite, utilise une démarche alternant durant une même année pâturage et repos. Cette pratique connue sous le nom de pâturage différé, a été décrite en Écosse par James Anderson au XVIII<sup>ème</sup> siècle (Voisin, 1957). Presque abandonnée dans les steppes d'Algérie, cette pratique est très ancienne et a été la plus utilisée traditionnellement dans les parcours pastoraux arides africains. C'est le « ngitili » en Tanzanie (Selemani *et al.*, 2013), « mahmia » au Moyen-Orient, « gdal » ou « h'ma » au Maghreb.

De nombreux travaux ont décrit les effets positifs du contrôle de pâturage, en particulier sur la biodiversité et les propriétés du sol, dans les milieux arides ou semi-arides : dans le Nord de l'Afrique en général (Le Houérou, 1969 ; Le Floc'h, 2001), en Algérie (Amghar *et al.*, 2012), en Tunisie (Floret & Pontanier, 1982 ; Chaieb, 1989 ; Bendali *et al.*, 1990 ; Le Floc'h *et al.*, 1995 ; Ouled Sidi Mohamed *et al.*, 2002 ; Ferchichi & Abdelkebir, 2003 ; Abdallah *et al.*, 2012), au Maroc (Acherkoug & El Houmaïzi, 2013), en Afrique, dans le Nord de l'Éthiopie (Yayneshet *et al.*, 2009 ; Mengistu *et al.*, 2005), dans le N.-W. de la Tanzanie (Selemani *et al.*, 1913). Cependant, ce contrôle du pâturage impose la limitation de la mobilité du cheptel, caractéristique du nomadisme et de la transhumance. Cette mobilité est considérée (Westoby *et al.*, 1989 ; Thébaud & Batterbury, 2001 ; Folke *et al.*, 2005) comme une stratégie adaptative vitale et « opportuniste » pour l'utilisation optimale des ressources fourragères. Avec des ressources faibles et dispersées dans l'espace et dans le temps, le déplacement des animaux serait obligatoire, bien

adapté et ne nuirait pas à l'intégrité des écosystèmes (*e.g.* Ellis & Swift, 1988 ; Behnke & Kerven, 1994). Pour Bailey & Brown (2011), le fourrage serait limité par les précipitations plutôt que par la fréquence de pâturage et la mise au repos ne serait pas toujours utile. Cette controverse soulevée depuis des décennies (Briske *et al.*, 2011), est alimentée également par les éleveurs transhumants habitués à l'exploitation collective et quasi-libre des parcours steppiques.

L'objectif du présent travail est l'évaluation des effets des pratiques de mises au repos et de pâturage différé dans trois parcours steppiques du Centre-Ouest de la steppe en Algérie. Il s'agit d'abord d'une demande des gestionnaires pour fournir une aide à la décision en vue de contrôler la mise en œuvre des actions. La demande d'évaluation arrivant tardivement par rapport au démarrage de ces actions, il s'agit également de discuter l'efficacité et l'utilité de tels aménagements et l'approche pour une telle évaluation.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'étude a porté sur trois sites steppiques sur glacis répartis le long d'un gradient d'aridité entre Aflou et Laghouat, stations météorologiques les plus proches, avec respectivement 294 mm et 157 mm de pluviométrie annuelle moyenne (Tab. I). Dans chacun des sites, deux steppes mitoyennes ont été échantillonnées, l'une soumise à un pâturage aménagé (A) et l'autre à un pâturage libre (L).

TABLEAU I.

*Localisation et conditions pluviométriques des sites d'étude*

	Latitude/Longitude	Altitude (m)	Pmoy (mm.an <sup>-1</sup> )	cv	Étage climatique	P(2011-12)
Laghouat	33,797°/02,870°	750	157	43%	Aride inférieur frais	162 mm
Aflou	34,112°/02,099°	1400	292	35%	Semi-aride inférieur froid	418 mm*

- Site **H** (El-Houaita, 33,63 N ; 2,48°E). Il s'agit d'un parcours steppique à Remth (*Arthrophytum scoparium*), à une altitude moyenne de 920 m et à 40 km à l'Ouest de Laghouat. Il comporte deux unités : HA est un parcours de 3000 ha mis en défens pour une restauration passive en 2003 et géré par pâturage différé depuis 2008 ; HL est un parcours soumis à un pâturage libre.

- Site **S** (Sidi Bouzid, 34,33°N ; 2,26°E.). Il s'agit ici d'une steppe semi-aride d'Alfa (*Stipa tenacissima*) des Hautes Plaines steppiques à 30 km au N.-E. d'Aflou et à 1300 m d'altitude avec un terrain (SA) de 2500 ha placé en restauration passive en 1995, aménagé depuis 1999. La steppe mitoyenne SL est un parcours libre.

- Site **G** (Guellet Sidi Saad, 34,2°N ; 1,96°E) proche du précédent (altitude d'environ 1100), est une steppe d'Alfa et d'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*). L'unité GA de 3100 ha, mise en défens à partir de 2003, a été mise sous pâturage aménagé à partir de 2008. La deuxième unité GL est un parcours libre.

Dans les steppes arides centrales et occidentales en Algérie, la continentalité et l'altitude élevée créent des conditions de fonctionnement relativement rudes en raison du froid de l'hiver et de la chaleur et la sécheresse de l'été. Au plan fonctionnel et spécifiquement dans ces conditions, les plantes sont divisées en pérennes (ou *arido-actives*) et éphémères (ou *arido-passives*) *sensu* Noy-Meir (1973) et Evenari (1985). Les premières maintiennent des organes photosynthétiques en période sèche alors que les deuxièmes, entrant en dormance, sont soit des thérophytes soit des petites vivaces dont la partie épigée se dessèche (herbacées) ou qui perd ses feuilles (petites chaméphytes). La nomenclature botanique utilisée est celle de Quézel & Santa (1962-1963).

L'état écologique est évalué sur la base d'un certain nombre de fonctions ou attributs vitaux de l'écosystème tels que l'édaphisme, la biodiversité et la production fourragère. Pour ces fonctions, les indicateurs utilisés sont :

- les caractères de surface en tant qu'indicateurs édaphiques ;
- la composition et la diversité spécifique ;
- le couvert (ou fréquence) global ou par espèce dont la corrélation a été testée avec la biomasse au pic de végétation, avec l'indice valeur pastorale (*cf. infra*) ainsi qu'avec la pluviométrie.

Les modèles utilisés pour ces relations fonctionnelles ont été extraits des résultats du suivi à long terme obtenus par Aidoud (1989).

### ÉCHANTILLONNAGE

Dans chacun des trois sites et à l'optimum de végétation (avril 2012), 20 placettes, prises au hasard, ont été échantillonnées : 10 à l'intérieur de l'espace aménagé et 10 à l'extérieur dans l'espace mitoyen, ouvert au libre pacage.

L'évaluation part ici de l'hypothèse d'une homogénéité de l'état écologique initial dans les espaces aménagés et dans ceux maintenus sous pâturage libre. Le principe retenu dans le présent travail pour l'évaluation est ainsi de comparer dans ces deux espaces l'état de la végétation, la diversité végétale et les états de surface.

Chaque relevé a été réalisé sur une surface de 1,6 x 20 m, soit 32 m<sup>2</sup>, aire optimale retenue dans la végétation steppique du Sud-Oranais (Bouakkaz, 1976). La technique linéaire par points (Daget & Poissonnet, 1971) a été utilisée pour évaluer l'état du couvert végétal et, en l'absence de végétaux, les autres éléments de la surface du sol : litière (LIT), éléments grossiers (ELG, taille > 2mm), sol nu ou pellicule de glaçage (PEL) et sable (SAB). La présence d'un de ces éléments est notée tous les 10 cm le long d'un ruban gradué de 20 m tendu au-dessus de la végétation, soit 200 points de lecture. La liste de présence des espèces est complétée dans l'ensemble des 32 m<sup>2</sup>.

La fréquence relative de chaque élément (espèce végétale ou élément du sol nu) par rapport aux 200 points d'observation de chaque relevé est assimilée au recouvrement de cet élément. Le recouvrement global de la végétation (RG) est égal à la fréquence de points de végétation.

La contribution d'une espèce  $i$  ( $CS_i$ ), par rapport à la somme des fréquences de l'ensemble des espèces, est assimilée à la probabilité de présence de cette espèce  $p_i$ , laquelle est utilisée pour calculer l'indice de diversité de Shannon  $H'$  :

$$H' = - \sum p_i * \log_2 p_i$$

L'indice d'équitabilité EQ (Piérou, 1966) :

$$EQ = H'/H'_{\max}$$

avec  $H'_{\max} = \log_2 S$  et  $S$  le nombre d'espèces (ou richesse) de chaque relevé.

Cet indice représente une valeur relative par rapport à la diversité maximale et permet de mieux comparer plusieurs stations. Il sera exprimé en pourcentage et utilisé seul dans les analyses.

La qualité de l'offre fourragère est exprimée par l'indice de valeur pastorale (IVP) sur la base de l'indice de qualité  $Is_i$  affecté à chaque espèce pérenne selon son appétibilité.  $Is$  est un « score » allant de 1 (plante non consommée) à 10. Un score moyen de 6 a été utilisé pour toutes les éphémères. L'affectation des indices a été établie sur une base bibliographique (Le Houérou & Ionesco, 1973), complétée par des enquêtes auprès des éleveurs et par nos propres observations (Aidoud, 1989). Pour chaque relevé, est calculée une valeur IVP :

$$IVP = 0,1 * \sum CS_i * Is_i$$

Cette formule, ayant été établie (Daget & Poissonnet, 1972) pour des prairies avec un couvert souvent proche de 100 %, le biais dû au sol nu est négligeable. Pour la végétation steppique dont le couvert dépasse rarement 50 %, la formule a été adaptée en introduisant une pondération (Aidoud *et al.*, 1983) comme suit :

$$IVP = 0,1 * RG * \sum CS_i * Is_i \quad (\text{avec RG sous sa forme décimale } \leq 1)$$

L'indice IVP permet d'évaluer la production fourragère qui lui est corrélée ( $p < 0,001$ ) selon un ajustement logarithmique (modèle puissance) établi par Aidoud (1989) intégrant 579 stations steppiques du Centre-Ouest.

## ANALYSES STATISTIQUES

En vue d'une visualisation de la distribution des différents sites étudiés une analyse des données floristiques a été réalisée par NMDS (*non-metric multidimensional scaling*), une analyse par positionnement multi-dimensionnel non-paramétrique qui permet une ordination basée sur une matrice de dissimilarité entre les objets analysés. Il s'agit d'une statistique de rangs par ordre de distance. NMDS est reconnue comme une technique efficace pour les données ne suivant pas une distribution définie. Elle peut utiliser différents indices et des variables qualitatives, quantitatives ou mixtes. Dans le cas présent, NMDS utilise l'indice de distance de Bray-Curtis/Sorensen et la fonction *metaMDS* du package *Vegan* sous R version 3.2.3. (<http://r-forge.r-project.org/projects/vegan>; Oksanen, 2013). La valeur « stress » mesure la différence entre les distances dans l'espace réduit obtenu par l'ordination et celles dans l'espace pluridimensionnel d'origine. Les valeurs de stress élevées (> 0,35) indiquent la possibilité que les objets soient disposés de façon aléatoire et sans relation avec leurs positions d'origine (Clarke, 1993). La fonction *envfit* du package *Vegan* permet d'intégrer les variables (ou vecteurs ou gradients environnementaux) dans l'ordination comme aide à l'interprétation. Les vecteurs sont représentés par des flèches dont la pointe est orientée dans la direction des changements les plus rapides pour la variable considérée (intensité du gradient) et la longueur est proportionnelle à la corrélation entre l'ordination et cette variable (longueur du gradient).

Afin de dresser un tableau floristique montrant les assemblages d'espèces à travers les trois sites, une classification hiérarchique a été réalisée à l'aide du programme TWINSPAN intégré dans le logiciel Juice (Tichý, 2002).

Les comparaisons des paramètres évalués dans le pâturage sous contrôle et libre dans chaque site ont été réalisées à l'aide du test de Student.

## RÉSULTATS

Un total de 90 espèces a été relevé dans les trois sites. L'analyse a porté sur une matrice de 60 relevés sur 81 espèces (*cf.* Annexe). Les espèces de faible fréquence (< 3 %) dans chaque relevé et présentes qu'une seule fois dans l'ensemble des relevés, ont été éliminées. Ceci a permis, après plusieurs essais, d'obtenir une ordination moins dispersée et de meilleure valeur de stress (0,21).

L'analyse NMDS ne donne que les deux premiers axes (Fig. 1). L'axe 1 distingue, sur la base de la composition floristique, le site H (partie négative) des deux autres sites (S et G).

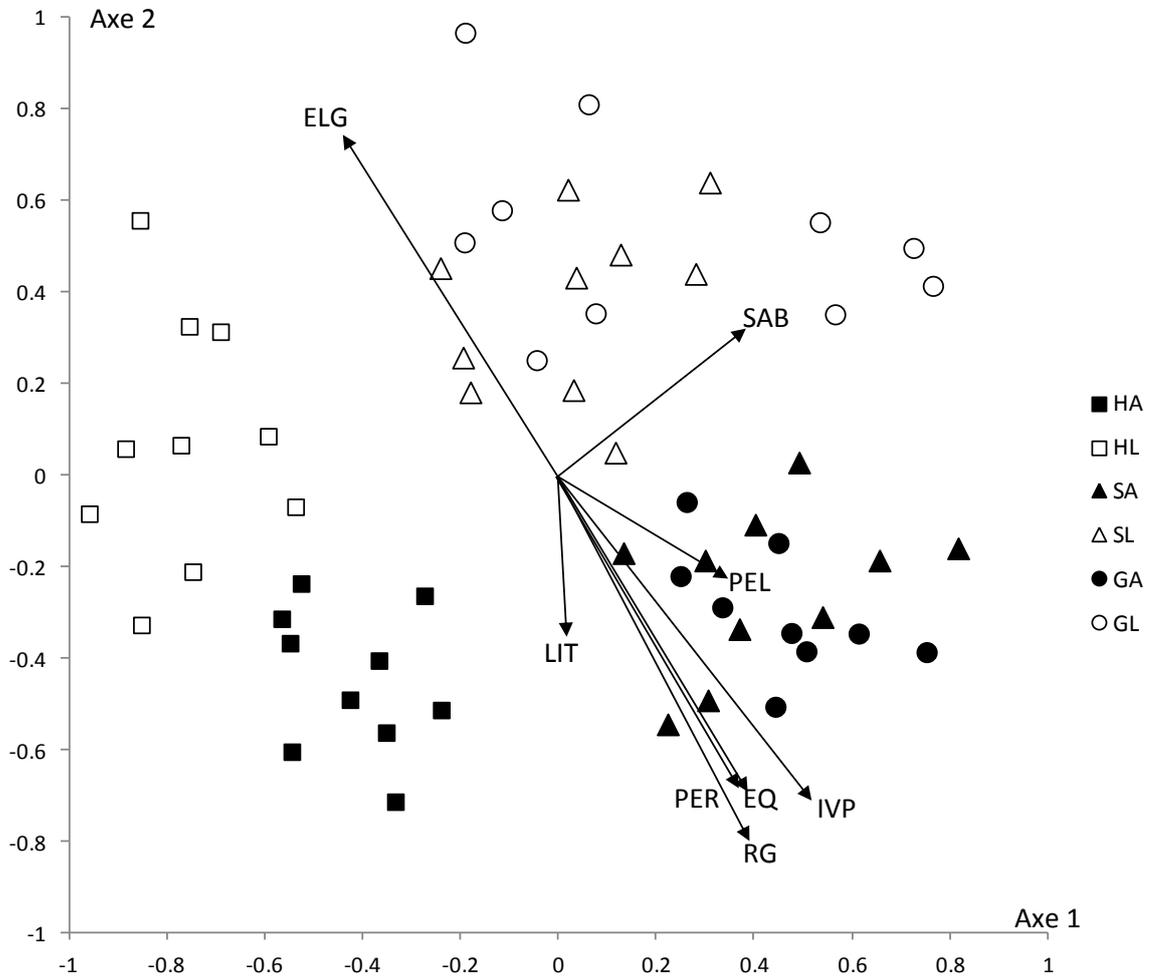


Figure 1.— NMDS relevés-espèces en présence absence. Distribution des relevés dans les différents sites et modalités d'usage.

Les figurés pleins correspondent aux parcours contrôlés pour les trois sites : El Houeita = HA, Sidi Bouzid = SA et Gueltet = GA. Les autres figurés correspondent aux parcours libres respectivement HL, SL et GL. Les flèches correspondent aux variables introduites dans l'analyse : litière (LIT), éléments grossiers (ELG), sol nu ou pellicule de glaçage (PEL), sable (SAB), couvert végétal global (RG), couvert des pérennes (PER), indice de diversité-équité (EQ) et la valeur pastorale (IVP). La flèche dont la pointe donne la position de la variable exprime l'importance et le sens de la corrélation de cette variable avec les éléments de l'ordination.

Au sein de chaque site, l'analyse sépare, selon l'axe 2, les parcours aménagés dans la partie négative et libres dans la partie positive de l'axe 2 pour la plupart.

Les variables des états de surface, de diversité et de valeur pastorale présentent toutes une corrélation significative (Tab. II), ce qui indique leur intervention significative dans l'ordination des stations échantillonnées et des sites.

Le vecteur « éléments grossiers » s'orientant vers HL et celui de l'ensablement plutôt vers GL, les autres variables sont orientées vers les espaces aménagés avec les indicateurs litière, diversité, couvert végétal et valeur pastorale. Les variables pellicule (PEL) et litière (LIT) présentent des corrélations moins significatives ( $0,05 < p < 0,01$ ).

Le tableau floristique (Annexe) obtenu par classification, donne une vue générale de la répartition des espèces à travers les trois sites. Ce tableau, comme la figure 1, distingue le site H par rapport aux deux autres et place les espaces aménagés (A) de l'ensemble des sites en position centrale. Notons que près de 30 % des espèces sont communes aux sites H, S et/ou G. 25 % sont exclusives des espaces aménagés. Sans être exclusives, d'autres espèces parmi les plus fréquentes, comme *Stipa parviflora*, *Argyrolobium uniflorum*, *Anacyclus cyrtolepidioides* et *Plantago albicans*, montrent une abondance plus grande dans ces espaces.

TABLEAU II

Corrélation des variables introduites dans l'analyse NMDS

Variable	r <sup>2</sup>	Signif.
LIT	0.1184	*
PEL	0.1642	*
SAB	0.2469	***
ELG	0.7559	***
RG	0.7785	***
PER	0.5937	***
EQ	0.5890	***
IVP	0.7575	***

Pour la légende voir Fig. 1. Signification des corrélations: \* =  $p < 0,05$  ; \*\* =  $p < 0,01$  ; \*\*\* =  $p < 0,001$

TABLEAU III

Comparaison des moyennes (entre A et L) pour l'ensemble des variables utilisées

	HA	HL	diff.	SA	SL	diff.	GA	GL	diff.
Richtot	16 ± 1	10 ± 1	***	22 ± 3	12 ± 1	***	29 ± 1	13 ± 1	***
Richeph	13 ± 1	8 ± 1	***	18 ± 2	10 ± 1	***	25 ± 1	10 ± 1	***
H	3,1±0.1	2,9 ± 0.3	ns	3,5 ± 0.2	3,2 ± 0.2	**	3,7 ± 0.2	3,1 ± 0.2	**
EQ	78 ± 2	86 ± 4	*	79 ± 3	88 ± 4	**	76 ± 3	84 ± 4	*
LIT	7 ± 2	7 ± 1	ns	7 ± 2	6 ± 2	ns	9 ± 2	5 ± 1	*
PEL	6 ± 2	6 ± 1	ns	13 ± 1	7 ± 1	***	8 ± 2	5 ± 2	*
ELG	24 ± 1	59 ± 2	***	5 ± 1	56 ± 2	***	5 ± 2	53 ± 2	***
SAB	4 ± 2	7 ± 2	ns	8 ± 1	7 ± 2	ns	9 ± 3	10 ± 1	ns
IVP	23 ± 1	9 ± 1	***	29 ± 1	14 ± 1	***	31 ± 1	14 ± 1	***
RG	59 ± 1	22 ± 1	***	68 ± 1	24 ± 1	***	69 ± 1	28 ± 2	***
PER	24 ± 2	10 ± 2	***	31 ± 6	9 ± 2	***	28 ± 5	10 ± 2	***
EPH	35 ± 1	12 ± 2	***	37 ± 5	15 ± 3	***	41 ± 4	18 ± 3	***

Les moyennes sont données avec leur intervalle de confiance ( $p = 0,05$ ). Richtot : richesse floristique totale ; Richeph : richesse en espèces éphémères ; H : indice de diversité (Shannon) ; EQ : équitabilité (%) ; fréquences des éléments de surface (%) : LIT : litière ; PEL : pellicule de battance ; ELG : éléments grossiers ; SAB : sable ; IVP : indice de valeur pastorale ; fréquences / recouvrement de la végétation : RG : total vegetation ; PER : des pérennes ; EPH : des éphémères. Sites : El Houeita (H) ; Sidi Bouzid (S) et Gueltet (G). Mode de gestion : A : aménagement avec pâturage différé ; L : pâturage libre. Signification de la différence (diff.) \*\*\* :  $p < 0,001$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \* :  $p < 0,05$  ; ns : non significatif ( $p \geq 0,05$ ).

Dans chacun des sites, la comparaison des espaces A et L (Tab. III) montre des différences significatives pour les variables exprimant la richesse spécifique, la densité ou la valeur pastorale. Le recouvrement global et ceux des pérennes et des éphémères sont toujours significativement

plus élevés dans les steppes aménagées. La richesse spécifique montre les mêmes différences ainsi que la valeur pastorale. Dans l'ensemble des situations, le tapis végétal est dominé par les éphémères. Les seules espèces pérennes relevées en quantité appréciables sont : *A. scoparium* ( $8 \pm 4$  % dans HA et  $7 \pm 4$  % dans HL  $p > 0,05$ ), *S. tenacissima* ( $16 \pm 3$  % dans SA et  $5 \pm 2$  % dans SL  $p < 0,01$ ,  $18 \pm 2$  % dans GA et  $7 \pm 2$  % dans GL  $p < 0,01$ ) et *A. herba-alba* ( $8 \pm 4$  % dans SA et 0 dans SL,  $7 \pm 4$  % dans GA et négligeable dans GL).

Parmi les éléments de surface, la couverture sableuse ne présente aucune différence significative dans chacun des sites. La différence la plus significative est celle des éléments grossiers.

## DISCUSSION

En vue de réduire l'intensité du pâturage et la dégradation qui s'en suit, de nouveaux modes de gestion pastorale ont été introduits dans les parcours steppiques en Algérie. Dans ce travail, l'efficacité des modes de pâturage mis en place par le HCDS en Algérie, a été évaluée par l'analyse de la composition floristique et de l'état de la végétation, des éléments de surface, et de l'offre fourragère dans trois parcours.

Les analyses floristiques semblent conformes aux situations éco-climatiques des sites et des usages respectifs (Le Houérou, 1969 ; Djébaïli, 1978). La particularité du site H vient de sa situation relativement plus aride. La différence moins importante dans ce site entre les situations A et L, peut s'expliquer par le fait que l'espèce dominante (*A. scoparium*) est faiblement broutée par rapport à l'alfa et l'armoise (Le Houérou & Ionesco, 1973). Ces deux dernières espèces montrent une différence significative entre espaces A et L. L'armoise aurait disparu à l'extérieur des terrains aménagés. De nombreuses espèces, indicatrices de bonnes conditions écologiques dans ces régions, y compris des steppes arborées et des matorrals (Aidoud-Lounis, 1997), sont nettement plus abondantes dans les espaces contrôlés. Parmi ces espèces, *Atractylis phaeolepis*, *Dactylis glomerata*, *Sedum sediforme* ou *Xeranthemum inapertum*. Elles ont été parmi les premières à s'éteindre suite à la destruction de *S. tenacissima* dominante (Aidoud, 1994) dans le site de surveillance continue.

Dans les parcours arides, une charge animale modérée est toujours plus favorable car elle permet plus de résilience et moins de risques écologiques (Holechek *et al.*, 1999). La surface sous contrôle, plus réduite, atténue le pâturage sélectif et par suite, la régression des espèces fourragères (Heady, 1961 ; Savory, 1983). Le pâturage différé dans les espaces contrôlés des trois sites a, semble-t-il, amélioré la biodiversité, le couvert végétal et la valeur pastorale. Le couvert plus élevé dans les espaces aménagés témoigne en particulier, d'une régénération du couvert des pérennes qui représentent un rempart contre la dégradation dans les écosystèmes arides (Le Houérou, 1992 ; Milton *et al.*, 1994 ; Aidoud & Touffet, 1996).

La production fourragère évaluée à partir de l'indice IVP, dans les trois sites serait dans un intervalle de 45 (HL) à 200 UF.ha<sup>-1</sup> (SS). Les éphémères ont une contribution plus élevée dans toutes les situations. C'est une caractéristique générale des écosystèmes arides mais cette contribution est probablement due, en grande partie ici, à la pluviométrie nettement plus élevée surtout dans les sites proches d'Aflou. Dans cette station, il est tombé 43 % plus de pluie par rapport à la moyenne durant l'année d'échantillonnage. La variabilité interannuelle de la pluviométrie est élevée (Tabl. I). Le suivi à long terme a montré que la production fourragère est fortement corrélée à la pluviométrie et montre même un coefficient de variation plus de deux fois supérieur à celui de la pluviométrie (Aidoud *et al.*, 2006). Cette variabilité est rendue encore plus importante par les éphémères, ce qui indique que la production fourragère évaluée est propre à l'année considérée. La variabilité interannuelle demeure la plus déterminante au plan de la gestion

des parcours. Aidoud (1989) a enregistré en 11 années de surveillance, un écart de production annuelle entre 10 et 510 UF.ha<sup>-1</sup> dans une steppe de Sparte (*Lygeum spartum*) où les éphémères dominent en année humide.

En année sèche l'offre fourragère est réduite et très dispersée. Dès lors, elle devrait être considérée comme nulle et son exploitation inappropriée. Le maintien du pâturage dans les espaces libres en période sèche est dramatique pour les pérennes qui, par définition, arrivent à persister. Malgré leurs faibles réserves et valeur alimentaire en cette période, ces plantes y sont surconsommées. Ces espaces ouverts sont déjà réduits par les cultures dont les surfaces augmentent (Khaldi, 2014) et le risque d'y voir le surpâturage s'accroître est réel et a été signalé dès les années 1940 (e.g. Moore *et al.*, 1946). Les espaces gérés par le HCDS avec l'accord des assemblées communales constituent d'ores et déjà des sites de démonstration et de vulgarisation attestant des avantages de l'aménagement : régénération des espèces pérennes importante voire même parfois des germinations exceptionnelles d'alfa y ont été observées. La dégradation, au vu de ces avantages, commence à être perçue, y compris par les éleveurs, comme due à l'homme et ses troupeaux et pas seulement à la sécheresse.

Parmi les paramètres du sol sans couverture végétale, seule la fréquence des éléments grossiers semble présenter une réelle signification. L'ensablement est qualifié d'indicateur de désertification (Le Houérou, 1969) mais ne peut pas être retenu ici comme indicateur efficace de dégradation. La dégradation avec ensablement est souvent complexe à analyser. Elle est surtout visible durant et juste après de longues périodes sèches. Le sable peut être déplacé rapidement en laissant apparaître les éléments grossiers du sol comme ce serait le cas ici de SL et GL. Il peut être fixé pour un temps et améliorer la production fourragère tout en réduisant à terme la biodiversité et la qualité du sol (Slimani *et al.*, 2010). Durant les premiers stades, le voile éolien de faible épaisseur favorise une flore diversifiée et de bonne qualité fourragère grâce aux conditions édaphiques, à la fois préexistantes et nouvelles (Floret & Pontanier, 1982 ; Aidoud, 1994).

Avec une longue histoire d'usage pastoral, le pâturage devient un processus normal dans le fonctionnement de l'écosystème. Le pâturage peut, dans certains cas, améliorer la biodiversité, la qualité du pâturage, la production et la survie des plantes fourragères, y compris durant les sécheresses (Holechek *et al.*, 2006). Ainsi, c'est l'arrêt du pâturage qui, parfois, devient source de dysfonctionnement (Laycock, 1991 ; Amiaud *et al.*, 1996). Mise en défens, l'Armoise blanche par exemple développe du bois aux dépens des pousses vertes (Aidoud, 1989) et dépérit. Le broutage d'une plante stimule sa croissance par effet dit « compensatoire » (McNaughton, 1983) mais le processus a été controversé (Belsky, 1986 ; Chase *et al.*, 2000) car cela dépend de la quantité prélevée. Cependant, les effets positifs du pâturage ont été décrits le plus souvent dans des milieux à pluviométrie annuelle supérieure à 400 mm (Le Floc'h *et al.*, 1998 ; Perevolotsky & Seligman, 1998).

Sous climat aride, la mobilité du cheptel ressort comme une nécessité car elle permet une adaptation aux variations climatiques comme décrit au Turkana (Ellis & Swift, 1988) ou dans le Haut Atlas marocain (Davis, 2005). Dans les parcours pastoraux steppiques qui ont longtemps obéi à cette pratique, l'augmentation de la démographie humaine, de la pression de pâturage et des pratiques spéculatives, ont conduit à une saturation de l'espace pastoral qui a tendance de fait à réduire cette mobilité et à engendrer un surpâturage comme décrit ailleurs en Afrique (Randall, 2005 ; Sørbo, 2003 ; Khaldi, 2014).

Il est connu que le surpâturage modifie profondément l'écosystème (Dregne, 1983 ; Milchunas *et al.*, 1988 ; Westoby *et al.*, 1989 ; Milchunas & Lauenroth, 1993). Le surpâturage et le piétinement qu'il induit sont connus pour dégrader la végétation et le sol (Thurow *et al.*, 1988 ; Aidoud *et al.*, 1999 en Algérie). Le surpâturage (*sensu-stricto*) correspond au dépassement d'un certain taux de prélèvement de matériel végétal au-delà duquel, tout autre facteur égal par ailleurs, la plante ne peut plus renouveler ses ressources. Pour Bowers (1993), les pressions intermédiaires

de pâturage, en référence à la théorie de Grime (1973), ont les meilleurs impacts sur certaines fonctions clés. Pour certains types de végétation, un taux de prélèvement peut être fixé : 40 % en moyenne pour les « prairies » de l'Ouest des États-Unis (Holechek *et al.*, 2006), de 15 à 75 % pour les pousses vertes de *A. herba-alba* (Aidoud, 1989) et 30 à 70% pour une steppe de *Rhantherium suaveolens* (Hadjej, 1975) en fonction de la période et de la contribution des autres espèces. Lorsque, dans l'exploitation de la végétation par pâturage, certains seuils sont dépassés, il s'agit d'essayer de renverser ou d'atténuer la tendance. Cependant, ces seuils ne sont pas connus avec précision et dépendent fortement de l'état de la végétation, des conditions écologiques locales et du moment de l'évaluation. Les nombreux travaux sur les effets du pâturage, du surpâturage ainsi que des actions d'aménagement, ont fourni des résultats variés et parfois contradictoires mais montrent surtout l'extrême complexité des processus fonctionnels impliqués. Les analyses, en particulier dans les parcours arides, des effets des différents modes de gestion demeurent insuffisantes ou controversées (Bigger & Marvier, 1998 ; Holechek *et al.*, 2006 ; Briske *et al.*, 2008, 2011 ; Teague *et al.*, 2008 ; Hanke *et al.*, 2014). Ces auteurs reprochent aux nombreux travaux sur l'efficacité des modes de pâturage de n'avoir pas considéré les effets sur l'ensemble des attributs fondamentaux de l'écosystème, ce qui rend discutable la généralisation des résultats.

Pour de nombreux exemples au Maghreb (Ouled Sidi Mohamed *et al.*, 2002 ; Ferchichi & Abdelkebir, 2003 ; Acherkouk & El Houmaizi, 2013), la nécessité d'une évaluation ne s'est faite sentir que plusieurs années après la mise en place des aménagements. La principale lacune est ainsi l'état initial, référence indispensable à toute évaluation (Aidoud & Clément, 2014). Le présent travail a porté sur des parcours 4 à 12 ans après qu'ils aient été soumis à un aménagement. Même en supposant des conditions d'homogénéité à l'installation du dispositif de contrôle de pâturage, il est difficile d'attribuer avec certitude les meilleures conditions écologiques constatées au seul mode de gestion. L'amélioration peut n'être qu'apparente car, théoriquement, l'approche adoptée, dans des conditions particulières d'usage et de pluviométrie, ne permet qu'un constat de différence entre deux situations. Les valeurs de certains paramètres dans les espaces aménagés peuvent n'être plus élevées qu'en raison d'une dégradation accrue dans l'espace extérieur d'une part, soumis à une pression plus élevée et d'autre part devenu plus restreint. Ainsi aucun des espaces, extérieur ou intérieur, ne peut être considéré comme « témoin » dans une telle démarche d'évaluation. Or, il est important de maîtriser les mécanismes dynamiques induits par les modes de gestion afin de pouvoir détecter les facteurs et les processus impliqués, autrement dit les « manettes » qui devraient être actionnées en vue de l'amélioration de la gestion des parcours (Wilson, 1986).

## CONCLUSION

L'introduction d'un nouveau mode de gestion des parcours pastoraux steppiques en Algérie a vite fait sentir la nécessité d'une évaluation d'où une demande pressante des gestionnaires. Le contrôle de charge semble améliorer l'état de santé des écosystèmes ayant fait l'objet d'une gestion aménagée du pâturage dans la steppe d'Algérie. Le présent travail confirme les observations réalisées et les résultats obtenus dans d'autres travaux : la dégradation est ralentie et la régénération de la composante pérenne du tapis végétal est visible dans ces écosystèmes. Ceci atteste, dans de nombreux cas, que la dégradation ne semble pas irréversible. Les indicateurs d'une certaine amélioration ne permettent pas cependant de déceler tous les mécanismes impliqués sans lesquels aucune généralisation n'est possible. La complexité du fonctionnement et de la dynamique de ces écosystèmes impose des protocoles et dispositifs expérimentaux et une surveillance à long terme en sites permanents, conditions indispensables pour mieux tester des différents traitements qu'introduit un nouveau mode de gestion pastorale.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Edouard Le Floc'h ainsi que les relecteurs anonymes pour leurs corrections, remarques et conseils pertinents, le CRSTRA (Biskra) dans le cadre duquel ce travail a été réalisé et financé et le HCDS qui nous a ouvert ses périmètres aménagés et permis les investigations pour l'évaluation dans de bonnes conditions.

## RÉFÉRENCES

- ABDALLAH, F., NOUMI, Z., OULED-BELGACEM, A., MICHALET, R., TOUZARD, B. & CHAIEB, M. (2012).—The influence of *Acacia tortilis* (Forssk.) ssp. *raddiana* (Savi) Brenan presence, grazing, and water availability along the growing season, on the understory herbaceous vegetation in southern Tunisia. *J. Arid Envir.*, 76: 105-114.
- ACHERKOUK, M. & EL HOUMAIZI, M.A. (2013).— Évaluation de l'impact des aménagements pastoraux sur la dynamique de la production des pâturages dégradés au Maroc oriental. *Ecol. Mediterr.*, 39: 69-84.
- AIDOU, A. (1989).— *Les écosystèmes pâturés des hautes plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales*. Thèse doct. État, Université des Sciences et Technologies H. Boumediène, Alger.
- AIDOU, A. (1994).— Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie. Cas de la steppe d'Alfa (*Stipa tenacissima* L.). *Paralelo 37*, 16: 33-42.
- AIDOU, A. & CLÉMENT, B. (2014).— Évaluation fonctionnelle des zones humides. Pp 183-215 in: B. Bouzillé (ed.), *Ecologie des zones humides*. Lavoisier, Paris.
- AIDOU, A., LE FLOC'H, E. & LE HOUÉROU, H.N. (2006).— Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17: 19-30.
- AIDOU, A. & NEDJRAOUL, D. (1992).— The steppes of Alfa (*Stipa tenacissima* L.) and their utilisation by sheep. In : C.A. Thanos (ed.). *Plant-animal interactions in Mediterranean type ecosystems*. Proceedings of MEDECOS VI, ATHENS.
- AIDOU, A., NEDJRAOUL, D., DJEBAILI, S. & POISSONET, J. (1983).— Évaluation des ressources pastorales dans les Hautes-Plaines steppiques du Sud-Oranais : productivité et valeur pastorales des parcours. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, Nov. Sér. 13: 33-46.
- AIDOU, A., SLIMANI, H., AIDOU-LOUNIS, F. & TOUFFET, J. (1999).— Changements édaphiques le long d'un gradient d'intensité de pâturage dans une steppe d'Algérie. *Ecol. Mediterr.*, 25: 163-171.
- AIDOU, A., SLIMANI, H. & ROZÉ, F. (2011).— La surveillance à long terme des écosystèmes arides méditerranéens : quels enseignements pour la restauration ? Cas d'une steppe d'Alfa (*Stipa tenacissima* L.) en Algérie. *Ecol. Mediterr.*, 37: 17-32.
- AIDOU, A. & TOUFFET, J. (1996).— La régression de l'Alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 3: 187-193.
- AIDOU-LOUNIS, F. (1997).— *Le complexe alfa-armoise-sparte* (*Stipa tenacissima* L., *Artemisia herba-alba* Asso., *Lygeum spartum* L.) des steppes arides d'Algérie : structure et dynamique des communautés végétales. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille.
- AMGHAR, F., FOREY, E., MARGERIE, P., LANGLOIS, E., BROURI, L. & KADI-HANIFI, H. (2012).— Grazing enclosure and plantation: a synchronic study of two restoration techniques improving plant community and soil properties in arid degraded steppes (Algeria). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 67: 257-269.
- AMIAUD, J.B., BOUZILLE, J.B. & TOURNADE, F. (1996).— Conséquences agro-écologiques de la suppression du pâturage dans les communaux du Marais Poitevin (France). *Acta Bot. Gall.*, 143: 421-430.
- BAILEY, D.W. & BROWN, J.R. (2011).— Rotational grazing systems and livestock grazing behavior in shrub-dominated semi-arid and arid rangelands. *Range. Ecol. Manage.*, 64:1-9.
- BEDRANI, S. (1994).— La place des zones steppiques dans la politique agricole algérienne. *Paralelo 37*, 16: 43-52
- BEHNKE, R. & KERVEN, C. (1994).— Redesigning for risk: tracking and buffering environmental variability in Africa's rangelands. *Natural Resource Perspectives*, 1: 1-8.
- BELSKY, A.J. (1986).— Does herbivory benefit plants? A review of the evidence. *Am. Nat.*, 127: 870-892.
- BENCHERIF, S. (2011).— *L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne. Évolution et possibilités de développement*. Thèse Doct, AgroParisTech, Paris.
- BENDALI, F., FLORET, C., LE FLOC'H, E. & PONTANIER, R. (1990).— The dynamics of vegetation and sand mobility in arid regions of Tunisia. *J. Arid Envir.*, 18: 21-32.
- BENSOUIAH R. (2003).— *Pasteurs et agro-pasteurs du semi aride algerien : entre tradition et modernité. le cas de Djebel Amour*. Thèse Doct, Université Paris X (Paris-Nanterre).
- BIGGER, D.S. & MARVIER, M.A. (1998).— How different would a world without herbivory be? A research for generality in ecology. *Integrative Biol.*, 1: 60-67.

- BOUAKAZ, A. (1976).— *Contribution à la détermination de l'aire minimale des formations à Stipa tenacissima*. Mémoire de DEA, Université d'Alger.
- BOUKHOBZA, M. (1982).— *L'agro-pastoralisme traditionnel en Algérie : de l'ordre tribal au désordre colonial*. Office de Publication, Université d'Alger.
- BOUTONNET, J.-P. (1991).— Production de viande ovine en Algérie. est-elle encore issue des parcours ? Pp 906-908 In : A.Gaston, M. Kernick & H.-N. Le Houérou (eds). *Actes du IVe Congrès International des Terres de Parcours*. Montpellier, France.
- BOWERS, M.A. (1993).— Influence of herbivorous mammals on an old-field plant community: years 1-4 after disturbance. *Oikos*, 67: 129-141.
- BRISKE, D.D., DERNER, J.D., BROWN, J.R., FUHLENDORF, S.D., TEAGUE, W.R., HAVSTAD, K.M., GILLEN, R.L., ASH, A.J., & WILLMS, W.D. (2008).— Rotational grazing on rangelands: Reconciliation of perception and experimental evidence. *Range. Ecol. Manage.*, 61: 3-17.
- BRISKE, D.D., SAYRE, N.F., HUNTSINGER, L., FERNANDEZ-GIMENEZ, M., BUDD, B. & DERNER, J.D. (2011).— Origin, persistence, and resolution of the rotational grazing debate: integrating human dimensions into rangeland research. *Range. Ecol. Manage.*, 64: 325-334.
- CELLES, J.C. (1975).— *Contribution à l'étude de la végétation des confins saharo-constantinois (Algérie)*. Thèse Doct., Université de Nice.
- CHAIIB, M. (1989).— *Influence des réserves hydriques du sol sur le comportement comparé de quelques espèces végétales de la zone aride tunisienne*. Thèse, Université des Sciences et Techniques de Languedoc, Montpellier.
- CHASE, J.M., LEIBOLD, M.A., DOWNING, A.L. & SHURIN, J.B. (2000).— The effects of productivity, herbivory, and plant species turnover in grassland food webs. *Ecology*, 81: 2485-2497.
- CLARKE, K.R. (1993).— Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Austr. J. Ecol.*, 18: 117-143.
- DAGET, P. & POISSONET, J. (1971).— Une méthode d'analyse phytoécologique des prairies : Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22: 5-41.
- DAGET, P. & POISSONET, J. (1972).— Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. *Fourrages*, 49: 31-39.
- DAVIS, D.K. (2005).— Indigenous knowledge and the desertification debate: problematising expert knowledge in North Africa. *Geoforum*, 36: 509-524.
- DJEBAILL, S. (1978).— *Recherches phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des Hautes Plaines steppiques et de l'Atlas Saharien algériens*. Thèse Doct., Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- DREGNE, H.E. (1983).— *Desertification of arid lands*. New York Hardwood Academic Publisher.
- ELLIS, J.E. & SWIFT, D. (1988).— Stability of African pastoral ecosystems: Alternate paradigms and implications for development. *J. Range. Manage.*, 41: 450-459.
- EVENARI, M. (1985).— Adaptations of plants and animals to the desert environment. Pp 79-92 In: M. Evenari *et al.* (eds.). *Ecosystems of the world. Vol. 12B: Hot deserts and arid shrublands*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- FERCHICHI, A. & ABDELKEBIR, S. (2003).— Impact de la mise en défens sur la régénération et la richesse floristique des parcours en milieu aride tunisien. Science et changements planétaires. *Sécheresse*, 14: 181-187.
- FLORET, C. & PONTANIER, R. (1982).— *L'aridité en Tunisie présaharienne. Climat, sol, végétation et aménagement*. Travaux et documents de l'ORSTOM, n°150, Paris.
- FOLKE, C., HAHN, T., OLSSON, P. & NORBERG, J. (2005).— Adaptive governance of social-ecological systems. *Ann. Rev. Envir. and Res.*, 30: 441-473.
- GRAINGER, A. (2015).— Is land degradation neutrality feasible in dry areas? *J. Arid Envir.*, 112: 14-24.
- GRIME, J. P. (1973).— Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature*, 242: 344-347.
- HADJEI, M.S. (1975).— *Résultats préliminaires des essais de mesure de la production secondaire d'un parcours*. Atelier MAB/EMASAR, Sfax.
- HANKE, W., BÖHNER, J., DREBER, N., JUERGENS, N., NORBERT, J., SCHMIEDEL, U. & WESULS, D. (2014).— The impact of livestock grazing on plant diversity: an analysis across dryland ecosystems and scales in southern Africa. *Ecol. Appl.*, 24: 1188-1203.
- HEADY, H.F. (1961).— Continuous vs. specialized grazing systems: a review and application to the California annual type. *J. Range. Manage.*, 14: 182-193.
- HOLECHEK, J.L., BAKER, T.T., BOREN, J.C. & GALT, D. (2006).— Grazing impacts on rangeland vegetation: What we have learned. *Rangelands*, 28: 7-13.
- HOLECHEK, J.L., THOMAS, M.G., MOLINAR, F. & GALT, D. (1999).— Stocking desert rangelands: what have we learned? *Rangelands*, 21: 8-12.
- KHALDI, A. (2014).— La gestion non-durable de la steppe algérienne, *VertigO* - la revue électronique en sciences de l'environnement. [<http://vertigo.revues.org/15152> ; DOI : 10.4000/vertigo.15152]

- LAHMAR-ZEMITI, B. & AIDOU, A. (2016).— Suivi à long terme dans la steppe d'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) du Sud-Oranais (Algérie). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 71: 168-177.
- LAYCOCK, W.A. (1991).— Stable state concepts and thresholds of range condition on North American rangelands: a viewpoint. *J. Range. Manage.*, 44: 427-433.
- LE FLOC'H, E. (2001).— Biodiversité et gestion pastorale en zones arides et semi-arides méditerranéennes du Nord de l'Afrique. *Bocconea*, 13: 223-237.
- LE FLOC'H, E., ARONSON, J., DHILLION, S., GUILLERM, J-L., GROSSMANN, A. & CUNGE, E. (1998).— Biodiversity and ecosystem trajectories: first results from a new LTER in southern France. *Acta Oecol.*, 19: 285-293.
- LE FLOC'H, E., NEFFATI, M., CHAÏEB, M. & PONTANIER, R. (1995).— Un essai de réhabilitation en zone aride. Le cas de Menzel Habib (Tunisie). Pp 139-160 in: R. Pontanier, A. M'hiri, N. Akrimi, J. Aronson & E. Le Floc'h (eds). *L'homme peut-il refaire ce qu'il a défaits ?* John Libbey Eurotext, Paris.
- LE HOUÉROU, H.N. (1969).— La végétation de la Tunisie steppique. *Ann. Inst. Natl. Agron. Tunis*, 42: 1-624.
- LE HOUÉROU, H.N. (1992).— An overview of vegetation and land degradation in world arid lands. Pp 127-163 In: H.E. Dregne (ed). *Degradation and restoration of arid lands*. International Center for Arid and Semi-Arid Lands Studies, Texas Tech. Univ., Lubbock.
- LE HOUÉROU, H.N. & IONESCO, T. (1973).— *Appétibilité des espèces végétales de la Tunisie steppique*. Doc. Trav. Proj. FAO/Tun./71/525.
- MCNAUGHTON, S.J. (1983).— Compensatory plant growth as a response to herbivory. *Oikos*, 40: 329-336.
- MENGISTU, T., TEKETAY, D., HULTEN, H. & YEMSHAW, Y. (2005a).— The role of enclosures in the recovery of woody vegetation in degraded dryland hillsides of Central and Northern Ethiopia. *J. Arid Envir.*, 60: 259-281.
- MENGISTU, T., TEKETAY, D., HULTEN, H. & YEMSHAW, Y. (2005b).— The role of communities in closed area management in Ethiopia. *Mountain Res. Develop.*, 25: 44-50
- MILCHUNAS, D.G. & LAUENROTH, W.K. (1993).— Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecol. Monogr.*, 63: 327-366.
- MILCHUNAS, D.G., SALA, O. & LAUENROTH, W.K. (1988).— A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *Am. Nat.*, 132: 87-106.
- MILTON, S.J., DEAN, W.R.J., DU PLESSIS, M.A., SIEGFRIED W.R. (1994).— A conceptual model of arid rangeland degradation. *BioScience*, 44: 70-76.
- MOORE, C.W.E., BARRIE, N. & KIPPS, E.H.A. (1946).— Study of the production of a sown pasture in the Australian Capital Territory under three systems of grazing management. *CSIRO Bull.*, 201: 7-83.
- NEDJRAOUI, D. (1990).— *Adaptation de l'Alfa (Stipa tenacissima L.) aux conditions stationnelles. Contribution à l'étude de fonctionnement de l'écosystème steppique*. Thèse Doct., Université des Sciences et Technologies H. Boumediène, Alger.
- NEDJRAOUI, D. & BÉDRANI, S. (2008).— La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo*, 8, revue électronique: <https://vertigo.revues.org/5375>.
- NOY-MEIR, I. (1973).— Desert ecosystems: Environment and producers. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 4: 25-51.
- OKSANEN, J. (2013).— *Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial*. <http://cc.oulu.fi/~jarioksa/opetus/metodi/vegantutor.pdf>
- OULED SIDI MOHAMED, Y., NEFFATI, M. & HENCHI, B. (2002).— Study of the effect of vegetation management mode on its dynamics in pre-Saharan Tunisia: the case of national park of Sidi Toui and its surroundings. *Sécheresse*, 13: 195-203.
- OZENDA, P. (1954).— Observation sur la végétation d'une région semi-aride : Les Hauts Plateaux du Sud-Algérois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 45: 189-223.
- PEREVOLOTSKY, A. & SELIGMAN, N.G. (1998).— Role of grazing in Mediterranean rangeland ecosystems. Inversion of a paradigm. *BioScience*, 48: 1007-1017.
- PIELOU, E.C. (1966).— The measures of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13: 131-144.
- POUGET, M. (1980).— Les relations sol - végétation dans les steppes Sud-Algéroises. *Trav. Doc. ORSTOM.*, 116: 1-555.
- QUÉZEL, P. & SANTA, S. (1962-1963).— *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*, vol. 1-2. CNRS, Paris.
- RANDALL, B., BOONE, R.B., BURNSILVER, S.B., THORNTON, P.K., WORDEN, J.S. & GALVIN, K.A. (2005).— Quantifying declines in livestock due to Land subdivision. *Range. Ecol. Manage.*, 58: 523-532.
- SAVORY, A. (1983).— The Savory grazing method or holistic resource management. *Rangelands*, 5: 155-159.
- SELEMANI, I.S., EIK, L.O, HOLLAND, Ø., ÅDNØY, T, MTENGETI, E. & MUSHI, D. (2013).— The effects of a deferred grazing system on rangeland vegetation in a north-western, semi-arid region of Tanzania African. *J. Range & Forage Sci.*, 30: 141-148.
- SLIMANI, H., AIDOU, A. & ROZE, F. (2010).— 30 Years of protection and monitoring of a steppic rangeland undergoing desertification. *J. Arid Envir.*, 74: 685-691.

- SØRBØ, G.M. (2003).— Pastoral ecosystems and the issue of scale. *Ambio*, 32: 113-117.
- TEAGUE, W.R., PROVENZA F., NORTON, B., STEFFENS, T., BARNES, M., KOTHMANN, M. & ROATH, R. (2008).— Benefits of multi-paddock grazing management on rangelands: limitations of experimental grazing research and knowledge gaps. Pp 41-80 *In*: H. Schroder (ed.). *Grasslands ecology, management and restoration*. Hauppauge, NY, USA: Nova Science Publishers.
- THEBAUD, B. & BATTERBURY, S. (2001).— Sahel pastoralists: opportunism, struggle, conflict and negotiation. A case study from eastern Niger. *Glob. Envir. Change*, 11: 69-78.
- THUROW, T.L., BLACKBURN, W.H. & TAYLOR, C.A. (1988).— Infiltration and intertill erosion responses to selected livestock grazing strategies, Edwards Plateau, Texas. *J. Range. Manage.*, 41: 296-302.
- TICHÝ, T.(2002).— JUICE, software for vegetation classification. *J. Veget. Sci.*, 13: 451-453.
- UNCCD. (1994).— *Élaboration d'une convention internationale sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique*. United Nations Convention to Combat Desertification. Texte final à: <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-fre.pdf>.
- VOISIN, A. (1957).— *Productivité de l'herbe*. Flammarion, Paris.
- WESTOBY, M., WALKER, B. & NOY-MEIR, I. (1989).— Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *J. Range. Manage.*, 42: 266-274.
- WILSON, A.D. (1986).— Principles of grazing management systems. Pp 221-225 *In*: P.J. Joss, P.W. Lynch & O.B. Williams (eds). *Rangelands: a resource under siege*. Australian Academy of Science, Canberra.
- YAYNESHET, T., EIK, L.O. & MOE, S.R. (2009).— The effects of enclosures in restoring degraded semi-arid vegetation in communal grazing lands in northern Ethiopia. *J. Arid Envir.*, 73: 542-549.
- ZEMITI, B. (2001).— *Mécanismes de désertification dans une steppe à Armoise blanche (Artemisia herba alba Asso.)*. Cas de la région d'EL May (Sud-Oranais, Algérie). Magister, Université des Sciences et Technologies Houari Boumediène.

ANNEXE : TABLEAU FLORISTIQUE

	H				G				S				G				S																																											
	HHHHHHHLLH				HHHHHHHHHA				GGGGGGGAGG				SSSSSSSSSS				GGLGGGGGGG				SSLSSSSSSS																																							
	7	4	15	2	9	8	0	3	6	4	2	8	1	6	3	7	9	0	5	2	3	5	4	8	9	7	0	6	1	6	4	1	0	9	3	7	8	2	5	9	4	0	5	1	2	6	8	7	3	7	6	0	9	8	2	1	3	4	5	7
<i>Stipa parviflora</i>	1				2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
<i>Argyrobium uniflorum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Hemaria fontanesii</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Noaea mucronata</i>	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Paronychia argentea</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Anacyclus cyrtolepidoides</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2												
<i>Telephium impenitenti</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2												
<i>Schismus barbatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Atractylis serotuloides</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Peganum hamala</i>	2																																																											
<i>Echium pycnanthum humile</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Helianthemum lippii</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Medicago laciniata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Atractylis carduus</i>	1	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i>	1																																																											
<i>Astragalus amatus</i>	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Eryngium ilicifolium</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Asteriscus pygmaeus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Fagonia glutinosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Stipa retorta</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Anthrophium scoparium</i>	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2												
<i>Bassia muricata</i>	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Moricandia arvensis</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Onopordon arenarium</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Ammodaucus leucotrichus</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Anabasis articulata</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Linaria aegyptiaca</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Scabiosa stellata</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Emuca vesicaria</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Launaea resedifolia</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Astragalus cuculatus</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Plantago albicans</i>	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2												
<i>Stipa tenacissima</i>	1				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2												
<i>Koelipia linearis</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Atemisia hebraea-alba</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Matthiola longipetala</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Xeranthemum inapertum</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
<i>Lygeum spartum</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																														