

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ BATNA1 EL HADJ LAKHDER
INSTITUT DES SCIENCES VÉTÉRINAIRES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES



DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Thèse pour l'obtention de

Doctorat En Sciences

OPTION : PRODUCTION VÉGÉTALE

Présenté par :

YOUSFI MOHAMMED

**Contribution à la détermination d'un modèle d'exploitation d'un
parcours steppique à base d'espèces autochtones par simulation
de pacage**

Jury:

Président: Meziane Toufik

Promoteur: Azzouzi Blel

Examineurs:

Lahreche Mokhtar Boualem

Kaboul Noureddine

Neffar Souad

Pr. Université Batna1

Pr. Université Djelfa

Pr. Université Djelfa

MCA. Université Batna1

MCA. Université Tébessa

Année universitaire :

2016 - 2017

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de ma très chère mère, qui m'a accompagné avec ses larmes et ses prières et m'a appris que la vie n'aurait aucun goût sans la patience. Qu'elle repose en paix.

A ma très chère femme pour sa compréhension et sa présence lors des moments difficiles.

A mes chers enfants : Takí Eddine, Nour El Houda, Dhíkra et Saíf Eddine.

A la mémoire de mes chers amis Boukheloua Djamel et Redjel Noureddine qui n'ont cessé de rêver de voir toutes les voies possibles de recherches ouvertes pour le développement de la steppe et qui étaient à l'origine de l'idée d'utiliser les volumes des touffes pour modéliser la régénération de la phytomasse. J'espère qu'une partie de leur rêve soit réalisée à travers ce mémoire. Qu'ils reposent eux aussi en paix.

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, je tiens à adresser mes vifs remerciements à les personnes ayant contribué de près ou de loin à son accomplissement.

Je tiens, tout d'abord, à exprimer toute ma reconnaissance au Professeur Azzouzi Blel qui a mis sa confiance en mon humble personne et a accepté de diriger ce travail en dépit du manque de moyens appropriés et de toutes les difficultés et les lacunes qui peuvent entraver cette tentative d'initier l'ébauche d'une nouvelle approche dans l'étude des parcours steppiques. Je le remercie aussi pour sa disponibilité et ses encouragements lors des périodes difficiles que j'ai traversé en cours de la réalisation du travail.

Toute ma reconnaissance et mes remerciements sont, également, adressés au Professeur Meziane Toufik qui a daigné présider le jury de soutenance de ma thèse.

Mes vifs remerciements et mes expressions de gratitude à l'égard du Professeur Lahreche Mokhtar Boualem et des Docteurs Kaboul Noureddine et Neffar Souad pour leur aimable participation à l'évaluation de mon travail.

Que les cadres du Commissariat Régional Est du HCDS trouvent ici mes profondes expressions de reconnaissance pour leur rôle important dans l'accomplissement de ce travail par leur disponibilité et les facilités qu'ils ont mis à ma disposition sur le terrain.

Je tiens aussi à remercier mes collègues de la Section Production Animale pour leurs encouragements, ainsi que mes étudiants de Master de l'option Maîtrise de l'Elevage des Petits Ruminants en Zones arides de toutes les promotions de 2012 à 2017 et aussi les étudiants du cycle d'Ingénieur d'Etat en Production Animale.

Résumé

Le manque de données et de recherches sur la régénération des parcours steppiques est l'une des problèmes majeurs qui limite la possibilité de la détermination des modalités d'exploitation des ressources naturelles de ces parcours.

A ce titre, l'utilisation de modèles d'équation mathématiques peut être l'une des voies privilégiées dans le but de déterminer la date et la durée d'exploitation de ces ressources.

L'objectif de cette étude, qui a été réalisé durant deux années sur des parcours steppiques naturels dans la région de Thlidjène (Wilaya de Tébessa), est donc la contribution à la mise en place de modèles mathématiques déterminant le taux de régénération de la phytomasse des deux espèces autochtones *Salsola vermiculata L.* et *Artemisia herba alba Asso.* formant les deux arbustes fourragers dominants dans ces parcours.

L'espèce *Salsola vermiculata L.* a fait l'objet d'un traitement de coupe (simulation de pacage) selon trois degrés différents : sévère (75% du volume de l'arbuste), moyenne (50% du volume de l'arbuste) et légère (25% du volume de la plante).

L'étude a démontré, après traitement des données par les logiciels Statistica 6.0 et Excel 7.0 (Microsoft Corporation), que le taux de régénération est soumis à l'effet de coupe et du stade phénologique. Par ailleurs, le taux de régénération de la phytomasse suit des modèles d'équations mathématiques différentes en fonction du degré de sévérité de la coupe pour cette espèce. Le taux de régénération de la phytomasse (TR) suit une trajectoire de fonction logarithme népérien pour les coupes sévère et légère, ainsi que pour l'ensemble des coupes, et une équation quadratique pour la coupe moyenne.

Pour l'espèce *Artemisia herba alba Asso.* on a procédé par l'application d'une charge animale de 5 tête / ha. Les résultats ont montré que le taux de régénération (TR) suit un modèle d'équation exponentielle.

Mots clés : Modèle mathématique, *Salsola vermiculata L.* *Artemisia herba alba Asso.*, stade phénologique, taux de régénération de la phytomasse, type de coupe, charge animale.

Liste des abréviations

F.C : fin croissance.

D : Dormance.

E.T.P : Evapotranspiration potentielle.

HCDS : le Haut Commissariat au Développement de la Steppe.

Hf : hauteur finale de la plante.

Hi : hauteur initiale de la plante.

Ia : Indice d'aridité.

L : coupe légère.

Lf : grande largeur finale de la plante.

li : petite largeur finale de la plante.

Li : grande largeur initiale de la plante.

li : petite largeur initiale de la plante.

M : coupe moyenne.

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

MS : Matière Sèche.

ONM : Office Nationale Météorologique.

ONS : Office National des Statistiques.

Q : Quotient climatique d'Emberger

R : Coefficient de corrélation.

S : coupe sévère.

STDPHEN. : Stade phénologique.

T.R : Taux de Régénération.

Vf : volume final.

Vi : volume initial

Vp : volume prélevé.

Vr : Volume régénéré.

Liste des figures

Figure 1. Modèle de simulation de l'impact de pacage à long terme	page 21
Figure 2. Modèle d'aménagement des parcours.....	page 22
Figure 3. Modèle théorique d'une charge animale.....	page 32
Figure 4. Recherche d'une charge optimale.....	page 34
Figure 5. stratégie de l'adaptation de la charge animale	page 36
Figure 6. <i>Salsola vermiculata</i> L.....	page 47
Figure 7. Graine de <i>Salsola vermiculata</i> L.....	page 49
Figure 8. Graine de <i>Salsola vermiculata</i> L.....	page 49
Figure 9. <i>Artemisia herba alba</i> Asso.....	page 55
Figure 10. Carte de localisation de la zone d'étude.....	page 63
Figure 11. Climagramme pluviométrique d'Emberger de Thlidjène.....	page 67
Figure 12. Graphique effet du type de coupe sur le taux de régénération de la phytomasse de <i>Salsola vermiculata</i> L.(2013).....	page 76
Figure 13. Graphique effet du type de coupe sur le taux de régénération de la phytomasse de <i>Salsola vermiculata</i> L.(2014).....	page 77
Figure 14. Graphique effet du stade phénologique sur le taux de régénération de la phytomasse de <i>Salsola vermiculata</i> L. (2013).....	page 81
Figure 15. Graphique effet du type de coupe sur le taux de régénération de la phytomasse de <i>Salsola vermiculata</i> L. (2014).....	page 82
Figure 16. Graphique du taux de prélèvement d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso. (2013).....	page 91
Figure 17. Graphique du taux de prélèvement d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso. (2014).....	page 91
Figure 18. Graphique du taux de régénération d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso. (2013).....	page 93
Figure 19. Graphique du taux de régénération d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso. (2014).....	page 93
Figure 20. Graphique du taux de prélèvement et du taux de régénération d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso. (2013).....	page 93
Figure 21. Graphique du taux de prélèvement et du taux de régénération d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso. (2014).....	page 93

Liste des tableaux

Tableau 1. Valeur fourragère d' <i>Artemisia herba alba</i> Asso	page 60
Tableau 2. Précipitations. Période 2001-2012.....	page 65
Tableau 3. Répartition saisonnière des précipitations	page 65
Tableau 4. Températures. Périodes 2001-2012	page 65
Tableau 5. ANOVA effet de coupe sur taux de régénération 2013	page 77
Tableau 6. ANOVA effet de coupe sur taux de régénération 2014	page 77
Tableau 7. ANOVA effet du stade phénologique sur le taux de régénération 2013	page 81
Tableau 8. ANOVA effet du stade phénologique sur le taux de régénération 2014	page 82
Tableau 9. Modèles mathématiques de <i>Salsola vermiculata</i> L. en 2013	page 85
Tableau 10. Modèles mathématiques de <i>Salsola vermiculata</i> L. en 2014	page 86
Tableau 11. Modèles mathématiques de <i>Salsola vermiculata</i> L. Yousfi (2009).....	page 88
Tableau 12. Modèles mathématiques de <i>Salsola vermiculata</i> L. Salah Tag El Din (1994).....	page 88

Table des matières

Introduction

Chapitre I : La modélisation dans le domaine des parcours	1
1. La modélisation : une nouvelle voie dans l'étude des parcours	1
2. Définition.....	4
3. Classification	5
<i>Pour la notion de classification des modèles nous adoptons celle établie par Oussar (1998), basée sur deux critères : la conception et l'utilisation.</i>	5
3.1. Classification selon le mode de conception	5
3.1.1. Les modèles de connaissance	6
3.1.2. Les modèles " boîtes noires "	6
3.1.3. Les modèles " boîtes grises "	7
3.2. Classification selon l'utilisation.....	7
3.2.1. Les modèles de simulation (ou simulateurs)	7
3.2.2. Les modèles de prédiction	8
3.3. Les étapes de la conception d'un modèle	8
3.3.1. Choix d'un modèle-hypothèse	9
4. Evolution de la modélisation des systèmes écologiques pastoraux.....	11
5. Types des modèles utilisés dans l'étude des parcours	12
5.1. Les modèles descriptifs	12
5.2. Les modèles écologiques.....	13
5.3. Les modèles prédictifs	14
5.4. Intérêt des modèles prédictifs.....	18
Chapitre II : Charge animale	26
1. Généralité	26
2. Définitions.....	26
2. Variation de la charge	30
3. Influence de la charge sur la production animale	31
4. Variations de la charge selon l'année et les saisons.....	35
5. Comment diminuer la charge ?.....	37
5.1. Relation entre la charge animale et la régénération des parcours.....	37
6. Pratiques de gestion des troupeaux et des parcours.....	43
Chapitre III : Salsola vermiculata L.	47
1. Généralités.....	47
2. Taxonomie.....	50
3. Biogéographie.....	50
4. Valeur fourragère.....	52

5. <i>Intérêt écologique</i> :	53
Chapitre IV : Artemisia herba alba Asso.	55
1. <i>Présentation</i>	55
2. <i>Taxonomie</i>	56
Artemisia herba-alba est classé dans :	56
3. <i>Identité vernaculaire</i>	56
4. <i>Aspects botaniques</i>	57
4.1 <i>Morphologie</i>	57
4.2. <i>Biotope et répartition</i>	58
5. <i>Valeur fourragère</i>	59
6. <i>Vertus médicinales</i>	61
Chapitre V : Description de la zone d'étude	63
1. <i>La situation géographique de la zone d'étude</i>	63
2. <i>Relief</i>	64
3. <i>Sol</i>	64
4. <i>Climat</i>	64
4.1. <i>Précipitations</i>	64
4.2. <i>Températures</i> :	65
Chapitre VI : Matériel et méthodes	68
1. <i>Matériel</i>	68
1.1. <i>Matériel végétal</i>	68
1.2. <i>Matériel animal</i>	68
1.3. <i>Matériel de mesure</i>	68
1.4. <i>Matériel de coupe</i>	69
1.5. <i>Logiciels de traitement des données</i>	69
2. <i>Dispositif expérimental</i>	69
3. <i>Méthodes de travail</i>	71
3.1. <i>Mesure des dimensions des plantes</i>	71
3.2. <i>Analyses statistiques</i>	73
Chapitre VII : Résultats et discussion	76
1. <i>Taux de régénération de la phytomasse</i>	76
1.1. <i>Salsola vermiculata L.</i>	76
1.1.3. <i>Modèles mathématiques du taux de régénération de la phytomasse (TR)</i>	85
1.2. <i>Artemisia herba alba Asso.</i>	90
1.2.1. <i>Taux de prélèvement</i>	90
1.2.2. <i>Taux de régénération</i>	92
1.2.3. <i>Taux de régénération vs taux de prélèvement</i>	95
1.2.4. <i>Equation du Taux de régénération (TR)</i>	98

Introduction

Les parcours des régions arides et semi arides steppiques occupent, selon les statistiques officielles, 32 millions d'hectares réparties entre 20 millions d'hectares de parcours steppiques et 12 millions d'hectares de parcours présahariens (MADR, 2013). Cette superficie importante représente l'espace vital de l'activité pastorale et le socle naturel de l'élevage d'un cheptel de plus de 20 millions de têtes à dominance d'espèce ovine (MADR, 2013).

Toutefois, des études relevant de différentes disciplines (écologie, pédologie, hydrologie, socio-économie) mettent l'accent sur le risque de désertification qu'encourent ces parcours par la dégradation de leurs ressources naturelles (végétation, sol et eau) sous l'effet de la surexploitation aggravée par la sécheresse chronique caractérisant le climat de ces régions (Nedjraoui, 2004). Les études attribuent la réduction continue des surfaces des pâturages à l'impact direct des facteurs tels que le surpâturage, la mise en culture incontrôlée et l'augmentation des besoins alimentaires à court terme, sur l'appauvrissement et l'érosion des sols ainsi que la dégradation du couvert végétal auxquels concourent les périodes extrêmes qui favorisent la désertification au sens émis par Le Houérou en 1995 (Nedjraoui et Bedrani, 2008).

Dans ce contexte, il faut noter que les études se sont focalisées sur la détermination des causes et des effets de la dégradation des ressources naturelles des parcours des zones arides et semi arides aboutissant à des résultats qui ne permettent pas de prévoir et de quantifier le risque induit par ces facteurs de dégradation sur l'avenir des ressources naturelles et sur le devenir de l'activité d'élevage. L'étude de la problématique de dégradation des parcours est restée confinée à un diagnostic qui ne peut être projetée dans le temps ni dans l'espace

en fonction des facteurs naturels et anthropiques d'exploitation de ces parcours en zones arides et semi arides.

Si des aspects relatifs à la description de la dégradation du potentiel productif des parcours steppiques ou des changements phytosociologiques ont fait l'objet d'études diachroniques (Aidoud et Nedjraoui, 1992), il n'en reste pas moins que des interrogations demeurent encore posées et méritent d'être explorées :

- ✓ **Quelle sera la production fourragère disponible durant la saison de pacage prochaine?**
- ✓ **Quelle charge animale faut-il appliquer au parcours exploité et quelle sera la durée de pacage lors de la saison prochaine?**
- ✓ **Quels sont les éléments méthodologiques et les outils pratiques pour la prévision du disponible fourrager et de la charge animale à appliquer dans le futur?**
- ✓ **Quels sont les tendances et les fluctuations à court, moyen et long terme du potentiel productif d'un parcours?**

En Algérie, et d'un point de vue pastoral, les études se limitent le plus souvent à l'évaluation de la valeur fourragère ou pastorale aboutissant à l'estimation de la charge animale pour un temps fixe. Ces études n'ont pas généré de modèles d'exploitation et de gestion garantissant la durabilité des ressources naturelles subissant le processus de dégradation et loin de répondre aux besoins du cheptel qui en dépend. Ainsi, ces approches basées sur l'évaluation ponctuelle de la production fourragère ou celles basées sur des comparaisons diachroniques ne peuvent répondre aux questions précédemment posées et qui forment les éléments d'une problématique très complexe eu égard à la variabilité et l'incertitude qui caractérisent les composantes naturelles qui régissent l'écologie de ces parcours, notamment sur le plan climatique.

Dans les pays à grandes superficies de parcours arides et semi arides, à l'instar des Etats Unis, Australie, Afrique du Sud, Argentine, Chili ou l'Iran, une nouvelle orientation de recherche s'est développée. Elle se base sur la modélisation et se focalise sur la recherche d'une plus grande maîtrise du fonctionnement de ces écosystèmes qui sont, généralement, caractérisés par la variabilité, la dégradation et un haut risque de désertification. L'absence d'une régularité en matière de production fourragère implique un défi dans la mise en place de connaissances approfondies des relations existantes entre cette production et les facteurs biotiques et abiotiques de ces écosystèmes particuliers.

En Algérie, les différentes tentatives de conservation du potentiel fourrager des parcours steppiques ont connu peu ou pas de réussite que Mohammedi et al. (2006) attribuent à différentes raisons, dont on peut citer les deux principales :

- Le manque de modèles d'exploitation rationnelle des ressources ; et
- La prédominance d'une vision disciplinaire étroite conduisant à une ségrégation des actions entreprises, en fonction de la spécialité de chaque intervenant.

C'est ainsi qu'apparaissent des antagonismes, dans les plans d'aménagement des parcours, entre des actions de conservation des ressources trop étalées dans le temps (vision écologique) et des actions de dénaturation du rôle de ces parcours par le changement de leur utilisation (vision agricole).

Notre étude ne prétend pas répondre à l'ensemble des éléments de cette problématique, mais se propose d'ébaucher une nouvelle voie dans l'approche de la problématique de dégradation des parcours de régions steppiques consistant à évaluer l'impact actuel de l'exploitation de la ressource pastorale végétale et de son pouvoir de régénération sur une période entre deux exploitations successives.

Sur le plan d'approche méthodologique, notre choix s'est porté sur l'utilisation de la modélisation mathématique pour l'avantage qu'elle recèle en matière de manipulation des facteurs quantifiables pour exprimer des faits reliés à des processus réels sous une forme d'équations mettant en relation causes et effets (Oussar, 1998). Toutefois, il est à signaler que dans notre étude l'utilisation du concept de modélisation est limitée à son sens le plus simple ; c'est-à-dire la recherche d'équations algébriques simple par l'utilisation d'un logiciel accessible, STATISTICA en l'occurrence, pour des raisons de faisabilité et de simplicité de transfert de l'approche aux utilisateurs par la suite.

Par ailleurs, il est à noter que le concept de modélisation dans le domaine d'étude des parcours naturels est très utilisé dans beaucoup de pays à travers le monde (Bartolome, 2006 ; Batabyal et Godfrey, 2002 et Richardson et *al.*, 2007). Toutefois, cette notion n'a pas été appliquée en Algérie ce qui ne permettra pas d'avoir de références de comparaison locales.

La recherche de facteurs facilement quantifiables pour prédire la production de la ressource végétale pastorale nous a ramené à faire deux choix essentiels :

- ✓ Utiliser les arbustes fourragers de l'espèce pérenne dominante du parcours.
- ✓ Exprimer cette production future en fonction des dimensions initiales de la plante, en l'occurrence la hauteur, la grande largeur et la petite largeur qui compose le biovolume de chaque arbuste échantillonnée et ce pour la recherche d'un taux de régénération par rapport à la situation de départ (avant le pacage ou la coupe).

L'approche de l'utilisation de la notion du biovolume pour exprimer la phytomasse des espèces fourragères est décrite comme un moyen pertinent et approprié par Zaafouri *et al.* (2004) dans leurs travaux portant sur la recherche

d'une approche méthodologique concernant les performances d'une même espèce fourragère dans des conditions écologiques identiques sur des espaces différents.

Notre approche repose donc sur la modélisation prédictive de la production fourragère lors de la prochaine saison de pacage par la détermination d'une équation qui exprime la régénération des arbustes fourragers de l'espèce pérenne dominante du parcours en fonction des dimensions initiales de chaque plante. L'intérêt de cette approche réside dans la possibilité de mettre en place un ou des outils permettant de minimiser du risque de dégradation des ressources végétales pastorales et de gérer l'exploitation sans détériorer leur pouvoir productif qui représente l'élément fondamental dans la durabilité des parcours.

Du côté pratique, l'étude a couvert deux types de parcours steppiques, à dominance d'espèces pérennes autochtones, mis en défens et dont l'exploitation est réglementée par la loi relative aux modalités d'exploitation des parcours collectifs aménagés par les pouvoirs publics et relevant de la compétence territoriale du Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS). Le premier à base de *Salsola vermiculata L.* et le deuxième à base d'*Artemisia herba alba Asso.*

Ces espèces autochtones bien adaptées aux conditions naturelles locales n'ont pas fait l'objet d'étude de régénération auparavant, ce qui donne à cette étude une importance majeure par l'initiation d'une approche permettant de mettre la lumière sur leur capital de maintien d'un équilibre fondamental entre la composante écologique (exprimée par la ressource végétale pastorale) et la composante socio-économique (exprimée à travers l'élevage) dans des conditions précaires.

L'étude a donc porté sur deux volets essentiels :

1- La simulation de pacage de l'arbuste fourrager *Salsola vermiculata* L. par trois niveaux de coupe correspondant à trois degrés de sévérité, en l'occurrence :

- Coupe sévère où 75% de la plante sont prélevés ;
- Coupe modérée portant sur un prélèvement de 50% de la plante ; et
- Coupe légère couvrant un prélèvement de 25% de la plante.

Ces trois niveaux de prélèvement sont effectués simultanément durant trois stades phénologiques : pleine croissance (juillet), fin croissance (octobre) et dormance (janvier).

2- L'application d'une charge animale de 5 têtes / ha sur un parcours à base de l'arbuste fourrager *Artemisia herba alba* Asso. pendant 2 mois de pacage (novembre et décembre).

Dans les deux cas, l'évaluation de la régénération s'est faite au mois d'avril de la saison suivante qui représente la deuxième période de pacage fixée par la réglementation concernant le pacage dans les parcours steppiques aménagés par le HCDS.

Cette étude se subdivise en deux parties. La première structurée en quatre chapitre et portant sur une revue bibliographique concernant la modélisation des parcours, la charge animale, *Salsola vermiculata* L. et *Artemisia herbaalba* Asso. La deuxième, expérimentale, organisée en trois chapitres traitant les aspects relatifs à la description de la zone d'étude, matériel et méthodes et résultats et discussions. Enfin, une conclusion portant sur les points phares dégagés par cette étude.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : La modélisation dans le domaine des parcours

1. La modélisation : une nouvelle voie dans l'étude des parcours

Depuis la fin des années quatre vingt du siècle passé, la modélisation s'est frayé un chemin comme une approche méthodologique dans les études concernant les parcours naturels des zones arides et semi arides. Les objectifs essentiels recherchés derrière cette nouvelle approche sont la simplification de la réalité complexe de pareils écosystèmes ainsi que la diminution du temps et du coût de l'expérimentation concernant l'étude des parcours.

Toutefois, il faut admettre que les parcours des zones arides et semi arides sont des systèmes écologiques très complexes dont la dynamique de fonctionnement dépend plus des conditions abiotiques du milieu que de celles biotiques et notamment la forte variabilité pluviométrique (Wood, 2004).

Pour Bartolome (2006), ces systèmes écologiques sont le plus souvent en état de dégradation. Leur réponse aux interactions biotiques doit être perçue sous la contrainte des caractéristiques physiques du milieu.

C'est ainsi que les parcours naturels sont qualifiés par beaucoup d'auteurs comme étant des systèmes écologiques en déséquilibres soumis aux effets des facteurs abiotiques notamment le climat qui régit fortement les processus de leur production fourragère.

Ceci nous mène à s'interroger sur la situation des parcours steppiques naturels en Algérie.

Aidoud et *al.* (2006) rapportent que des études menées par différents chercheurs et institutions de recherches montrent que les parcours steppiques naturels en Algérie, encourtent une forte phase de dégradation et sont menacés de désertification. Le rôle de milieu tampon entre le nord et le sud du pays semble, ainsi, compromis.

Nedjraoui (2004) décrit les steppes algériennes comme étant "très sensibles au processus de dégradation". Ainsi s'engage un processus de déséquilibre écologique, social et biologique généré par l'effet conjugué de plusieurs facteurs de dégradation. L'auteur relève que "les indicateurs de la désertification qui concernent, en fait, les attributs vitaux de l'écosystème au sens de ARONSON et al (1995)", peuvent être appréciés à travers une altération des caractères édaphiques, la diminution des réserves hydriques, la détérioration de la fertilité du sol voire même sa stérilisation, ainsi que la diminution importante de la production végétale. Il s'en suit une modification des systèmes de production induite par une augmentation importante des besoins résultant en une mauvaise gestion des parcours et à une surexploitation de leurs ressources naturelles.

Ferchichi (2004) confirme de sa part la dépendance des systèmes écologiques pastoraux des interactions complexes qui existent entre les ressources végétales, les animaux, l'environnement physique et la population ; qui impactent à la fois leur fonctionnement et leur survie.

La complexité de l'environnement socio-économique associée à l'hétérogénéité spatio-temporelle de ces systèmes engendre une difficulté devant la compréhension de la réponse des parcours aux effets d'éléments

comme le climat ou le pacage à travers des études empiriques. Wood (2004) note que ce type d'étude est confronté aux difficultés induites par la variabilité relevant des conditions propres à la station, à la durée d'étude et au coût qu'il nécessite.

Il en résulte que la variabilité citée par Wood (2004), ci-dessus, rend l'obtention de conclusions fiables sur la dynamique de ces systèmes une tâche difficile si l'approche s'effectue à travers de simples images relevées dans un instant fixe. Ceci est d'autant plus valable si les données sur les facteurs qui régissent ces parcours manquent ou sont insuffisantes, notamment en milieu aride ou semi aride.

Pour l'obtention d'une matière scientifique crédible sur le comportement de ce type de milieux écologiques complexes, Bartolome (2006) note que, comme pour tout autre milieu vivant, deux voies sont possibles : l'expérimentation en milieu contrôlé et l'observation in situ. La difficulté avec l'expérimentation en milieu contrôlé est l'incapacité à reproduire fidèlement les conditions réelles du milieu, surtout quand il s'agit d'écosystèmes complexes ce qui diminue de la fiabilité statistique et de la qualité des résultats obtenus.

La recherche d'une nouvelle orientation dans la méthodologie scientifique permettant la mise en place d'une approche simple basée sur l'observation continue de la dynamique de ces écosystèmes à la fois complexes, mais aussi fragiles et incertains, donne lieu à l'apparition et au développement d'une nouvelle vision chez la communauté scientifique basée sur l'utilisation de la modélisation mathématique comme outil permettant d'engendrer des données, le plus possible, fiables afin d'aboutir à des modèles se rapprochant de la réalité du terrain et d'en

déduire des outils de gestion capables d'assurer la durabilité des ressources.

L'intérêt d'intégrer les modèles de simulation dans le processus de gestion et d'aménagement des ressources naturelles a été signalé comme une nécessité dans la prise de décision par Holling en 1978 lorsqu'il traite les aspects relatifs à l'aménagement adaptatif.

La modélisation représente, donc, une alternative aux systèmes d'études classiques et fournit une opportunité d'améliorer la compréhension des systèmes pastoraux complexes.

2. Définition

Nous adoptons dans ce cadre la définition émise par Grant en 1986 (citée in Walker, 1993) et qui stipule que : " Les modèles sont des représentations abstraites de la réalité. Ils sont très utiles puisqu'ils organisent et quantifient les connaissances sur un sujet ".

L'importance qu'on peut dégager à partir de cette définition réside dans la capacité des modèles à fournir une forme simplifiée des systèmes écologiques réellement complexes. Ils permettent, également, de concevoir une organisation cohérente une quantification objective des interactions qui existent entre les facteurs qui déterminent l'existence et le fonctionnement d'un système. Toutefois, il est nécessaire de signaler que les résultats obtenus peuvent faire l'objet de correction et d'ajustement à chaque fois qu'il est utile afin de se rapprocher de la réalité des écosystèmes étudiés.

Selon Defranceschi (2013), un modèle est une représentation simplifiée d'un phénomène, d'un système, trop complexe pour être appréhendé comme tel. Il peut prendre différentes formes : une représentation graphique tel un organigramme, une représentation concrète comme l'usage d'un milieu plus simple, un ensemble de relations mathématiques, etc. un modèle se décompose en sous-modèle plus simple traduisant chacun un aspect particulier.

Dans le cadre de la modélisation, le système étudié est appelé « système primaire ». Un modèle est une représentation de la réalité, il est appelé « système secondaire ». Il en résulte qu'un modèle est une simplification de la réalité car s'il en avait tous les attributs, il s'agirait non plus d'un modèle mais de la réalité (Toutain et Bousquet-Melou, 2007).

3. Classification

Pour la notion de classification des modèles nous adoptons celle établie par Oussar (1998), basée sur deux critères : la conception et l'utilisation.

3.1. Classification selon le mode de conception

A ce niveau on peut distinguer trois types de modèles dépendant de la nature des informations utilisées pour leur conception :

3.1.1. Les modèles de connaissance

Les modèles de connaissance peuvent être élaborés à partir de l'application des lois générales ou bien des principes concernant des analyses biologiques, physiques ou chimiques (selon le type de processus) ou également des lois empiriques (concernant des processus non théorisés) dans le cas des sciences sociales et économiques.

Toutefois, il est fréquent que le processus étudié soit trop complexe, ou que les connaissances sur les phénomènes qui déterminent son fonctionnement soient mal maîtrisées, pour que la généralisation de son application soit faite pour des objectifs similaires, ce qui conduit à l'établissement de modèles purement empiriques dépendant exclusivement des résultats obtenus des mesures effectuées sur le processus.

3.1.2. Les modèles " boites noires "

L'élaboration des modèles dits "boites noires" dépend étroitement des entrées et sorties du processus à modéliser. Pour se faire, on fait appel à l'utilisation des équations paramétrées (algébriques, différentielles, ou récurrentes) pour exprimer les relations entre les entrées et les sorties ainsi que pour estimer des paramètres à partir de mesures disponibles afin d'obtenir la meilleure précision possible avec le plus petit nombre possible de paramètres ajustables. Ce type de modèle ne peut être utilisé que dans les limites définies par les entrées ayant servi pour son élaboration. Sa validité dépend, donc, du domaine des mesures effectuées sur le processus étudié pour l'estimation des paramètres recherchés.

3.1.3. Les modèles " boîtes grises "

Le recours à la modélisation du type "boîte grise" (ou modélisation semi-physique) se fait lorsque des connaissances, exprimables sous forme d'équations, sont disponibles, mais insuffisantes pour concevoir un modèle de connaissance satisfaisant. Dans ce cas la modélisation prend en considération à la fois les connaissances et les mesures. On peut ainsi associer entre les avantages de l'intelligibilité d'un modèle de connaissance et la souplesse caractérisant un modèle comportant des paramètres ajustables.

3.2. Classification selon l'utilisation

Deux types de modèles peuvent être définis par rapport à l'utilisation

3.2.1. Les modèles de simulation (ou simulateurs)

Elaborer un modèle de simulation correspond à la mise en place d'un modèle dont le comportement ressemble le plus possible à celui du processus étudié. Ce type de modèles a pour objectif la validation de la conception d'un système avant même son application ou la prévision de son comportement à long terme.

Du point de vue de la structure du modèle, les sorties passées, mesurées sur le processus à modéliser, ne peuvent constituer des entrées du modèle. Ceci veut dire que l'estimation des paramètres et l'utilisation du modèle correspondent à deux phases successives mais distinctes

(apprentissage non adaptatif). Il peut être utilisé indépendamment du processus modélisé.

3.2.2. Les modèles de prédiction

A l'inverse du modèle simulateur, un modèle de prédiction est utilisé en parallèle avec le processus dont il est le modèle. Il permet de prédire la sortie du processus à une échelle de temps courte devant les constantes de temps du processus.

Structurellement, les sorties passées, mesurées sur le processus, peuvent constituer des entrées du modèle. L'estimation des paramètres et l'utilisation du modèle peuvent être effectuées simultanément si nécessaire (apprentissage adaptatif, utile notamment si les caractéristiques du processus dérivent dans le temps).

3.3. Les étapes de la conception d'un modèle

Lors de la conception d'un modèle de connaissance, la relation entre les entrées et la (ou les) sortie(s) du modèle découlent directement de la mise en équations des phénomènes physiques, chimiques, ou autres, qui régissent le fonctionnement du processus. Une fois le modèle obtenu sous forme analytique, des approximations peuvent être faites pour simplifier son expression (par exemple "linéariser" le modèle pour passer d'un modèle non linéaire à un modèle linéaire) si une telle approximation est justifiée.

Dans le cas d'une modélisation de type "boîte noire", la construction du modèle nécessite les trois éléments suivants :

- ❖ Une hypothèse sur l'existence d'une relation déterministe liant les entrées à la(ou aux) sortie(s). Cette relation est caractérisée par une fonction appelée fonction de régression (ou plus simplement régression). L'expression formelle supposée adéquate pour représenter cette relation est appelée modèle-hypothèse.
- ❖ Une séquence de mesures des entrées et de la sortie du processus.
- ❖ Un algorithme d'apprentissage.

3.3.1. Choix d'un modèle-hypothèse

Les connaissances dont on dispose a priori sur le processus doivent guider le concepteur dans le choix de la modélisation la plus appropriée (statique ou dynamique, linéaire ou non linéaire, ...). L'élaboration du modèle-hypothèse nécessite d'effectuer les choix suivants :

3.3.1.1. Modèle statique ou dynamique

Lorsque l'on cherche à modéliser un processus physico-chimique ou biologique, il est généralement facile de savoir si l'application envisagée nécessite de modéliser la dynamique du processus (c'est-à-dire si l'on doit considérer une échelle de temps petite devant les constantes de temps du processus) ou si une modélisation statique suffit.

3.1.1.2. Modèle linéaire ou non linéaire

Il n'est pas douteux que la plupart des processus que l'on peut rencontrer nécessiteraient des modèles non linéaires s'il fallait les décrire

de manière précise dans la totalité de leur domaine de fonctionnement : la plupart des modèles linéaires constituent des approximations valables dans un domaine plus ou moins restreint. Il est donc important de pouvoir élaborer un modèle non linéaire pour rendre compte du comportement d'un processus, non seulement autour de ses points de fonctionnement "habituels", mais également lors des passages d'un point de fonctionnement à un autre. (Oussar, 1998).

3.1.1.3. Modèle entrée-sortie ou modèle d'état :

Dans le cas où l'on opte pour une modélisation dynamique, deux représentations sont possibles pour le modèle : il s'agit de la représentation d'état ou de la représentation entrée – sortie. L'état d'un processus est défini comme la quantité d'information minimale nécessaire pour prédire son comportement, étant données les entrées présentes et à venir. Il s'agit généralement d'un vecteur de grandeur égale à l'ordre du modèle (Oussar, 1998).

La représentation entrée-sortie est un cas particulier de la représentation d'état où le vecteur des états est constitué par la sortie et ses valeurs retardées dans le temps.

Si le but de la modélisation est de prédire le comportement entrée – sortie du processus, il existe généralement une infinité de représentations d'état (au sens d'états ayant des trajectoires différentes) solutions du problème. En revanche, la représentation entrée-sortie est unique.

4. Evolution de la modélisation des systèmes écologiques pastoraux

La théorie clementsienne (développée par Clements en 1916) représentait la base du modèle écologique concernant la variation quantitative et qualitative des communautés végétales dans les écosystèmes pastoraux. Cette théorie dite de succession secondaire, suggérait que les changements dans l'écosystème peuvent être prévisibles à travers un modèle linéaire décrivant des successions de communautés végétales subissant des changements séquentiels sous l'effet de facteurs exogènes comme le pacage, le feu ou les précipitations ; ou aussi de facteurs endogènes comme la compétition. Les perturbations sont ainsi décrites comme étant responsables sur le remplacement des espèces par d'autres. A l'opposé, quand les perturbations sont supprimées, la régression de la végétation induit un retour à l'état du climax.

Selon Vayssières et plant (1998), la théorie clementsienne repose sur les quatre hypothèses suivantes :

- Pour chaque site de parcours particulier correspond un seul état de climax ;
- La succession vers le climax est un processus linéaire, continu, monotonique et réversible ;
- Les changements produits par le pacage sont continus et directement opposés à la tendance de la succession ; et
- Les variations climatiques ont des effets similaires à ceux du pacage.

Durant les dernières décennies, d'autres théories ont été développées pour pallier l'insuffisance relative en matière de capacité de prévoir le retour de la végétation à l'état du climax lorsque l'on élimine les perturbations. Entre autres modèles, nous citons celui appelé "état et transition" (state and transition) développé au nord ouest américain qui considère que chaque phase de perturbations engendre de nouveaux types de végétation. Les types de végétaux sont appelés *état* (state) et les processus qui causent leur changement sont dits *transition* (transition).

Ce type de modèle concerne notamment les écosystèmes pastoraux des régions arides et semi arides.

5. Types des modèles utilisés dans l'étude des parcours

L'étude des parcours des zones arides et semi arides peut être abordée, en fonction de l'objectif recherché et de la discipline concernée, selon trois types de modèles (Bartolome, 2006).

5.1. Les modèles descriptifs

La difficulté rencontrée dans l'aménagement des parcours caractérisés par un état de non équilibre où le degré d'incertitude vis-à-vis des conditions de l'environnement est élevé, a conduit à la mise en place de ce type de modèle afin d'établir une image simplifiée sur ce type d'écosystèmes dans le but de pouvoir guider leur aménagement.

La simplification du processus complexe d'un écosystème, permet la description de la dynamique d'évolution de ce système par l'identification des étapes qu'il aurait traversé, mais ne peut permettre une vision prédictive sur l'avenir du parcours et déterminer la prochaine étape au quelle aboutira le processus.

Le modèle développé sur les parcours de la Californie aux Etat Unis et appelé **California valley grassland**, illustre ce type de modèle. Il décrit la dynamique des changements dans ces parcours, depuis 1769, comme étant un processus constitué de trois états et trois transitions.

- Etat 1 : dominance des herbes pérennes originales ;
- Transition 1 : introduction de l'élevage et des annuelles exotiques ;
- Etat 2 : mélange des pérennes et des annuelles exotiques ;
- Transition 2 : surpâturage ;
- Etat 3 : Dominance des annuelles exotiques ;
- Transition 3 : aménagement des parcours et organisation des pacages.

Cette transition 3 peut conduire au retour à l'état 2, mais le retour à l'état 1 d'origine ne peut être connu et la transition 4 reste indéterminée.

5.2. Les modèles écologiques

Outre la description de l'écosystème des parcours étudiés, les modèles écologiques offrent la possibilité de mettre en évidence les rapports qui caractérisent le fonctionnement et les relations qui existent entre les différents groupes fonctionnels de cet écosystème en partant des producteurs primaires jusqu'au dernier pallier des consommateurs.

L'aménagement vise, dans ce cadre, la manipulation des interactions qui existent entre les groupes fonctionnels comme le degré d'efficacité dans le transfert d'énergie et des nutriments des producteurs primaires (espèces végétales palatables) aux consommateurs primaires (animaux herbivores d'élevage).

La réussite de l'élevage et le maintien de l'équilibre entre offre du parcours et besoins des animaux élevés peuvent être appréhendés, dans ce cas, à travers la compréhension de la dynamique induite par le fonctionnement du système écologique en question.

5.3. Les modèles prédictifs

Le besoin de comprendre les effets de l'utilisation et de l'aménagement des parcours en situation de non équilibre, a orienté la recherche à s'orienter vers la mise en place d'autres modèles différents du modèle clementsien établi pour des écosystèmes en état d'équilibre.

C'est ainsi qu'en 1989, les chercheurs Westoby, Walker et Noy-Meir établirent le modèle prédictif basé sur le principe **état et transition (State and transition)** afin d'expliquer les changements subis, dans le temps, par les parcours des zones arides et semi arides sous l'effet concomitant du pacage et des conditions de l'environnement.

Les auteurs cités ci haut, assimilent, mathématiquement, le passage d'un état du parcours à un autre à une simple chaîne de Markov décrit par le modèle probabilistique suivant :

$$V_{B,t+1} = \sum_{x=A}^{Nstates} p_{xB} \cdot V_{x,t}$$

$x = A, B, \dots N.$

$V_{B,t+1}$: fréquence des patches dans la végétation B au temps t+1.

p_{xB} : probabilité de transition entre l'état x et l'état B.

$V_{x,t}$: fréquence des patches en état x au temps t.

Cette nouvelle vision dans l'appréciation des dynamiques de fonctionnement dans les parcours des zones arides et semi arides, naquit suite au consensus entre chercheurs sur le trait majeur de déséquilibre caractérisant les écosystèmes des zones arides et semi arides.

Il est évident que dans les systèmes écologiques en équilibre, le fonctionnement obéit plus aux interactions biotiques résultant notamment de la compétition qui affecte les populations en fonction du niveau de disponibilité des ressources. Alors qu'en systèmes écologiques en déséquilibre, ce sont les conditions abiotiques qui influencent le processus où l'on peut remarquer que les organismes tendent à se comporter indépendamment les uns des autres.

Dans les parcours des zones arides et semi arides la disponibilité des ressources fourragères est sous la contrainte de l'effet direct des conditions abiotiques (surtout climatiques) et l'interaction animale – végétale est perçue dans ce contexte de contraintes physiques.

Cette forte dépendance de la dynamique des parcours des zones arides et semi arides des conditions abiotiques du milieu, génère une complexité dans la prédiction du comportement de ces parcours. Bartolome (2006) impute cette difficulté à la variabilité spatiale

conjuguée à la dépendance temporelle du site. Pour l'auteur, l'expérimentation doit se focaliser sur la réponse des plantes aux effets du pacage à travers un suivi à moyen et long terme afin de pouvoir englober la variabilité des conditions abiotiques du milieu dans le suivi.

Heitschmidt et Walker (1996) rattachent la réussite et l'échec dans la gestion et l'organisation du pacage à la possibilité de la mise en place d'un système de contrôle qui détermine l'effet du pacage à travers sa fréquence le degré de sévérité de la défoliation qu'il exerce sur les plantes.

Ceci conduira Bartolome en 2006 à décrire le pacage en tant que processus très complexe obligeant l'expérimentateur à étudier ses effets sur les plantes et leur réponse.

Il en déduit que l'étude sur le plan pratique doit inclure à la fois l'intensité, la période et la fréquence du pacage à côté de la distribution, du type et des classes des animaux.

S'agissant des parcours des zones arides et semi arides dominés par les arbustes fourragers, des études ont été entreprises afin de quantifier les prélèvements effectués par les animaux et la possibilité de prévoir la quantité régénérée lors de la prochaine saison de pacage.

Salah Tag El Din (1994), rapporte que ces études ont été centrées sur des techniques simples comme les branches marquées, les mesures oculaires et aussi la technique des coupes et des pesées.

Il signale, par ailleurs, que les données récoltées sont traitées selon les méthodes des régressions afin d'établir des prévisions concernant la biomasse des repousses en utilisant la production annuelle courante et celle utilisée par les animaux comme variable de prédiction.

Il relève que les résultats enregistrés par ces études observent des variations en fonction de la zone d'étude, le site, les espèces ainsi que les plantes individuelles. Il note aussi que l'intensité du pacage joue un rôle très important dans la précision des résultats afférent à ces études.

A ce titre, on peut citer l'exemple des modèles appelés **GRAZE** développé au Etats Unis ou aussi **GRAZFED** développé en Australie vers la fin du vingtième siècle et le début du vingt et unième siècle.

Dans son analyse autour de l'intérêt à gagner par l'utilisation de modèles prédictifs dans le cas des parcours des zones arides et semi arides, Ferchichi (2004) remarque que les outputs dégagés par ces modèles sont étroitement liés à la nature des inputs qui nécessitent l'utilisation d'un nombre important de facteurs. Il en cite trois facteurs essentiels : la terre englobant les données concernant la superficie et les facteurs abiotiques, les parcours incluant les données relatives à la production, l'utilisation, la disponibilité et la qualité des fourrages, ainsi que le cheptel agissant par sa taille, sa composition et ses paramètres zootechniques.

L'auteur met l'accent sur l'importance de ces modèles dans la mise en place d'outils de prise de décision, dans le cadre la gestion des parcours, concernant surtout les aspects relatifs à l'exploitation de ces parcours sur une durée plus ou moins longue à l'instar des estimations et des évaluations concernant la capacité de charge d'un parcours, les options d'aménagement et leurs impacts sur les ressources pastorales, les périodes critiques et de déficit ainsi que les changements des modes d'élevages et des objectifs de production.

5.4. Intérêt des modèles prédictifs

L'intérêt recherché derrière la mise en place des modèles prédictifs est de faciliter la tâche à tous les intervenants dans le domaine du pastoralisme en ce qui concerne les mesures et les quantifications relatives à l'impact de l'aménagement des parcours ainsi que la possibilité de l'estimation de la production fourragère sur une durée définie par l'utilisateur en fonction de ses objectifs en matière d'élevage. Ils sont également d'une grande importance dans la prévision des effets induits par l'exploitation de ces écosystèmes sur le plan socio économique.

5.4.1. Modèles prédictifs sur les effets de l'aménagement

Pour illustrer ce type de modèles prédictifs, on peut citer les travaux de Batabyal en 2002 aux Etats Unis dans le cadre de la mise en place d'une approche visant la conceptualisation des effets de l'aménagement sur des parcours caractérisés par un haut degré d'incertitude. Ces travaux s'insèrent dans un contexte d'établissement de bases théoriques pour le modèle dit **état – transition** et facilitent l'approche des changements intervenant dans le système écologique pastoral considéré.

Dans cette optique, le modèle suppose que les parcours se présentent sous quatre formes : excellente, bonne, modéré (moyenne) et pauvre. Il se base sur l'existence de probabilités, mathématiquement quantifiable, qui permettent la prévision de l'état que pourraient avoir les parcours individuellement ou conjointement et le passage d'un état à un autre.

Ce modèle se veut un outil de décision sur lequel peut s'appuyer l'intervenant dans l'orientation de ses choix en matière d'aménagement et d'options de gestion afin d'obtenir les meilleures conditions quant à la durabilité des ressources pastorales dans un parcours.

On peut aussi faire référence au modèle concernant les irréversibilités potentielles dans l'aménagement des parcours développé, également, par Batabyal en 2005. Ce modèle démontre que pour un parcours existant sous conditions d'incertitude, le temps d'atteindre un point d'irréversibilité dépend étroitement de l'état initial de l'écosystème et du type d'aménagement appliqué au parcours. La détermination de la durée qui peut séparer l'état initial d'un parcours et un état de crise peut s'obtenir par une fonction logarithmique de l'inverse de l'état initial.

Il y'a lieu de citer également, les travaux menés sur les parcours de la région de Namaqualand en Afrique du Sud par Richardson et *al.* en 2007. Les modèles développés dans ce cadre couvrent une superficie de 20.000 ha de parcours et concernent la prévision des effets des précipitations et de la pression exercée par la charge animale la dynamique de la végétation d'une part, et sur la production de lait et de viande d'autre part, sur une période allant d'une année à 200 années. Les processus de changements sont considérés à deux niveaux et deux échelles de temps différents. Ainsi, il existe dans ces modèles, une limite temporelle inférieure d'une valeur de 0,01 jour lorsqu'on considère les plantes et les animaux d'une manière individuelle et une limite supérieure d'une année lorsqu'il s'agit des populations et de l'écosystème dans sa totalité.

La réponse du parcours et des animaux aux effets des précipitations et de la charge animale à court terme peut être modélisée en fonction des

variables ayant trait à la croissance de la plante permise par l'humidité du sol, le choix de la ration et la quantité ingérée, le bilan énergétique de l'animal, sa production, sa reproduction et les taux de mortalité.

La fiabilité des résultats dégagés par ce type de modèles est fortement tributaire de l'existence d'une importante banque de données et de la rigueur dans le suivi des observations et des relevés effectués sur le terrain. Il faut aussi consolider les résultats par l'utilisation de données antérieures afin pouvoir juger la véracité des outputs obtenus à travers l'application des équations mathématiques décrivant l'évolution des processus de changement dans ces milieux pastoraux.

A titre d'exemple sur l'importance de la masse de données à utiliser pour réaliser ce type de modèles, on peut faire appel au modèle de Squires (1998) où l'on remarque qu'il faut coupler entre des données pluviométriques historiques et les conditions actuelles du parcours. Les données concernant la pluviométrie permettent l'établissement de séries pluviométriques qui aident à l'obtention d'un modèle de prévision saisonnières des précipitations ; alors que les données incluent la quantité d'eau dans le sol résultant des précipitations et qui détermine avec l'effet des températures la production fourragère du parcours qui, sous l'effet des pratiques utilisées en pâturage, caractérise les conditions dans lesquelles se présente le parcours.

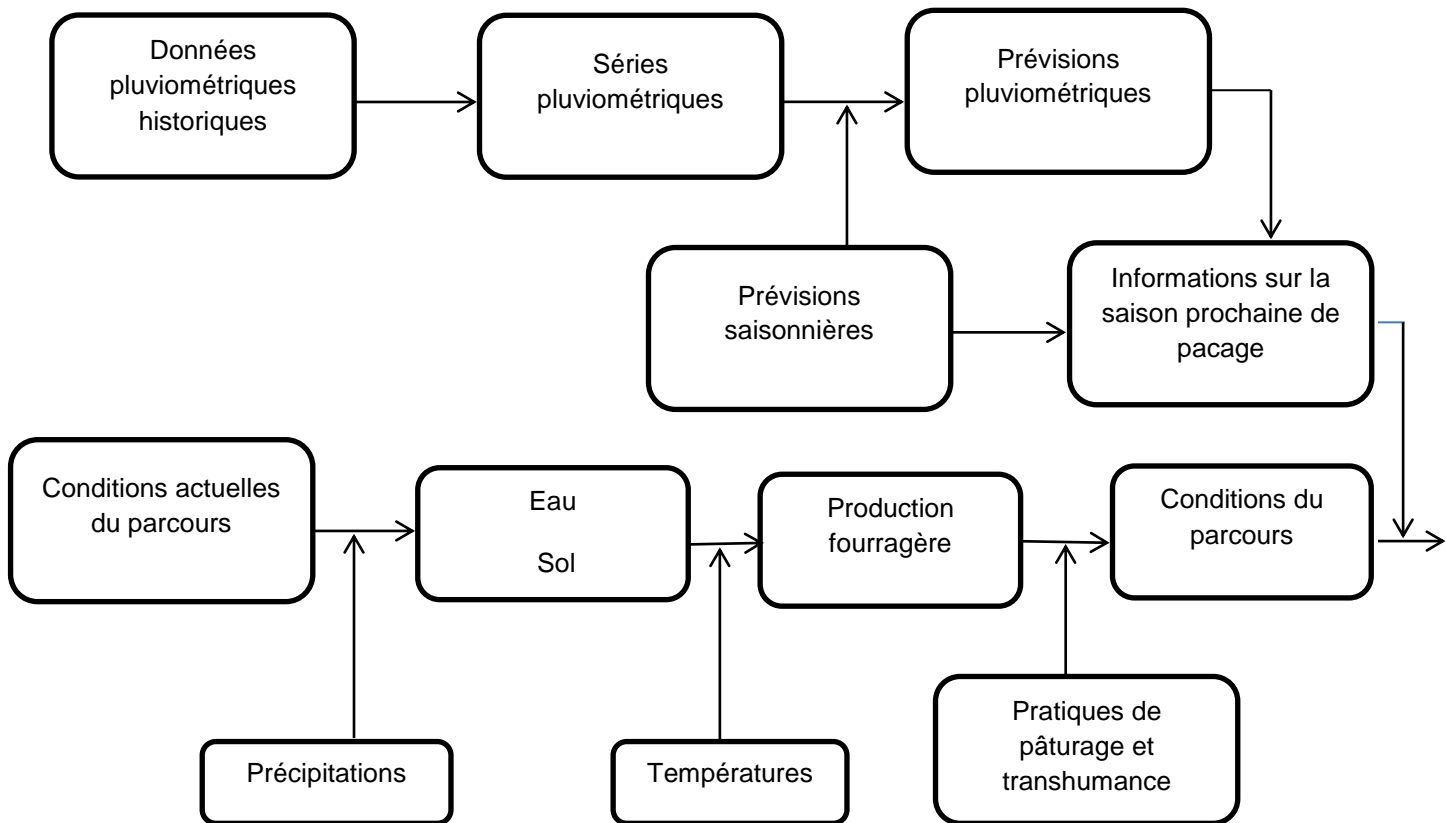


Figure 1: Modèle de simulation de l'impact du pacage à long terme (Squires, 1998).

5.4.2. Modèles prédictifs sur la prévision des outputs économiques

Les outputs économiques forment, à côté des outputs sociaux et des outputs écologiques, l'un des objectifs principaux visés par l'application d'un modèle dans le domaine de l'activité pastorale.

Nombreux sont les modèles développés à travers le monde pour prédire les effets économiques résultant de l'application de stratégies d'aménagement et de gestion des parcours dans le milieu des parcours des zones arides et semi arides. L'objectif de ce type de modèles est de cerner les facteurs qui gouvernent les options adoptées et les alternatives possibles pour pallier aux insuffisances et éluder les imprévus qui peuvent surgir dans un modèle.

Une illustration de ce type de modèles est représentée par les travaux de Batabyal (2005) sur la conceptualisation concernant les conditions nécessaires pour l'équivalence entre les critères écologiques et les critères économiques à admettre lors de l'application d'un type d'aménagement sur un parcours donné. L'auteur démontre qu'il n'y a pas d'équivalence entre les critères sus cités, ce qui doit emmener l'intervenant dans le domaine d'aménagement à choisir entre deux options différentes : optimiser la fonction d'un critère économique soumis à une ou plusieurs contraintes économiques, ou bien optimiser la fonction d'un critère écologique soumis à une ou plusieurs contraintes économiques.

Il y'a lieu, également de mentionner le modèle GAMS qui connaît un large usage dans le domaine de prédiction des outputs générés par le fonctionnement des systèmes de production relatifs aux activités agricoles, agropastorales ou pastorales.

Le modèle est subdivisé en un ensemble de sous modèles relatifs à chaque type de production et qui aboutissent à un modèle récapitulatif qui permet la quantification des différents outputs en une seule équation mathématique. Des données précises sur le mode d'exploitation des terres, de conduite de cultures et du cheptel ainsi que tous les facteurs intrinsèques et extrinsèques au système de production sont nécessaires pour le développement de ce modèle.

Le modèle proposé par Al Hartani et Fogel en 1998, ci-dessous illustré par la figure 2, résume l'approche concernant les modèles prédictifs appliqués dans le domaine pastoral.

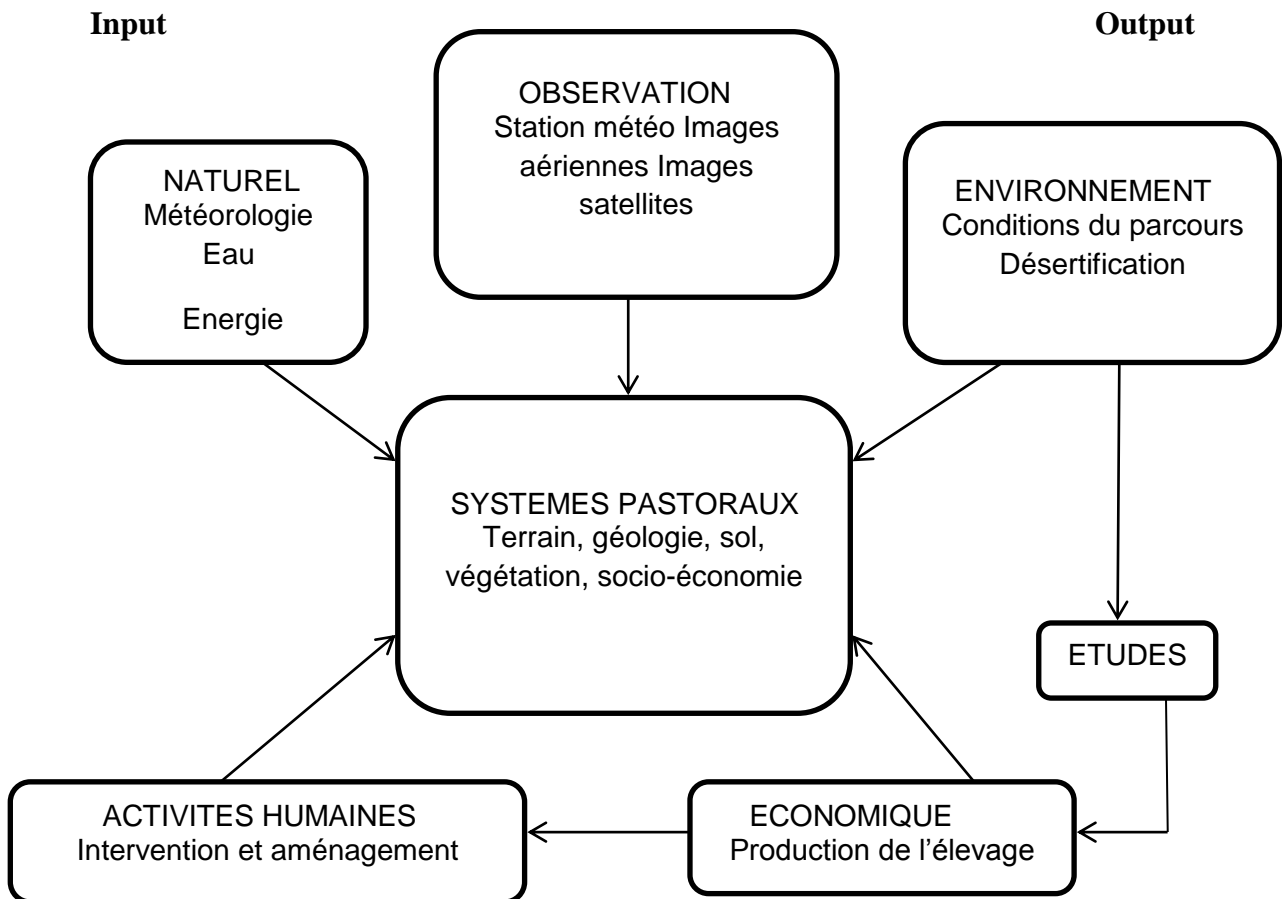


Figure 2 : Modèle d'aménagement de parcours (Al Harathani et Fogel, 1998).

5.4.3. Modèles prédictifs des productions pastorales

Parmi les quelques travaux effectués dans le domaine de prévision des productions pastorales dans des parcours dominés par les arbustes fourragers des zones arides et semi arides, on peut se référer à celui mené en 1994 en Arabie Saoudite par Salah Tag El Din sur la modélisation prédictive de la production fourragère de l'espèce *Salsola vermiculata L.*

Trois objectifs essentiels ont été assignés à cette étude :

- a- Utilisation des mesures de la plantes (hauteur, petite largeur et grande largeur) pour l'estimation de la production fourragère et de la quantité disponible au pacage ;
- b- Mise en place des équations mathématiques prédictives concernant l'estimation de la production fourragère et de la quantité disponible au pacage à travers l'application de différents modèles de régression ;
- c- Détermination de l'effet de différents degrés d'intensité de pacage sur le modèle.

L'auteur utilisa trois niveaux d'intensité de pacage (traitements), respectivement, 25%, 50% et 75% correspondant à des niveaux de prélèvement (coupe) par l'animal qualifiés de léger, modéré (moyen) et sévère. Les variables indépendantes du modèle sont la hauteur de la plante, sa grande section (correspondant au grand diamètre) et le rayon de la petite section (correspondant au petit diamètre).

Les outputs du modèle font apparaître que l'on peut exprimer la production fourragère et la quantité disponible au pacage selon des équations quadratiques pour les degrés d'intensité légère et modérée, alors que celles concernant l'intensité sévère, l'équation est du type logarithmique.

Pour le cas précis des parcours steppiques en Algérie, on note un manque important dans ce domaine. La prévision de la production pastorale et le développement de modèles d'exploitation des parcours n'ont suscité que peu d'intérêt par rapport aux études concernant la détermination de la valeur fourragère et pastorale.

On peut, toutefois, citer l'étude réalisée par Gheraibia et Laouer en 2000 sur la modélisation des parcours dominés par les espèces introduites

d'*Atriplex canescens*, *Atriplex nummularia* et *Atriplex halimus* dans la région Thlidjène (W. Tébessa).

Les résultats de l'étude concernant l'application de trois niveaux d'intensité de pacage sont des équations du type quadratique en fonction de la hauteur, la grande et la petite largeur de la plante.

Le modèle fait ressortir, aussi, la nécessité d'appliquer une seule exploitation par année durant la période printanière, une double exploitation par année aurait des effets négatifs sur la régénération des ressources fourragères lors de l'année suivante.

Chapitre II : Charge animale

1. Généralité

L'exploitation des parcours naturels par les animaux sans compromettre les capacités alimentaires de ces parcours de se régénérer de manière à répondre aux besoins des animaux dans le futur, représente le défi majeur pour tout pastoraliste. C'est ainsi que Genin et Hanafi (2010) estime que la caractérisation de la pression pastorale représente l'un des principaux enjeux en matière de l'écologie des parcours et de la gestion des troupeaux en élevage extensif.

Cette caractérisation s'est basée le plus souvent sur la mesure du rapport entre le nombre d'animaux utilisateurs du parcours et sa superficie. Néanmoins, Behnke et Scoones (1993) note que cette pression pastorale dépend d'un processus très complexe qui met en jeu aussi bien les variations intra et interannuelles de l'environnement et des espèces végétales en présence, que des types d'animaux mobilisés et de leur comportement alimentaire, ou encore des modes de conduite du troupeau mis en place par l'éleveur et, plus généralement, des modes de fonctionnement de l'activité d'élevage.

2. Définitions

Selon Bourbouze et Donadieu (1987), il existe un nombre de notions rattachées à la relation caractérisant l'interface animal – parcours et qui diffèrent selon le contexte d'utilisation et la nécessité dans la gestion du système d'élevage en place. On peut, à ce titre citer les concepts suivants :

- **Charge, C** : c'est le nombre d'animaux d'un type précis par hectare et pour une période donnée. (Ex. : 2 brebis par hectare au printemps). Alors que pour Allen et al. (2011) et Thorne et al. (2007), c'est la relation entre le nombre d'animaux et la superficie totale du parcours en une ou plusieurs unités utilisées pendant un temps déterminé.
- **La Densité, D** : c'est le nombre d'animaux par hectare pour une courte période sur une parcelle. (Ex. : 25 chèvres par hectare pendant les 4 jours de son utilisation).
- **Capacité de pâturage, Ca** : c'est le nombre de jours x nombre d'animaux par hectare pour une période déterminée. (Ex. : 6 brebis pâturent au printemps 2 ha pendant 20 jours).
- **Pression de pâturage, PP** : c'est le nombre d'animaux d'un type précis par unité de masse d'herbe pour une période déterminée. (Ex. : la pression de pâturage en été est de 1,6 brebis par tonne de MS d'herbe disponible).
- **Herbe offerte, HO** : c'est la masse d'herbe disponible par kilo vif d'animal sur le parcours. (Ex. : 18 kg MS d'herbe par kg vif d'animal).
- **Production animale par hectare**, qui est simplement le produit : charge x production par animal dans la période considérée. (Ex. : le parcours a produit en une année 35 kg de croît par hectare).

Daget et Godron (1995) relèvent que "chacun de ces critères présente des qualités et des défauts. Certains sont commodes mais imprécis ; par exemple, la charge se réfère au nombre d'animaux mis sur le parcours, il faut donc qu'ils soient de même espèce et d'un type précis (brebis d'une race déterminée ou agneaux d'un certain âge) pour éviter des

approximations abusives. D'autres critères sont plus rigoureux mais peu utilisables sur parcours, par exemple l'herbe offerte (HO) car la collecte expérimentale pour mesurer le disponible n'est pas toujours envisageable. Aucun critère n'est parfait, il faut donc savoir en utiliser plusieurs".

Ce constat montre l'ampleur du défi dans la recherche de la mise en place d'un équilibre durable entre les capacités de production fourragère des parcours naturels, d'une part et des besoins des animaux qui les exploitent, d'autre part. Ce défi est d'autant plus important dans les régions arides et semi arides où cet équilibre est plus précaire de par la nature aléatoire de son élément principal, le climat.

Néanmoins, il faut remarquer que certains auteurs et pour des raisons ayant trait à l'aspect de durabilité ont tendance à utiliser la notion de **capacité de charge (CC)** qui se définit selon Boudet (1984) (cité par Yameogo, 2011) comme étant la quantité de bétail que peut supporter un pâturage sans se détériorer, le bétail doit rester en bon état, voire prendre du poids ou produire du lait pendant son séjour sur le pâturage. Samandougou et *al.* (2010) définissent la capacité de charge par le nombre d'animaux qu'il est possible d'entretenir sur un pâturage donné.

Hiernaux (1983) (cité par Gningue 1997) 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.

The Society for Range Management (1989) définit la capacité de charge comme «la charge maximale possible qui est compatible avec le maintien ou l'amélioration de la végétation ou des ressources associées." Pour Holohek et *al.*, (1989) la capacité de charge ou la capacité de

pâturage se réfère au niveau maximum de charge possible année après année sans provoquer des dommages à la végétation ou des ressources associées. Avant eux Sharkey (1970) (*in* Scarnecchia, 1990) la définit comme «le poids total des animaux qui peuvent être pris en charge de façon permanente." La capacité de pâturage est "le nombre d'animaux qui produisent le meilleur rendement sans endommager les ressources physiques et ce en rapport avec d'autres valeurs reçues de la terre." Ainsi la capacité de pâturage a été définie comme la capacité d'accueil nécessaire pour répondre à un seul, mais complexe objectif. Pour Heady : « la capacité de charge optimale exprime les niveaux les plus rentables de tous les produits et services, tandis que la capacité de pâturage optimale suggère la charge la plus rentable. » (Scarnecchia, 1990)

Selon Holechek et *al.* (1999), elle se réfère à la charge animale maximale possible année après année sans causer des dommages à la végétation ou aux ressources associés ; qui se rapproche de la définition émise par Thorne et *al.*, (2007) et Chehema (2005) (cité par Bouallala 2013).

C'est le taux de charge maximale qui permettra d'atteindre un niveau de performance de l'animal cible, dans un système de pâturage spécifié qui peut être appliquée pendant un temps défini, sans dégradation de la terre de pâturage. La capacité de charge est à la fois spécifique au site et varie de saison en saison et d'année en année (Allen et *al.*, 2011).

D'après Scott et *al.* (2008), c'est le nombre maximum d'animaux qui peuvent brouter un pâturage tout au long de la saison de pâturage sans lui nuire. La capacité de charge assure le fourrage adéquat pour les

animaux au pâturage et laisse suffisamment de fourrage résiduel pour la repousse l'année suivante. Le fourrage restant protège le sol contre l'érosion et augmente le rendement de fourrage l'année suivante par l'amélioration de la vigueur du peuplement, l'humidité du sol et le cycle des éléments nutritifs. L'amélioration de la productivité des pâturages peut augmenter sa capacité de charge.

Selon Bailey et Sprinkle (2004), elle peut varier d'année en année dans la même région en raison des fluctuations de la production de fourrage. La capacité de charge utilise le terme charge qui est tout simplement le nombre d'animaux sur une zone donnée à un moment donné.

Pour s'assurer que les animaux ont assez de fourrage pour rester en bonne santé et pour s'assurer que le pâturage n'endommage pas de façon permanente le sol et les ressources végétales, le nombre d'animaux et / ou le temps de pâturage doit être contrôlée.

2. Variation de la charge

La maîtrise de l'élevage des animaux sur parcours passe obligatoirement par la gestion de la charge qui représente l'élément pivot dans la conduite des pâturages, du troupeau et de la réussite économique de l'éleveur. Cependant, et en concordance avec Daget et Godron (1995), compte tenu de la complexité des paramètres qui entrent en jeu, et malgré les connaissances accumulées sur l'animal au parcours, il est clair que, dans la pratique et sur un site spécifique, il n'y a pas de substitut à l'expérience de l'éleveur. La recherche de la charge optimale doit par conséquent s'appuyer sur une double expérience théorique et pratique.

Cette relativité dans l'utilisation de la notion de charge animale met l'accent sur le fait qu'on ne peut systématiser l'utilisation de cette notion sans prendre en considération la précaution de considérer la spécificité de chaque parcours à exploiter et encore moins de faire recours à la généralisation d'une charge par rapport à une région où les parcours peuvent variés de nature et de consistance. La variation spatio-temporelle de la charge doit, donc, jalonner toute recherche sérieuse de mise en place de modèle d'exploitation des parcours naturels des régions arides et semi arides.

3. Influence de la charge sur la production animale

La recherche en matière de performance zootechniques des animaux sur parcours montrent qu'au-delà d'un certain seuil, les fortes performances individuelles exprimées par les animaux deviennent inversement proportionnelles à la production par hectare. Daget et Godron. (1995) observent que "lorsque la charge augmente, les animaux qui étaient à leur optimum commencent à se faire concurrence : la disponibilité en herbe décroît, les choix faits par les animaux les conduisent vers des végétations de moindre qualité, enfin les besoins énergétiques des animaux s'accroissent car leurs déplacements augmentent. Le croît par animal diminue donc régulièrement jusqu'à s'annuler quand les animaux sont simplement à l'entretien".

Bourbouze et Donadieu (1987) ont suggéré des modèles théoriques pour le calcul de la charge optimale (fig. 3). Ce modèle montre que la production animale par hectare (P) est égale au produit du croît individuel (y) par le nombre d'individus, c'est-à-dire par la charge (x) : $P = yx$.

Au-delà d'un seuil (P_m), le croît individuel diminue quand la charge augmente et la production animale par hectare devient une fonction parabolique : $y = a - bx$ et donc $P = x(a - bx) = ax - bx^2$.

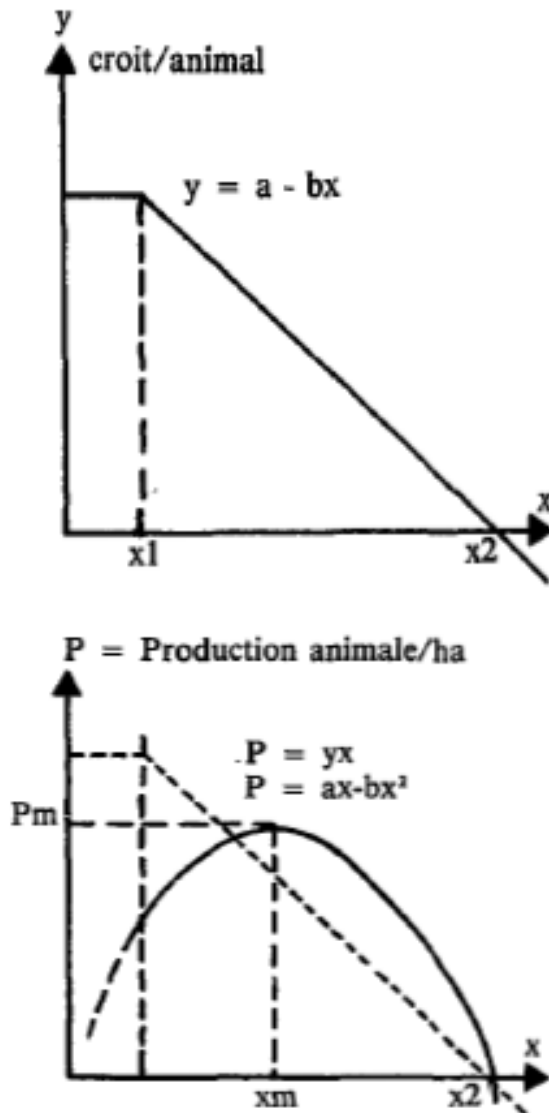


Figure 3 : modèles théoriques d'une charge optimale (Bourbouze et Donadieu, 1987)

Le graphique du modèle montre qu'au-delà d'une certaine charge (x_1), se manifeste la concurrence entre les animaux ce qui provoque une diminution régulière et continue du croît par animal (y) diminue

régulièrement jusqu'à s'annuler à la limite de la charge $x/2$. Les animaux deviennent simplement en situation d'entretien.

Comme la production animale par ha (P) est le produit du croît/animal (y) et de la charge (X), elle suit donc une courbe qui atteint un maximum (x m) représentant la charge optimale. On peut ainsi conclure que le maximum de croît des animaux ne peut correspondre à la meilleure productivité par hectare, autrement dit une forte performance productive est inversement proportionnelle à la charge par hectare au delà d'un seuil critique.

Théoriquement, le modèle montre que x m est une charge égale à la moitié de la charge (x/2) pour laquelle la production/ha devient nulle. Toutefois la réalité est plus complexe car les situations sont diverses. L'éleveur peut avoir des objectifs variés. Il utilise une charge faible dans le cas où il veut finir des animaux à l'herbe, pour avoir une croissance maximale. Il opte pour une maximisation de sa production à l'hectare, si la surface de pacage est faible. Pour les parcours collectifs, il n'hésitera pas à surcharger (s'il ne le fait pas, son voisin le fera !).

Un optimum économique peut être calculé théoriquement ou établi expérimentalement et correspondra à une charge plus faible que l'optimum de la productivité à l'hectare (figure 4).

Ecologiquement, on peut admettre avec Bourbouze et Donadieu (1987) que " l'optimum dépendra du projet sur la végétation :

- Conservation en l'état du parcours avec une charge dite d'équilibre,
- Régénération du tapis végétal avec une charge dite de restauration, donc plus faible,
- Rénovation d'un parcours en friche et prélèvement maximum avec une charge forte (entretien d'un pare-feu par exemple)".

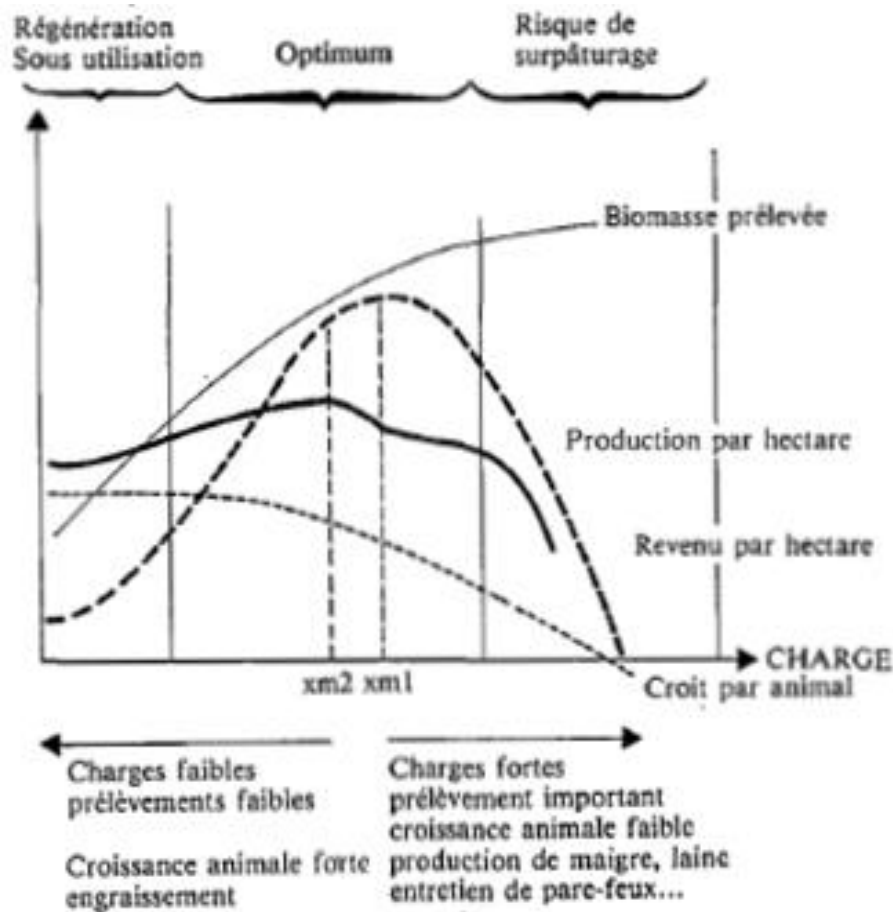


Figure 4 : Recherche d'une charge optimale (Bourbouze et Donadieu, 1987).

Pour Bourbouze et Donadieu (1987) et en fonction de ces modèles: « On ne peut donc pas définir une charge optimale sans préciser *le projet sur l'animal et le projet sur la végétation* »

Il devient donc, suivant ce raisonnement, difficile de mettre en place un modèle général pour la gestion de la charge qui se complique par la variation de l'optimum d'un mois à l'autre. Il en résulte la nécessité de moduler la charge en fonction de la fluctuation de la quantité fourragère disponible sur un parcours, tout en tenant compte que les besoins des animaux augmente dans le temps aussi.

4. Variations de la charge selon l'année et les saisons

Dans les systèmes de type "ranching", il est possible d'élaborer une véritable stratégie pour adapter la charge aux ressources annuelles ; cinq modes de gestion de la variabilité climatique sont possibles (figure 5).

- la charge est ajustée au niveau le plus bas de l'année la plus sèche ; cette stratégie pessimiste n'est jamais adoptée ;
- La charge est fixée au niveau le plus haut de la meilleure année ; cette stratégie, beaucoup trop risquée, est inapplicable ;
- La charge est placée au niveau de la moyenne des années calculées ; c'est une stratégie souvent adoptée qui implique l'apport de compléments pour compenser les déficits alimentaires ;
- la charge est variable et suit les fluctuations climatiques. L'ajustement est appliqué en fin de période de croissance de l'herbe ; cette stratégie, idéale aux yeux de l'éleveur, n'est pas facilement applicable car elle rencontre plusieurs difficultés :
 - ✓ Difficulté d'estimation de l'état des ressources disponibles,
 - ✓ Prix d'achat trop élevé des animaux maigres et à engraisser les bonnes années,
 - ✓ Risque sanitaire pour l'introduction de nouveaux animaux,
 - ✓ Très fortes réticences psychologiques pour abattre des animaux autant qu'il le faudrait les mauvaises années ;
- La charge est constante et fixée à 90 % de la charge moyenne calculée. Il faut prévoir une réduction sensible en cas de sécheresse

forte et prolongée ; c'est la stratégie la plus sage (Daget et Godron, 1995).

Dans la plupart des cas qui se rapportent au contexte pastoral traditionnel, les fluctuations climatiques sont plus souvent subies que gérées. En période de sécheresse, la "stratégie" se résume alors à une surexploitation des ressources pastorales (qui ne permet pas la reconstitution de réserves suffisantes) et, parfois, à des apports de compléments sous forme d'orge et de paille (Daget et Godron, 1995).

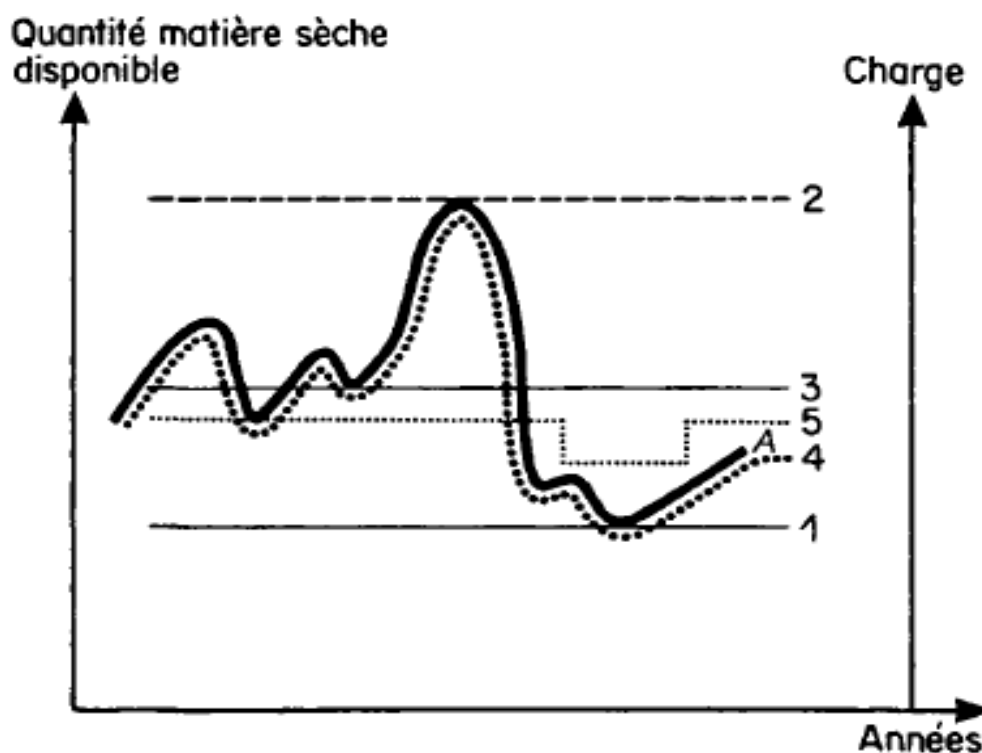


Figure 5 : Stratégies pour l'adaptation de la charge selon les années.

(Daget et Godron, 1995).

A : variation de la production végétale ; 1 : charge réglée sur la plus mauvaise année ; 2 : charge réglée sur la meilleure année ; 3 : charge réglée sur l'année moyenne ; 4 : charge variable ajustée à la production ; 5 : charge réglée à 90 % de la charge moyenne avec réduction en cas de sécheresse prolongée.

5. Comment diminuer la charge ?

La recherche de l'ajustement entre charges et ressources s'appuiera sur la connaissance de la quantité et de l'étalement du fourrage disponible et sur l'état de la végétation qui indiquera les options à prendre en matière de restauration et de régénération; plus qu'une charge moyenne, c'est une charge instantanée (mensuelle et saisonnière) qui sera significative du prélèvement animal réel dans le cadre du projet de gestion du pâturage adopté (nature du système de rotation essentiellement retenu) (Bourbouze et Donadieu, 1987).

5.1. Relation entre la charge animale et la régénération des parcours

L'idée que le taux de dégradation des parcours est proportionnel au nombre d'animaux qui y séjourne 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. 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.

Les critiques qui pèsent sur ce concept, tirent leur essence du fait que la notion de capacité de charge n'est pas équivalente selon l'objectif qui est visé:

"There is no single biologically optimal carrying capacity which can be defined independently of the different management objectives associated with different forms of animal exploitation" (Behnke et al., 1993).

A l'évidence, des systèmes d'élevage visant respectivement la production de lait, la production de viande de qualité, la croissance numérique du troupeau, ou le maintien de la biodiversité, ne peuvent agréer une même lecture du nombre optimal d'animaux que doit héberger un milieu pastoral donné. On pourrait ajouter, à l'actif de **Behnke et al.** Que même en réduisant la notion de capacité de charge à une vision "éco-centrique" du problème, celle-ci devrait être définie distinctement selon si l'on recherche en priorité:

1- le maintien de la couverture herbeuse du sol (lutte contre l'érosion).

2- le maintien de la diversité floristique (conservation du patrimoine biologique).

3- le maintien de la valeur fourragère des parcours (conservation des productions animales potentielles).

Dans le 1er cas, en effet, on cherchera à alléger la charge animale là où les sols sont les moins épais, les plus dégradés, ou les plus fragiles, comme par exemple aux abords des pôles d'activités agricoles. Dans le 2ème cas, on limitera les effectifs des troupeaux sur les parcours à forte diversité floristique, c'est-à-dire, en pratique, là où l'intensité des activités humaines est la plus faible. Dans le 3ème cas, on cherchera à équilibrer les charges animales en favorisant l'exploitation des zones les moins pâturées, et en réduisant celle des parcours déjà dégradés.

Bien qu'étant tous d'ordre "environnemental", ces différents objectifs conduisent donc à une appréciation distincte de la notion de capacité de charge (Carriere, 1996).

Les modes d'exploitation de la steppe ont été totalement bouleversés tant par les décisions politiques que les approches techniques. Dans ce volet on distingue le système traditionnel et le système moderne et leur impact sur le développement de la steppe :

A. Le système traditionnel d'élevage et de gestion des parcours steppiques, qui garantissait un équilibre biologique avec une surveillance de l'effectif du cheptel excluait tout surpâturage. Les facteurs environnementaux locaux (manque d'eau, distance à parcourir, absence de soins vétérinaires, manque de moyens de transport) participaient à réguler la taille des troupeaux selon les potentialités des espaces. La reproduction du cheptel restait traditionnelle et naturelle et demandait quelques années, laissant le temps aux parcours de se régénérer à la faveur de périodes humides, l'équilibre biologique était alors progressivement rétabli.

L'élevage ovin était l'activité économique la mieux adaptée aux conditions biophysiques du milieu, et le cheptel ovin représentait seulement 60% du cheptel national. Actuellement ce taux avoisine les 90% et pèse de tout son poids sur cet espace. Une autre activité pratiquée en adéquation avec les potentialités de la steppe était l'agriculture. Elle était surtout pratiquée de façon localisée et périodique dans des phases de dépression (Nedjraoui, 2004).

Il existait donc des conditions complémentaires entre les habitudes, les activités et le mode d'exploitation de la steppe et les éléments naturels du milieu, qui permettaient de préserver les écosystèmes locaux. La

transhumance était une pratique courante basée sur le déplacement des troupeaux vers d'autres régions, selon les saisons, à la recherche de zones où l'herbe est présente. Cette pratique permettait à la végétation herbacée de se régénérer.

B. Les possibilités offertes par le développement économique du pays allaient concourir à changer fondamentalement les données du problème pastoral et bouleverser l'équilibre précaire de la zone steppique. Plusieurs éléments nouveaux et complémentaires sont intervenus et ont provoqué la rupture de cet équilibre. Les principales causes sont :

- La modernisation des systèmes d'élevage ovin ;
- Les activités de transport ;
- Les progrès des soins vétérinaires ;
- La sédentarisation de plus en plus importante, découlant de l'implantation de village et de zone de vie, dont la conséquence est une perturbation des coutumes des habitants de l'espace steppique.

L'ensemble de ces progrès s'est traduit par une augmentation des effectifs du cheptel ovin évaluée entre 1970 et 2000 à 75%, soit un taux d'accroissement annuel de 2.5%. Les répercussions de cette constante augmentation du cheptel sont catastrophiques dans un premier temps sur la pérennité des parcours et dans un second temps sur l'équilibre de toute la région déjà menacée par le phénomène de la désertification. Il s'agit d'une réelle crise du pastoralisme, puisque pendant des siècles, les sociétés agro-pastorales étaient un exemple reconnu d'équilibre entre l'homme et le milieu naturel. Le principe de base de l'équilibre agro-pastoral est la mobilité. Les sociétés pastorales étaient nomades ou semi-nomades, pratiquant la transhumance. La règle était de ne jamais rester

trop longtemps au même endroit. La pression sur le milieu était donc répartie dans le temps et dans l'espace, au rythme des saisons selon des règles précises et adoptées par tous les éleveurs. Ce système fonctionnait avec une organisation et de institutions tribales et un droit coutumier reconnu et respecté de tous. Malheureusement ces systèmes agro-pastoraux connaissent, depuis quelques décennies, des mutations profondes en raison d'une désorganisation de la société pastorale avec des erreurs de politique économique (Mohammedi et *al.*, 2006).

Le souci majeur de tout pasteur en milieu steppique, est le désir permanent d'accroître l'effectif de son cheptel, avec une diversification des espèces animales. Ainsi, si les ovidés et les caprinés constituent les deux composantes majeures des troupeaux, l'effectif des camélidés reste également à considérer, en particulier sur les formations végétales halophiles de la steppe algérienne. Cette composition des troupeaux se traduit par une incontestable pression animale sur la végétation steppique du milieu aride, élargissant de fait le spectre d'acceptabilité et d'appétibilité des espèces pastorales.

L'exploitation permanente des pâturages naturels, utilisant une charge animale nettement supérieure au potentiel de production des parcours, a pour effet de réduire leur capacité de régénération naturelle. L'effectif du cheptel pâturant en zones steppiques et dont la composante prédominante est l'espèce ovine (environ 83% du cheptel), n'a cessé d'augmenter depuis 1968. La croissance accélérée de l'effectif a pratiquement triplé le troupeau ovine en l'espace de trente (30) ans. De 5.600.000 têtes en 1968, le cheptel ovine passe à 18.000.000 de têtes en 2003.

La superficie des parcours a en revanche subi une régression considérable, en particulier sous l'effet du défrichement pour la céréaliculture. De ce déséquilibre, résulte une augmentation de la charge pastorale, communément désignée par surpâturage.

Il y a surpâturage quand l'effectif du bétail est trop nombreux par rapport à la surface pâturée ou bien y est maintenu trop longtemps, les bonnes espèces prennent un aspect chétif et rabougri avant de disparaître et sont remplacées par des espèces moins appréciées par le bétail, puis ces dernières sont à leur tour sursaturées et certaines d'entre elles disparaissent, jusqu'à l'obtention d'un sol quasi nu très vulnérable à l'érosion (Nedjimi et Guit, 2012).

Selon Senoussi (2010), dans une grande partie de la steppe, le surpâturage constitue l'action la plus dévastatrice sur la végétation pérenne et le principal facteur de désertification durant les deux dernières décennies. 1 Milliard d'U.F./an est le déficit fourrager des parcours steppiques. Tel est le résultat des dernières décennies qui ont fait que les écosystèmes steppiques sont fortement déséquilibrés à cause d'une dégradation alarmante qui caractérise ces milieux. Cela est lié à la variabilité intra et interannuelle des éléments climatiques et aux facteurs anthropozoïques accentués par la modification des systèmes d'exploitation du milieu « surpâturage, introduction de nouveaux systèmes de cultures...etc. ». Ce constat à mener nombre de spécialistes à tirer la sonnette d'alarme ; Le Houerrou (1969), Djebaïli (1978) et Floret et Pontannier (1982) qui s'accordent tous à dire que les surfaces pastorales et surtout leurs potentiels écologiques notamment de production ont régressé de manière spectaculaire. C'est ainsi que la steppe a fini par être surchargée et dégradée, elle ne fournit que 64 U.F./an. Depuis 1985, sa capacité a

baissé de moitié en passant de 0,18 à 0,09 équivalent brebis /ha ; autrement dit il faut désormais 11 ha de steppe pour assurer les besoins d'une équivalente brebis Boutonnet (1989) (cité par Dine, 2002). La steppe se caractérise donc de fait par une surcharge de ses parcours dont l'effectif du troupeau, avec un rapport de 1,3 ovin par ha palatable en 2000, contre 0,8 seulement en 1985.

Le terrain est révélateur d'une situation fort contraignante et de ce que supporte l'espace des parcours des actions très diverses à la fois à caractère collectif et individuel. Ce constat est une dégradation des parcours. Cette situation marquée par une augmentation de la charge animale sur les parcours est due essentiellement à deux facteurs, le premier est la réaction de l'espace des parcours par le biais de colonisation des terres de mise en valeur. On remarque une diminution des espaces des parcours et une traumatisations des déplacements puisque dans certaines zones de la steppe il n'y a pas de couloirs de passage des cheptels. Le deuxième, c'est le mode de conduite des éleveurs qui veulent accroître leur production en saisons favorables par la thésaurisation du cheptel.

6. Pratiques de gestion des troupeaux et des parcours

L'éleveur exprime ses connaissances et son expérience de la gestion des ressources naturelles de diverses façons: par la conduite de son troupeau (en modifiant sa composition, en le faisant paître à un endroit plutôt qu'un autre, etc.); par ses propres déplacements et par son observation des ressources naturelles.

L'objectif principal de l'éleveur n'est pas simplement d'augmenter son troupeau. Il veut aussi accroître la production, maintenir une bonne

composition du troupeau, et assurer la résistance du bétail aux maladies à l'aide de techniques d'amélioration du cheptel.

La conduite des troupeaux peut représenter un travail dur ou facile, selon son intensité et selon le type de bétail. En principe, les éleveurs d'un même groupe social peuvent utiliser librement n'importe quelle partie de leur territoire. Cependant dans la pratique, chacun reste sur les parcours qu'il connaît le mieux.

La stratégie de la mobilité est l'un des moyens les plus avisés et les mieux adaptés pour satisfaire les besoins du bétail dans un milieu toujours variable. Elle exige de vastes parcours, ce que la plupart des populations ont maintenu longtemps en mettant en commun les droits territoriaux. La quantité et la qualité de l'eau et du fourrage, et la mesure dans laquelle sont satisfaits les besoins de son troupeau demeurent les facteurs déterminants. D'année en année, les nombreux critères qui déterminent ces décisions peuvent varier pour chaque famille, en fonction de l'évolution des conditions sociales ou environnementales. Cela laisse aux éleveurs une souplesse qui leur permet de faire face aux défis de l'environnement et à leurs besoins essentiels.

Dans les régions les plus arides, la disponibilité en eau pose de graves problèmes pendant la saison sèche, tandis que la disponibilité en fourrage devient pendant la saison des pluies le facteur le plus important. Les modalités de concentration et de dispersion des troupeaux peuvent varier. Dans certains cas, les troupeaux sont concentrés pendant la saison sèche autour de plusieurs puits permanents pour se disperser pendant la saison des pluies. D'autres groupes choisissent de disperser les troupeaux pendant la saison sèche, à cause du manque de fourrage, et ils les

concentrent pendant la saison des pluies lorsque l'eau et l'herbe sont abondantes.

La transhumance, ou le déplacement des troupeaux entre différents pâturages d'une saison à l'autre, est une forme traditionnelle de rotation des pâturages et de mise en défens. Les stratégies de rotation des éleveurs sont parfois plus efficaces et plus complexes que les systèmes développés à l'aide de clôtures. Ces déplacements présentent plusieurs avantages. Les pâturages de saison sèche bénéficient d'une période de repos et de croissance pendant la saison des pluies, ce qui maintient et parfois augmente la biomasse végétale; les pâturages de saison des pluies, qui ne sont pas utilisés pendant la saison sèche, gardent une bonne couverture végétale qui protège le sol de l'érosion produite par les premières pluies; ces deux effets ont pour résultat de maintenir et parfois même d'augmenter la capacité de charge des terres. Il est impossible de savoir si ces stratégies de mise en défens temporaire et de rotation représentent un effort délibéré visant à conserver les ressources naturelles, ou si la conservation est un résultat bénéfique mais involontaire.

Tous les éleveurs ont un système qui leur permet d'évaluer la productivité d'un parcours et de calculer, à partir de là, la capacité de charge approximative. Ces systèmes sont basés sur l'observation de certains signes et indices précis qui renseignent quant à l'état du milieu, les pressions qu'il subit, et les changements qui interviennent. Ces indicateurs comprennent notamment certaines espèces végétales, les types de sols, le couvert ligneux, ainsi que la quantité et la qualité globales du fourrage. Le comportement des animaux fournit également des indications importantes qui permettent aux éleveurs d'évaluer l'état des terres qu'ils utilisent. L'évaluation de l'état des pâturages dégradés est

souvent très précise, et les connaissances des éleveurs sur le processus de dégradation sont très détaillées (Ferchichi, 2004).

Selon Jeder et Sghaier (2010), l'une des raisons de l'échec des projets d'aménagement des terrains de pâturage est qu'il ne semble pas y avoir de la consistance dans la définition des variables pertinentes dans l'écologie: la capacité de charge du pâturage et l'équilibre bioéconomique du couvert végétal en matière de disponibilités fourragères dans l'espace et dans le temps.

Il s'ensuit que l'exploitation des parcours reste dominée par une interaction permanente entre les intérêts privés des éleveurs et les intérêts collectifs. Les premiers sont liés aux effectifs de cheptel appropriés et les seconds sont rattachés à l'usage conjoint des ressources fourragères.

Les notions de charge animale et de capacité de charge sont le plus souvent employées pour aborder la problématique de la pression de pâturage et de l'impact des troupeaux sur l'intégrité des milieux (Daget et Poissonet, 1972).

Mais leur emploi est délicat, notamment dans les zones arides, étant données les fortes imprédictibilités des conditions climatiques, l'hétérogénéité des milieux et la complexité des droits et des modes d'usages des parcours. D'autre part, alors qu'elles peuvent être très utiles en écologie pastorale pour des approches comparatives sur la qualité de parcours, ces notions apparaissent peu opérationnelles pour orienter des modes de conduite d'élevage plus respectueux de l'écologie de ces milieux. (Genin et Hanafi, 2010).

Chapitre III : *Salsola vermiculata* L.

1. Généralités

L'espèce *Salsola vermiculata* L. (figure 6) est classée dans la famille des Chénopodiacées où on rencontre les genres *Atriplex*, *Salsola*, *Chenopodium*, *Halocnemum*, *Arthrocnemum*, *Salicornia*, *Arthrophytum*, *Anabasis*,.... Cette famille, qui regroupent plus de cent genres et un millier d'espèces, est dominée, surtout, par des plantes halophiles qui se développent préférentiellement sur les sols salés et se répartissent autour des Sebkhates et des Chottes selon le gradient de salinité (Serhani, 2009).



Figure 6 : *Salsola vermiculata* L. (station expérimentale de Thlidjène)

(Cliché : Yousfi, 2014)

Meftah (2003) rapporte que les *Chenopodiaceae* sont adaptées morphologiquement aux conditions extrêmes par l'existence de racines profondes et pénétrantes, destinées à absorber la plus grande quantité d'eau possible, et par des feuilles alternées, petites et farineuses ou

recouvertes de poils, lobées, parfois épineuses, formées de manière à réduire les pertes d'eau par la transpiration.

Pour Ozenda (1991), les *Chenopodiaceae* peuvent être décrites comme étant des plantes buissonnantes, et ne se présentent que rarement sous la forme herbeuses (Ex : *Chenopodium*, *Bassia*). Certains genres comme l'*Atriplex* possèdent des feuilles à limbe plat et bien développé, mais la plus grandes parties des genres, le cas de *Salsola*, se caractérisent par des feuilles se réduisent à une gaine entourant la tige et terminée par un limbe réduit à une pointe coriace ce qui donnera aux rameaux un aspect articulé.

Bouchoukh (2010) rapporte que "certains genres ont des tiges pulpeuses, à courts segments inter-nodaux, entièrement dépourvues de feuilles, ce qui donne aux plantes un aspect singulier semblable à celui d'un cactus. Les fleurs, peu visibles cachées en partie entre les bractées regroupées en inflorescences en épi ou à cyme, sont petites, hermaphrodites, ou unisexuelles et sont pollinisées par le vent. Les pétales et les sépales, très semblables, sont généralement constitués par cinq, trois ou deux lobes de couleur marron ou verdâtre".

Le Houérou (1980) indique que le genre *Salsola* comprend près de 130 espèces dont l'origine se situe dans la zone méditerranéenne, les régions arides et côtières de l'Eurasie et le Nord, Sud et Est de l'Afrique. Les espèces les plus fréquentes en Afrique du nord sont : *Salsola vermiculata* L., *Salsola tetragona* Del., *Salsola gemmascens* L., *Salsola tetrandra* L., *Salsola sieberi* Presl., *Salsola Kali* L., *Salsola soda* L., *Salsola longifolia* Forsk., *Salsola paletziana* Litv., *Salsola foetida* Del.

L'inflorescence de ce genre est caractérisée par des fleurs hermaphrodites ou polygames à deux bractées (figure 7). Le périanthe à

cinq pétales devenant accrescents autour du fruit et muni d'une aile transversale (l'ensemble simule, souvent, une corolle brillante), 4 à 5 étamines saillantes à la floraison. Le fruit (figure 8), est une graine horizontale sub-globuleuse. (Quezel et Santa, 1962).



Figure 7 : Fleurs de *Salsola vermiculata* L.

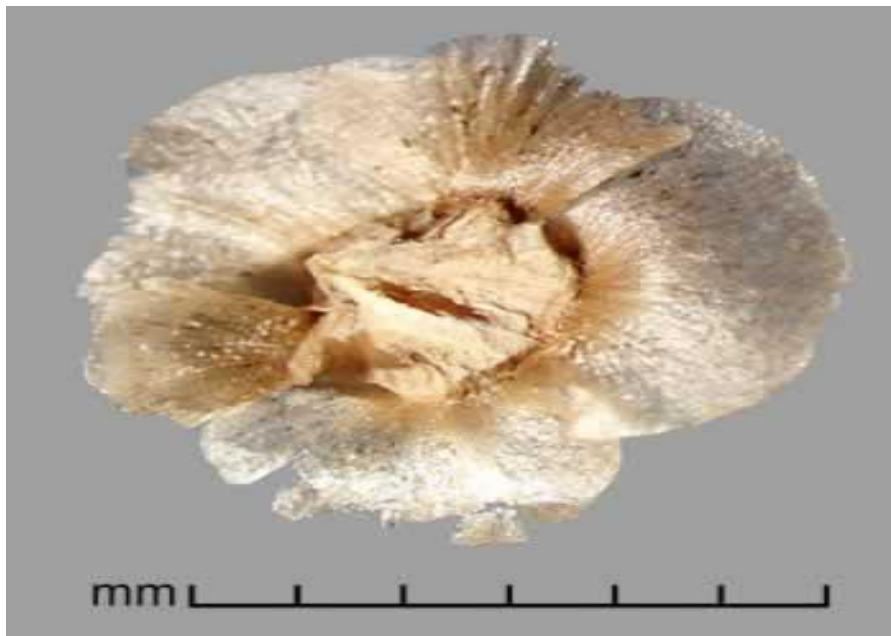


Figure 8 : Graine de la *Salsola vermiculata* L.

2. Taxonomie

Règne : Plantae.

Sous-règne : Tracheobionca.

Subdivision : Spermatophyta.

Division : Magnoliophyta.

Classe : Magnoliopsida.

Sous- classe : Caryophyllidae.

Ordre : Caryophyllales.

Famille : Chenopodiaceae.

Genre : *Salsola*.

Espèce : *Salsola vermiculata* L.

3. Biogéographie

Le Houerou (1980) situe l'aire de répartition de l'espèce *Salsola vermiculata* L., comme le reste des plantes halophiles, dans les zones salées des régions arides et semi-arides à climat méditerranéen. C'est une espèce qui se caractérise par une tolérance vis-à-vis de la teneur en chlore allant jusqu'à 50g/kg de terre sèche, faisant ainsi partie des groupements hyper-halophiles (Lapeyroni, 1982).

La biogéographie des *Chenopodiaceae*, selon beaucoup d'auteurs, s'étalent dans les habitats salins tempérés et subtropicaux, en particulier dans les régions littorales de la mer méditerranée, et de la mer rouge, dans les steppes arides de l'Asie centrale et orientale, aux marges du désert du Sahara, dans les prairies alcalines des Etats-Unis, dans le Karoo en

Afrique méridionale, en Australie et dans les pampas argentines. Elles poussent également comme des herbacées sur les sols riches en sel, surtout en présence d'écoulement d'eau et de terrains accidentés (Bouchoukh, 2010)

Sur les terrains salés, qui sont fréquents dans les régions arides et semi-arides en générale et en Afrique du Nord en particulier, aussi bien en zones littorales que continentales (chotts, sebkhas), on trouve un cortège floristique important dominé par des espèces qui tolèrent des niveaux élevés de salinité dans le sol : *Salsola* sp., *Suaeda* sp., *Atriplex* sp., *Zygophyllum* sp.,... (Bouchoukh, 2010).

Comme ces formations halophytes sont azonales ne possédant pas d'exigences strictes du côté pédologique, on peut les retrouver le plus souvent, en Algérie, autours des Chotts où une forte tendance de salinité est perceptible (Aboura, 2006)

Pour Aboura (2006), la nature et la diversité des sels solubles détermine fortement l'hétérogénéité des halophytes. Les halophytes sont le plus souvent installées dans des milieux alcalins, mais ne constituent cependant pas l'ensemble des végétaux « alcalinophiles » car un sol peut être fortement alcalin sans contenir une solution riche en sel.

Climatiquement, le genre *Salsola* occupe les zones caractérisées par une saison estivale sèche et une saison hivernale humide et fraîche. Les pluies sont irrégulières dans le temps (inter - saisons et inter - années) ; la période sèche dure de 06 à 08 mois et la pluviosité varie d'une région à une autre de 100mm à 400 mm. Les minima des températures varient entre 3°C - 6°C pour le mois le plus froid et les maxima entre 24°C - 40°C pour le mois le plus chaud (Pouget, 1980).

Peu d'études consacrées aux exigences édaphiques de cette espèce. Notons, néanmoins, qu'on peut conclure à partir des études réalisées par

Killian en 1965 dans la région de Terchoucha (près de Taâdmit dans la wilaya de Djelfa), que :

- ✓ L'espèce *Salsola vermiculata* L., peut exister en association avec l'espèce *Artemisia herba alba* Asso. sur un sol contenant 36 à 41% de limon avec un pH de 8,1 à 8,4 et d'infimes quantités de chlorure et de sulfate ;
- ✓ Une dominance de l'espèce *Salsola vermiculata* L. (pouvant atteindre 100%) est enregistrée dans le cas des sols à plus grande teneur en sulfates (2,4%) ;
- ✓ La *Salsola vermiculata* L. se trouve en association avec l'espèce *Atriplex halimus* sur un sol riche en argile d'un pH de 7,6.

4. Valeur fourragère

L'espèce *Salsola vermiculata* n'a pas fait l'objet de beaucoup d'études concernant sa valeur fourragère. Néanmoins, les quelques résultats existant à l'instar de ceux de Bouhrik (1996), montrent que la valeur fourragère, exprimée en UF, UFV et UFL, de *Salsola vermiculata* L. varie en fonction de la saison. Les valeurs minimales sont enregistrées au mois de mars (respectivement 0,26 - 0,21 et 0,24), alors que les valeurs maximales sont obtenues au mois de décembre (respectivement 0,39 - 0,50 et 0,56). La valeur azotée exprimée en MAD suit une courbe inverse et atteint son maximum au mois d'avril : 203 g/kg MS.

Dans la région de Thlidjène (W. Tébessa) et pour un prélèvement de la saison printanière, Merad enregistre en 2005 une valeur fourragère de *Salsola vermiculata* L. de 0,50 UF/ kg MS et une valeur azotée (MAD) de 147 g/kg MS.

Les différences des résultats concernant la valeur nutritive de cette espèce dépendent étroitement de conditions du milieu où a lieu le

prélèvement d'échantillon et de la période de celui-ci. Le stade phénologique est décisif dans la détermination de la valeur fourragère d'une plante (Aidoud, 1989).

Des exemples de résultats de différentes valeurs fourragères de l'espèce *Salsola vermiculata* L. (Tableau 2) enregistrés par un nombre d'auteurs pour différents mois sur des années différentes sont rapportés par Le Houerou (1980) dont nous citons ci-dessous trois exemple :

- Rodin et *al.* enregistre en 1968, une valeur énergétique nettement élevée au mois de juin (0,75 UF/kg MS) par rapport à celle du mois de novembre (0,42 UF/kg MS) ;
- Papanastasis et Liacos enregistrent en 1980, une valeur 0,78 UF/KG MS pour un prélèvement du mois de juin.

5. Intérêt écologique :

Par ses qualités de sa résistance à la sécheresse, sa capacité à utiliser la nappe phréatique, sa contribution à lutter contre la dégradation des sols, sa mise en culture relativement facile, ainsi que sa forte productivité ; l'espèce *Salsola vermiculata* L. est qualifiée par Le Houérou (1989) comme l'une des espèces les plus importantes dans la région de l'Afrique du Nord.

Elle est décrite par Nabih (1996) comme l'un des plus importants arbustes fourragers en termes de régénération de la Steppe en Syrie en raison de sa tolérance à la sécheresse et à la salinité, avec une grande valeur pastorale à travers les saisons et est utilisée par les ovins et les camelins. Elle s'auto – régénère quand la pluviométrie atteint 200mm/an. Au Maroc, Fagouri et *al.* (1996) indiquent que « La dominance de cette

espèce est un indicateur d'un bon parcours. *Salsola vermiculata* est un fourrage de très bonne qualité et très appétable et très riche en protéine. ».

En Algérie, Bouhrik (1996) trouve dans la zone d'El Outaya (W. Biskra), appartenant à l'étage bioclimatique aride, que l'espèce *Salsola vermiculata* L. peut produire jusqu'à 400 kg de matière sèche par hectare et par an avec une valeur pastorale de 152 UF/ha/an.

Chapitre IV : *Artemisia herba alba* Asso.

1. Présentation

L'une des espèces capables de reconstituer des écosystèmes pastoraux dégradés en bioclimat méditerranéen est *Artemisia herba-alba* Asso. (armoïse blanche) (figure 9). Ses caractéristiques morphologiques et physiologiques font d'elle une espèce bien adaptée aux conditions climatiques arides. Le dimorphisme saisonnier de son feuillage lui permet de réduire la surface transpirante et d'éviter ainsi les pertes d'eau (Ourcival, 1992 ; Oppenheimer, 1961).

Artemisia herba-alba est une plante appartenant à la famille des Astéracées, ligneux bas toujours vert, dont la croissance végétative a lieu à l'automne (feuilles de grande taille) puis dès la fin de l'hiver et au printemps (feuilles plus petites). Riche en huiles essentielles, cette espèce a des vertus purgatives évidentes jouant un grand rôle dans le contrôle des vers intestinaux, en particulier des ovins, mais pouvant également entraîner la mort de jeunes agneaux. Les feuilles de cette espèce sont utilisées en médecine traditionnelle pour soigner le diabète, bronchite, abcès, diarrhée et comme vermifuge (Le Floch, 1983).



Figure 9 : *Artemisia herba alba* (Cliché Yousfi, 2014)

2. Taxonomie

Artemisia herba-alba est classé dans :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionca

Subdivision : Spermatophyta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous- classe : Asteridae

Ordre : Asterales

Famille : Asteraceae

Tribu: Anthemideae

Sous-tribu: Artemisiinae

Genre : Artemisia

Sous-genre: Seriphidium

Espèce : Artemisia herba-alba Asso.

3. Identité vernaculaire

Tamazight : Ifsi

Arabe : Chih

Français : Armoise blanche.

4. Aspects botaniques

4.1 Morphologie

Artemisia herba-alba est une plante herbacée vivace vert-argent se développant entre 20 et 40 cm de hauteur, c'est une chamaephyte (c'est à dire les bourgeons donnant lieu à une nouvelle croissance chaque année sont situés près du sol). Les tiges sont rigides et dressées. Les feuilles grises des pousses stériles sont pétiolées, ovales à orbiculaires dans les grandes lignes alors que les feuilles des tiges florifères sont beaucoup plus petits. Les capitules sont sessiles, oblongues et effilées à la base. Les plantes fleurissent à partir de Septembre à Décembre. Les plantes sont oblongues et effilées à la base. Les plantes se trouvent dans les steppes du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord où ils sont fréquents et parfois stand-forme (Feinbrun et Dothan, 1978).

Grâce à son système racinaire très dense à la surface, l'armoise blanche est capable de valoriser toute humidité superficielle occasionnée par des petites pluies (Le Floc'h, 1989). Cette espèce est également capable d'exploiter l'humidité du sol jusqu'à 50 cm de profondeur (Floret et Pontannier, 1982) et peut profiter des fractures de la croûte, pour atteindre les poches d'humidité, notamment dans les sols à encroûtement calcaire (Ourcival, 1992).

La division de la touffe en sous individus autonomes pour l'alimentation hydrique, lui permet de supporter la mort d'une partie de la touffe sans que l'individu disparaisse (Ourcival, 1992).

Evenari et *al.* (1976), ont rapporté que chez les individus âgés d'*Artemisia herba-alba*, la tige principale se divise en « branches » physiologiquement indépendantes les unes des autres et susceptibles de

mourir sans entraîner la mort de la plante entière. Waisel et *al.* (1972) ont démontré que chez *Artemisia herba-alba*, le transport de l'eau des racines aux tiges se fait selon un modèle dit « d'ascension sectorielle en détour ». L'eau prélevée par une racine est véhiculée jusqu'à une tige (et une seule) qui n'est pas forcément au dessus de la racine correspondante.

Le genre *Artemisia* L. (famille des Astéracées, la tribu Anthemideae), comprend un nombre variable d'espèces (de 200 à plus de 400, selon les auteurs) qui se trouvent dans toute la moitié septentrionale du monde. Le genre peut être divisé en sections *Artemisia* et *Dracunculus* (Mohsen et Ali, 2008).

4.2. Biotope et répartition

Plante peuplant les steppes argileuses, pâturages rocaillieux et terreux des plateaux et des basses montagnes des régions sèches (Rhaffari 2008).

Le genre *A. herba-alba* est un arbuste nain médicinal et aromatique sauvage qui pousse dans les zones arides du bassin méditerranéen, s'étendant dans l'Himalaya du nord-ouest. Cette plante est abondante dans la péninsule ibérique et atteint une plus grande population dans le centre de l'Espagne qui s'étend sur la partie orientale, sud-est et sud de l'Espagne. Ce taxon pousse de manière sauvage sur des substrats nitrophiles et de gypse riche (Salido et *al.*, 2004 ; Dunn, 1996).

Sur les Hauts-Plateaux algériens, les steppes d'armoise s'imbriquent avec les steppes d'alfa, les deux espèces présentant une localisation parfaitement définie : l'alfa est fixé sur les parties hautes tandis que l'armoise se trouve dans les dépressions et dans les moindres griffes d'érosion (Daget et Godron ; 1995). La steppe d'armoise est souvent un

stade post-cultural plus ou moins ancien. Les parcours d'armoise constituent une ressource importante grâce à la végétation annuelle qui l'accompagne et lui est souvent préférée.

La steppe à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) couvrait, en Algérie (Aidoud, 1989), en faciès purs relativement homogènes, une surface évaluée à $10,5.10^6$ hectares (Le Houérou, 1975).

Le couvert végétal d'une telle steppe en bon état est souvent supérieur à 30 %, dont 20 à 25 % pour l'armoise seule. Cette steppe, qui a été décrite comme caractérisant les sols lourds des dépressions d'où elle a été progressivement éliminée par la mise en culture, semble être devenue typique des sols limono-sableux des glacis à croûte calcaire (Aidoud, 1997).

Malgré son exceptionnelle résistance à la sécheresse et au pâturage (Evenari et al., 1975 ; Aidoud, 1988), elle est désormais en forte régression.

De même, dans les situations où elle subsiste, son couvert a beaucoup baissé et la contribution de l'armoise a nettement régressé au profit de celle d'autres espèces moins appréciées du bétail : *Atractylis serratuloides*, *Anabasis* sp, *Noaea mucronata*, *Hammada* sp.et, localement, *Salsola vermiculata* (Aidoud et al., 2006).

5.Valeur fourragère

Selon Daget et Godron (1995). L'analyse moyenne donne, en pourcentage de la matière sèche : 11,2 % de MAT, 11 % de MM, avec $0,42 \text{ UF.kg MS}^{-1}$. La phytomasse consommable varie avec la saison : elle est faible à la fin de l'hiver et au début du printemps (200 à $400 \text{ kg MS-ha}^{-1}$ pour 30 à $40\ 000$ pieds. ha^{-1}) et atteint 900 kg. ha^{-1} en mai-juin. La valeur nutritive reste élevée toute l'année sauf au début de l'hiver et en fin

d'été. En effet, les analyses indiquent une faible valeur azotée (MAT = 6 % MS) en mars et juin, mais la teneur atteint 15 % en avril-mai et 20 % en septembre-novembre. Malgré sa bonne valeur nutritive au printemps, l'armoise est peu broutée pendant cette période ; elle est même considérée comme légèrement toxique à cette époque. Les plantes annuelles qui l'accompagnent fournissent 100 à 500 kg MS.ha⁻¹ suivant le climat de l'année. Les rendements de la nappe d'armoise peuvent varier de 100 à 3 000 kg. ha⁻¹ de matière verte selon le mode d'exploitation : pâturage continu ou pâturage contrôlé (voir tableau 1).

Tableau 1 : Valeur fourragère d'Artemisia herba alba

Stade végétatif	MS%	Composions en % de MS			Valeur fourragère		
		MAB	Mcel	MM	UF	MAD	MAD/UF
Rameaux frais	29.9	13.0	24.7	10.8	5.0	8.9	2

Source : Le Houérou (1980).

D'après Aidoud (1989), la phytomasse d'une steppe à armoise blanche, en bon état de conservation, est de l'ordre de 900 à 1.100 Kg/ha. L'efficacité biotique est d'après Aidoud (1988), de 0,24 à 0,85. D'après Nedjraoui et Bechet (1982), la valeur énergétique de l'armoise blanche, très faible en hiver (0,2 à 0,4 UF/Kg MS), augmente rapidement au printemps (0,92 UF/Kg MS) pour diminuer de nouveau en été (0,6 UF/Kg MS). En automne les pluies de septembre, provoquent une nouvelle période de croissance et la valeur énergétique augmente de nouveau (0,8 UF/Kg MS).

6. Vertus médicinales

Le genre *Artemisia* est connu pour contenir de nombreux composés bioactifs; artémisinine exerce non seulement une activité antipaludique, mais aussi profonde cyto-toxicité contre les cellules tumorales (Efferth, 2007). Au cours des dernières décennies l'espèce d'*Artemisia* ont été utilisées traditionnellement dans les populations variées, ainsi, *A. keiskeana* Miq a été utilisé comme un médicament traditionnel chinois pour le traitement de la maladie gynécopathie, aménorrhée, ecchymose et rhumatismales (Kwak et al, 1997).

Des espèces d'*Artemisia* sont des plantes populaires qui sont utilisés pour le traitement de maladies telles que l'hépatite, le cancer, l'inflammation et les infections par des champignons, des bactéries et des virus (Kim, 2002). En outre, plusieurs espèces d'*Artemisia* sont utilisées dans la médecine traditionnelle, *A. mongolica* a été utilisé en médecine traditionnelle pour les générations pour guérir les inflammations et le rhume du nord-ouest de la Chine (Hu.J et *al.*, 1996), *A. pontica* L. est bien connu dans la médecine folklorique bulgare en tant que sédatif et un apéritif (Todorova, 1996).

Artemisia herba-alba Asso, connu aussi comme la déserte armoise (Segal et *al.*, 1987), a été utilisé dans la médecine traditionnelle par de nombreuses cultures depuis les temps anciens, utilisés dans la médecine traditionnelle marocaine pour traiter l'hypertension artérielle et / ou le diabète (Ziyyat et al., 1997) et (Zeggwagh, 2008). Tisane de cette espèce a été utilisée comme analgésique, antibactérien, antispasmodique, et hémostatique (Laid, 2008).

L'infusion de l'armoise blanche est consommée comme vermifuge, emménagogue, diurétique, stomachique, antiseptique intestinal, tonique, dépuratif, cholagogue, antidiabétique (Rhaffari, 2008).

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre V : Description de la zone d'étude

1. La situation géographique de la zone d'étude

La zone concernée par l'étude fait partie de lieu dit Fadj Oucif de la zone pastorale appelée Fadj el Atrous, couvrant une superficie de 500ha. Elle est située au nord de la commune de Thlidjène (sud de la wilaya de Tébessa) qui, par sa superficie de 182.500 ha, forme la plus grande commune et, aussi, la plus grande zone pastorale de la wilaya de Tébessa (figure 10).

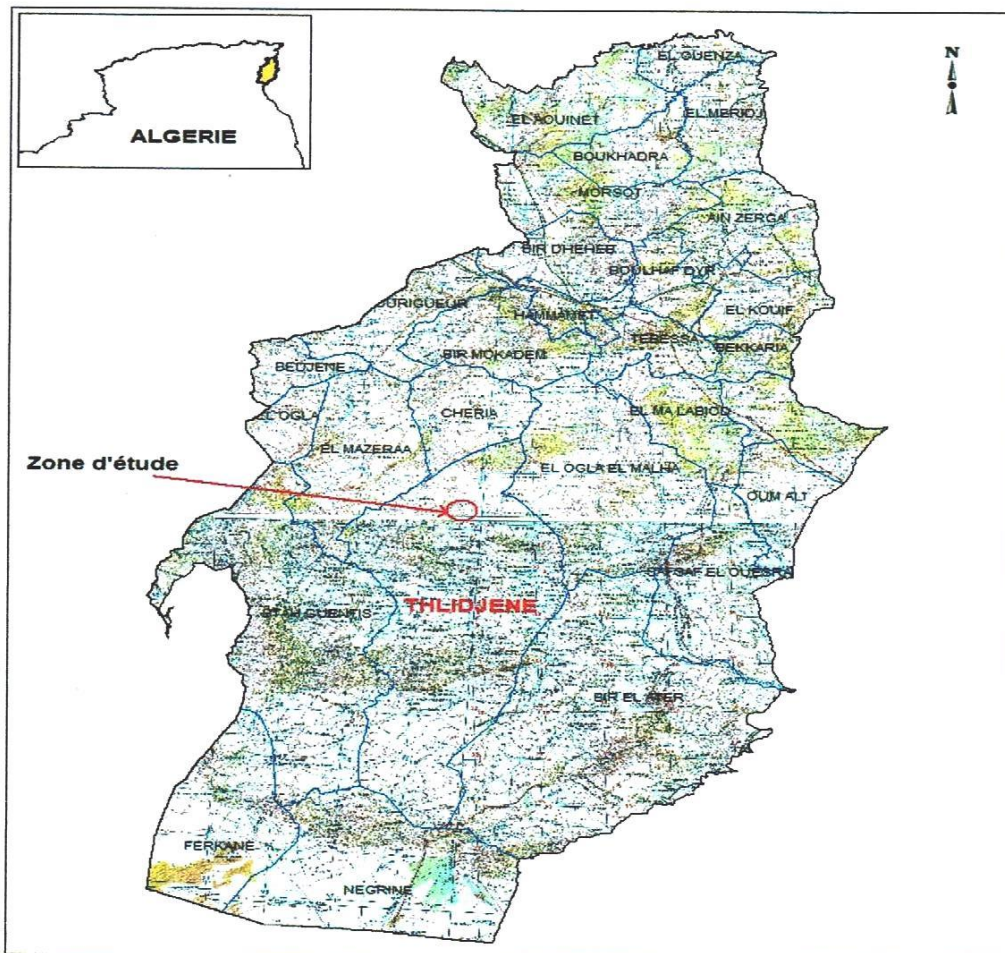


Figure 10 : Carte de localisation de la zone d'étude.

2. Relief

Le parcours étudié est situé au piedmont de la montagne dite Dhiret El Atrous et appartient à la plaine de Thlidjène cernée par les montagnes de Reddama au nord, El Atrous à l'est, Sidi Abid au sud et Zoura à l'ouest.

Les pentes sont de l'ordre de 3 à 12.5 %. Il faut noter la présence d'un ravinement affectant toute la zone et provoquant une érosion intense.

3. Sol

La zone d'étude est caractérisée par un sol squelettique de type évolué d'apport colluvial. Le profil est peu profond du type A-C ne dépassant pas 35 cm. L'horizon A est homogène de couleur brune avec une structure lamellaire en profondeur et plus ou moins particulière en surface et une texture moyenne à légèrement grossière tout au long du profil. Ce type de sol domine, généralement, dans les zones steppiques (HCDS CR Est, 2014).

4. Climat

4.1. Précipitations

Les données concernant les précipitations, présentées ci-dessous dans le tableau n°2, montrent bien que la zone concernée se situe dans la zone où la moyenne de pluviométrie tourne autour de 250mm/an. Les données fournies par le Commissariat Régional de l'Est (HCDS) sont calculées sur 15 années successives dans la Station Pastorale de Thlidjène jouxtant le périmètre étudié de Fedj Oucif.

Tableau n°2 : Précipitations. Période 2001-2012.

Mois	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Total
P(mm)	37.66	19.88	21.63	16.25	25.5	12.16	21.02	42.13	20.23	14.43	7.42	11.38	249.69

Source : HCDS CR Est

Les données du tableau 3 portent sur la répartition saisonnière des précipitations et montrent que l'essentiel des pluies tombe au printemps et à l'automne (65,09% du total de la pluviométrie). Ces données sont calculés à partir du tableau n°2.

Tableau n°3 : Répartition saisonnière des précipitations

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Total
P (mm)	79,17	53,91	83,38	33,23	249,69
Taux(%)	31,70	21,59	33,39	13,31	100

Source : HCDS CR Est

4.2. Températures :

Les données du tableau montrent que le mois le plus froid sur une période de 15 années est le mois de janvier avec une température moyenne de **7,34 °C**, et le mois le plus chaud est le mois de juillet avec une température moyenne de **27,39 °C**.

Tableau n° 4 : Températures. Période 2001-2012.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
M (°C)	28.74	23.66	17.87	13.52	12.82	13.45	17.93	20.82	26.47	32.29	36.10	35.18
m (°C)	15.22	12.97	6.59	3.17	1.86	1.95	5.15	8.01	11.43	15.65	18.68	18.65
(M+m)/2	21.98	18.32	12.23	8.35	7.34	7.7	11.54	14.42	18.95	23.97	27.39	26.92

Source : HCDS CR Est

La température minimale du mois le plus froid est **1,86 °C** enregistrée lors du mois de janvier et la température maximale du mois le plus chaud est **36,10 °C** enregistrée durant le mois de juillet. L'écart entre ces deux températures donne une amplitude thermique de 33 °C.

On peut en déduire que le climat de la zone est caractérisé par des hivers froids et des étés chauds.

4.3. Indices climatiques

4.3.1. Indice d'aridité de Thlidjène

L'indice se calcule à partir de la formule suivante :

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

Où : **P** : pluviométrie annuelle (**249.69 mm**).

T : la moyenne annuelle des températures **M (23,23 °C)**.

Pour le cas de la zone d'étude **Ia = 7,51** ce qui la range dans le type de climat continental semi aride.

4.3.2. Quotient d'Emberger

Le quotient d'Emberger est calculé par la formule :

$$Q = 3,42 \times P / (M-m)$$

Où : **P** : pluviométrie annuelle (**249,69 mm**).

M : la valeur de la température maximale du mois le plus chaud (**36,10°C**).

m : la valeur de la température minimale du mois le plus froid (**1,86°C**).

Ceci donne pour la zone d'étude une valeur $Q = 24,94$ qui place cette zone dans l'étage bioclimatique semi aride.

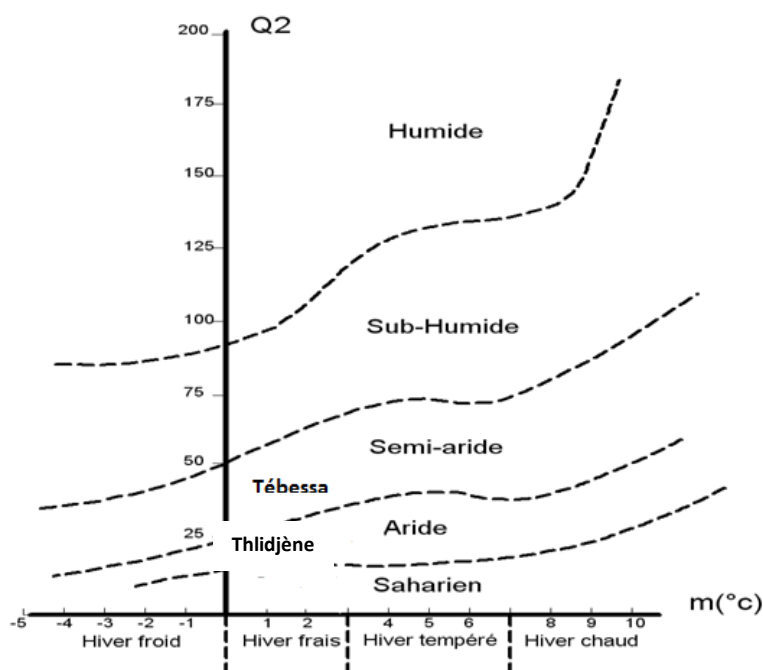


Figure 11: Climagramme pluviométrique d'Emberger de la région d'étude.

4.4. Couvert végétal

Les études phytoécologiques de la région et les relevés effectués par le HCDS font ressortir une dominance des espèces *Salsola vermiculata L.* et *Artemisia herba alba Asso.* atteignant plus de 85% avec une faible présence d'autres espèces telles que *Salsola vermiculata*, *Plantago albicans*, *Stipa parviflora*.

Cette dominance des deux espèces explique notre choix de limiter l'étude de régénération du parcours à cette espèce.

Chapitre VI : Matériel et méthodes

1. Matériel

1.1. Matériel végétal

Dans ce travail, le matériel végétal utilisé est composé des deux espèces *Salsola vermiculata L.* et *Artemisia herba alba Asso.* formant les deux espèces dominantes les parcours steppiques de la commune de Thlidjène (Wilaya de Tébessa).

Le choix de ces espèces est une forme de contribution dans la compréhension du comportement des parcours steppiques à base d'espèces autochtones, en voie de dégradation, faisant l'objet de très peu d'études malgré leurs importance en matière de pastoralisme en Algérie, notamment en matière de risque de dégradation des ressources phytogénétiques locales menacées de disparition sous le double effet de la surexploitation et du risque de désertification.

1.2. Matériel animal

Les animaux utilisés appartiennent à une population qui s'apparente à la race Ouled Djellal avec une charge de 5 têtes / ha.

1.3. Matériel de mesure

➤ **Mètre ruban** : utilisé pour prendre les dimensions des plantes expérimentales.

1.4. Matériel de coupe

➤ **Sécateur** : utilisé pour faire les coupes des plantes de l'espèce *Salsola vermiculata L.*

1.5. Logiciels de traitement des données

Le traitement des données issues de cette expérimentation a été effectué par l'utilisation de deux logiciels:

-Excel 7.0 pour la détermination des dimensions initiales, prélevées et régénérées des plantes;

-Statistica 6.0 pour la recherche et le développement des équations des modèles des taux de régénération résultants des différents niveaux de coupe.

2. Dispositif expérimental

L'objectif de l'expérimentation est d'étudier, la régénération des deux espèces *Salsola vermiculata L.* et *Artemisia herba alba Asso.* dans les conditions naturelles des parcours steppiques de Thlidjène, sous l'effet des paramètres suivants :

A- *Salsola vermiculata L.*

- Le stade phénologique de coupe avec trois niveaux : début croissance (Mars), plein croissance (Juillet) et dormance (janvier) ;
- Le degré de sévérité de la coupe avec trois niveaux : coupe sévère, coupe modérée et coupe légère consistant à couper, consécutivement, 75%, 50% et 25% de la plante.

Le dispositif expérimental, est mis en place au niveau de deux parcours steppiques sous forme de blocs, dont chacun de ces derniers est formé de trois niveaux de degré de coupe et de trois niveaux de stades phénologique. Les traitements sont répétés 05 fois.

Les unités de base (dont chacune correspond à un niveau de coupe et un stade phénologique) et qui forment chaque bloc sont sous forme de carrés de 4m² de superficie. La distance qui sépare l'une de l'autre de ces unités est égale à 1m.

B- Artemisia herba alba Asso.

Les mesures effectuées portent sur la détermination des volumes des plantes échantillonnées pendant des dates fixées au préalable en fonction de l'utilisation du parcours par le cheptel telle que prévue par la réglementation de location des périmètres aménagés par le HCDS :

- volume avant le pacage : Novembre ;
- volume après le pacage : Février ;
- volume de régénération : Mars. Cette date correspond au retour du cheptel sur le parcours pour la période printanière.

Trois répétitions (unités) ont été mises en place le long d'un transect nord – sud. Le choix est aléatoire. Chaque unité est de 04 m² de superficie. La superficie de 04 m² est jugée suffisante pour contenir un nombre de plantes d'*Artemisia herba alba* satisfaisant pour les besoins de mesures exigés par ce type d'expérimentation.

Toutefois, il faut noter que durant l'exécution du travail et pour les deux espèces, on était confronté à l'existence de grandes différences entre les dimensions des plantes dans la même unité.

Cette absence d'homogénéité dans les dimensions des plantes, associée à une distribution inégale de la densité des plantes, est une caractéristique des parcours steppiques naturels.

3. Méthodes de travail

3.1. Mesure des dimensions des plantes

Les mesures concernent la hauteur (H), la grande largeur (GL), et la petite largeur (Pl) de chaque plante considérée afin de pouvoir mesurer le volume initial, le volume prélevé (coupé), le volume final et le volume régénéré. Ces mesures concernent aussi bien les plantes de l'arbuste fourrager *Salsola vermiculata L.* que ceux d'*Artemisia herba alba Asso.*

Chaque plante est, géométriquement, assimilée à un tronc de cône et le calcul des volumes (coupé, final, et régénéré), est déterminé selon les formules suivantes :

➤ **Volume initial (Vi):**

$$V_i = [3,14 \times H_i \times (GL_i^2 + GL_i \times Pl_i + Pl_i^2)]/3$$

V_i : volume initial ;

H_i : hauteur de la plante ;

GL_i : grande largeur de la plante ;

Pl_i : petite largeur de la plante.

➤ **Volume prélevé (V_p) :**

A- *Salsola vermiculata* L.

Ce volume est déterminé à partir du volume initial en fonction du degré de sévérité de la coupe. On a, ainsi, trois catégories de volume prélevé correspondant aux trois types de coupes effectuées :

Coupe sévère : $V_p = V_i \times 0,75$;

Coupe modérée : $V_p = V_i \times 0,50$;

Coupe légère : $V_p = V_i \times 0,25$.

B- *Artemisia herba alba* Asso.

Ce volume est calculé selon la formule:

$$V_p = [3,14 \times H_p \times (GL_p^2 + GL_p \times Pl_p + Pl_p^2)]/3$$

V_p : volume final ;

H_p : hauteur finale mesurée au mois de avril 2013;

GL_p : Grande largeur mesurée au mois de avril 2013;

Pl_p : Petite largeur mesurée au mois de avril 2013.

➤ **Volume final (V_f):**

A partir des mesures effectuées après régénération des plantes, au mois d'avril de la saison suivante, V_f est calculé comme suit:

$$V_f = [3,14 \times H_f \times (GL_f^2 + GL_f \times Pl_f + Pl_f^2)]/3$$

V_f : volume final ;

H_f : hauteur finale mesurée au mois de avril 2013;

GL_f : Grande largeur mesurée au mois de avril 2013;

Pl_f : Petite largeur mesurée au mois de avril 2013.

➤ **Volume régénéré (V_r):**

$$V_r = V_f - (V_i - V_p)$$

V_r : volume régénéré ;

V_f : volume final ;

V_i : volume initial ;

V_p : volume prélevé.

➤ **Taux de régénération de la phytomasse (TR):**

Le TR est calculé à partir du rapport du volume régénéré sur le volume prélevé.

$$TR = V_r / V_p \times 100$$

TR : taux de régénération ;

V_r : volume régénéré ;

V_p : volume prélevé.

3.2. Analyses statistiques

Le Logiciel Excel 10, a été utilisé pour calculer les volumes : total, coupé, résiduel, régénéré, et après régénération, ainsi que le taux de

régénération des plantes expérimentales de l'espèce *Salsola vermiculata* L. et de l'espèce *Artemisia herba alba* Asso.

Alors que le logiciel STATISTICA 6.0 pour :

- ✓ L'analyse de la variance afin de déterminer la signification de l'effet des facteurs type de coupe et stade phénologique, sur le taux de régénération des plantes ; et
- ✓ L'élaboration des modèles d'équations mathématiques régissant le taux de régénération dans les conditions de la station expérimentale de Thlidjène similaires aux conditions des parcours de cette région.

La recherche du modèle des équations mathématiques exprimant le taux de régénération de la phytomasse des plantes des espèces *Salsola vermiculata* L. et *Stipa tenacissima* L., dans les conditions similaires à celles du parcours de Fedj Oucif (commune de Thlidjène), obéit aux conditions préalables suivantes :

- L'hypothèse de départ est basée sur la possibilité de pouvoir estimer la régénération des deux espèces en fonction des dimensions initiales des plantes broutées, désignées ci-dessous par H_i , GL_i et PL_i qui représentent des paramètres facilement ajustables.
- Le processus de régénération des deux espèces *Salsola vermiculata* L. et *Artemisia herba alba* Asso. est un processus à dynamique non linéaire de part sa complexité et son obéissance à des facteurs non contrôlés (surtout ceux relatives au climat et au comportement alimentaire de l'animal sur parcours au sens de Bourbouze(1997) qui régissent en grande partie son développement et sa croissance.

- Le modèle d'équation régissant cette régénération et de type boite noir utilisant des paramètres d'entrée et aboutissant à une équation du type algébrique en fonction des mesures disponible pour obtenir la meilleure précision possible avec un nombre de paramètres réduit.
- Le modèle d'équation recherché pour exprimer le taux de régénération des deux espèces *Salsola vermiculata* L. et *Artemisia herba alba* Asso. est du type prédictif conformément à l'objectif de l'étude qui porte sur la recherche d'un moyen simple, facile et objectif qui permet de prévoir la régénération de la phytomasse des deux espèces *Salsola vermiculata* L. et *Artemisia herba alba* Asso. sans être obligé de refaire les mesures lors de la saison de pacage suivant.

Autrement dit, l'utilisation des dimensions de la plante broutée par l'animal et qui sont facilement mesurable, permet d'estimer un taux de régénération possible de cette plante (considérer comme échantillon représentatif de toute la population du parcours au sens statistique), dans les conditions écologique qui déterminent la nature et la dynamique du parcours.

Le processus de régénération est un processus dynamique régi par les paramètres stationnelles du milieu puisqu'il s'agit d'écosystème steppique ayant subi une dégradation importante ce qui rend la prédiction de son comportement futur très délicat.

Chapitre VII : Résultats et discussion

1. Taux de régénération de la phytomasse

1.1. *Salsola vermiculata* L.

1.1.1. Effet du type de coupe sur le taux de régénération

Les graphiques n°12 et 13 ainsi que les tableaux n° 5 et 6 montrent les résultats obtenus de l'effet du type de coupe (TypeC) sur le taux de régénération (TR) pour les deux années 2013 et 2014. Les résultats reportés ci-dessous concernent l'effet des trois types de coupes : sévère (S), moyenne (M) et légère (L).

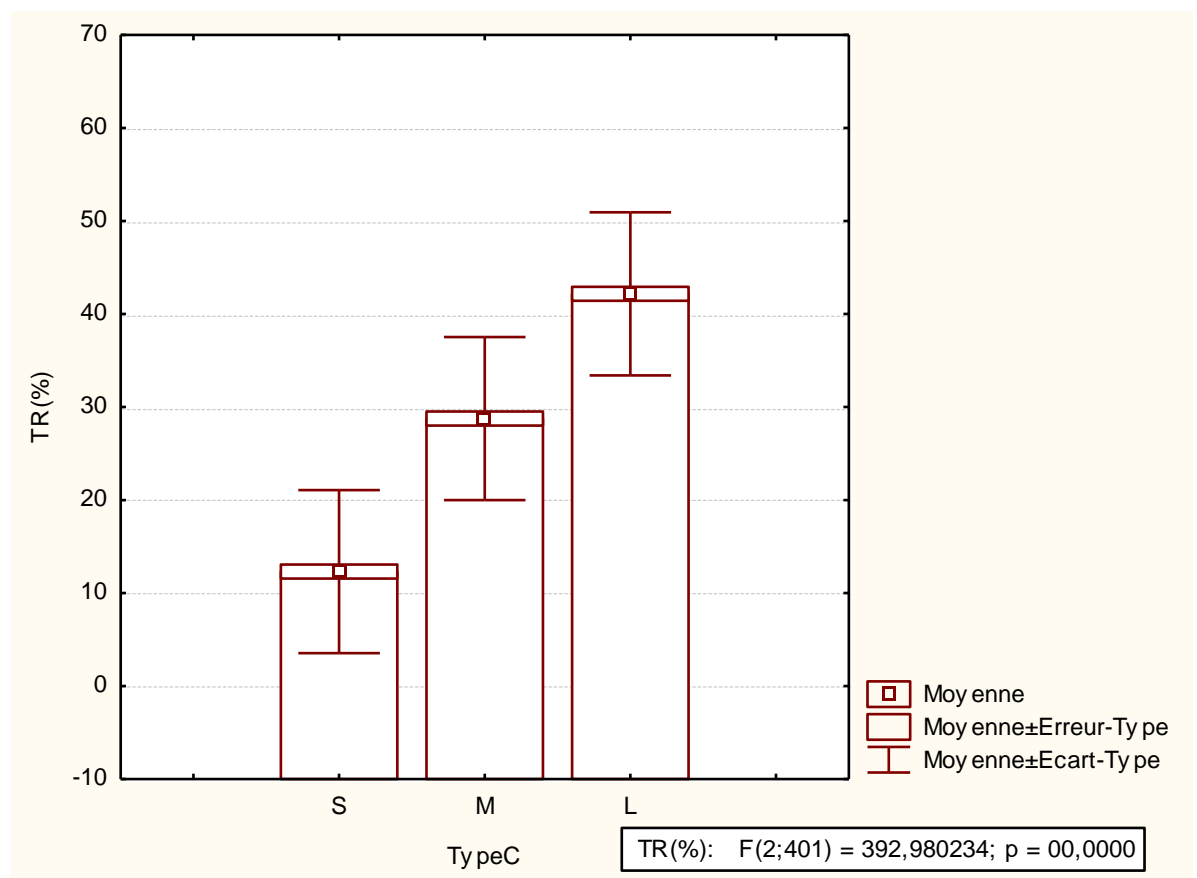


Figure 12 : Graphique de l'effet du type de coupe sur le taux de régénération de la phytomasse de *Salsola vermiculata* L. (2013).

Tableau n°5 : ANOVA effet type de coupe sur taux de régénération (2013)

	SC	DDL	MC	F	P
Origine	311045,7	1	311045,7	4048,33	0,0000
TypeC	60388,4	2	301194,2	392,980	0,0000
Erreur	30810,4	401	76,8		
Total	402245,4	403	341317,7		

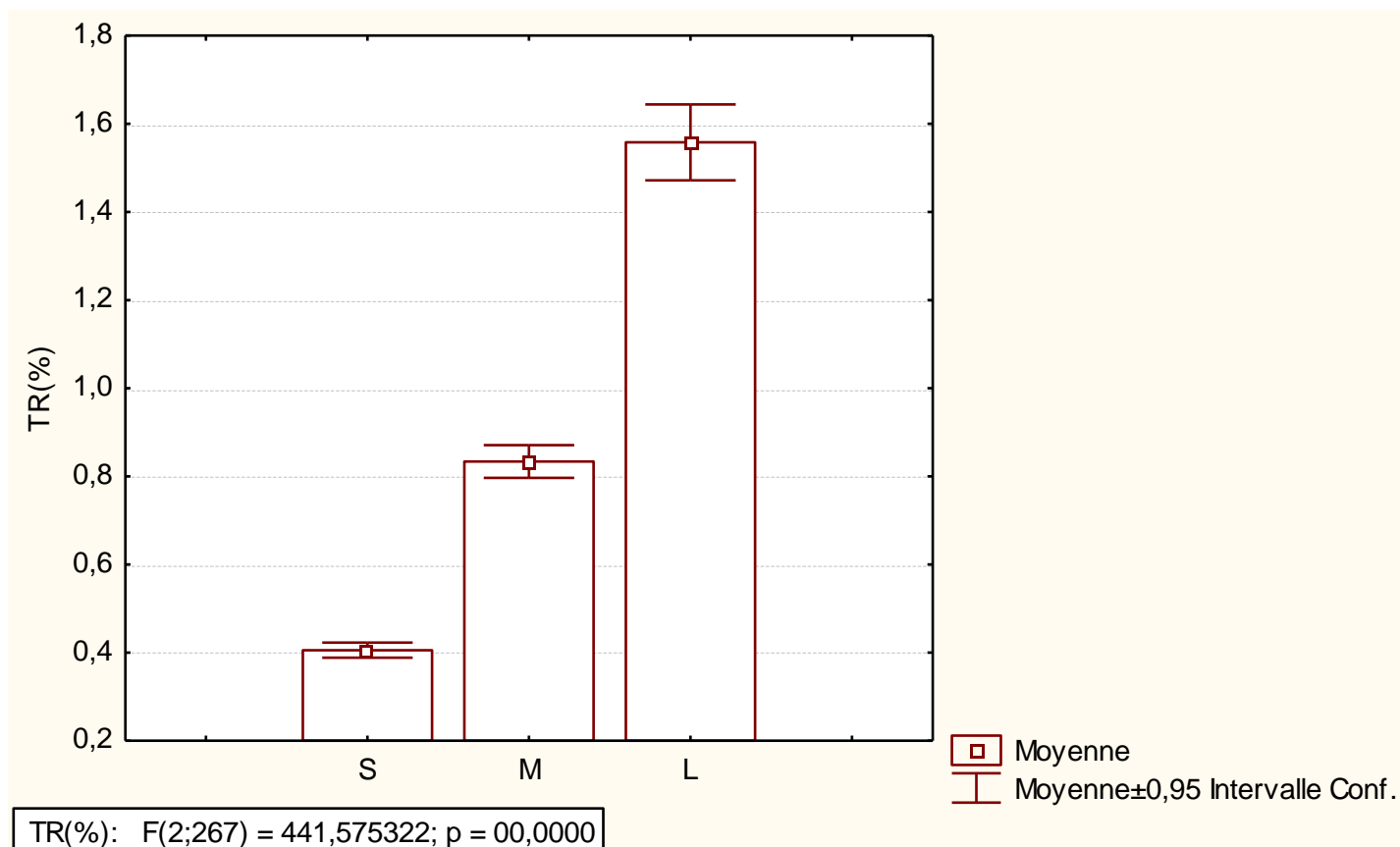


Figure 13 : Graphique de l'effet du type de coupe sur le taux de régénération de la phytomasse de *Salsola vermiculata* L. (2014).

Tableau n°6 : ANOVA effet type de coupe sur taux de régénération (2014)

	SC	DDL	MC	F	P
Origine	234,70	1	234,70	3394,73	0,0000
TypeC	61,06	2	30,53	441,57	0,0000
Erreur	18,45	267	0,07		
Total	314,21	269	265,30		

Les graphiques 12 et 13 ainsi que les tableaux 5 et 6 font ressortir un effet significatif du type de coupe sur le taux de régénération de l'espèce *Salsola vermiculata* L.

La coupe légère (L), enregistre la meilleure interaction avec le taux de régénération (T.R), suivi de la coupe moyenne (M) et enfin la coupe sévère (S).

Cette même tendance a été enregistrée par l'étude de Yousfi (2009) ce qui confirme que dans la région de Thlidjène, la coupe légère semble être la meilleure à recommander pour l'exploitation de l'espèce *Salsola vermiculata* L.

Par ailleurs, il faut noter la différence enregistrée entre les valeurs de chaque type de coupe sur les deux années. Les résultats enregistrés pour tous les types de coupe en 2013 ne plaide pas pour une deuxième exploitation durant la période printanière (avril – juin) puisque le taux de régénération (T.R) ne dépasse pas dans le meilleur des cas 70% pour le cas de la coupe légère. Pour 2014, le taux de régénération (T.R) de la coupe légère, dont la moyenne est de 140,97%, suggère une deuxième exploitation durant la période printanière sans changement de la charge animale appliquée, voire même une augmentation sensible ; alors qu'il faut diminuer la charge d'environ 20% pour la coupe moyenne qui enregistre un taux de régénération moyen de 80,16%. La coupe sévère, avec un taux de régénération moyen de 40,22%, ne permet pas une deuxième exploitation lors de la saison du printemps.

Cette variation temporelle dans la dynamique de régénération des parcours steppiques à base de l'espèce *Salsola vermiculata* L. renvoie au caractéristique d'incertitude évoquée par Batabyal et Godfrey (2002) qui rend la prévision de tout paramètre inhérent à ce type de milieu difficile et met le pastoraliste en confrontation à des situations improbables en fonction de plusieurs facteurs aléatoires. Dans notre cas, on peut imputer cette variation à la quantité de neige ayant tombé durant l'hiver 2014, ce qui n'est pas le cas de

l'hiver 2013. La neige est un facteur climatique aléatoire dans cette région et n'observe aucune régularité temporelle.

Cet effet du degré de sévérité de la coupe renvoie au choix du type de pacage sur le parcours steppiques naturels à *Salsola vermiculata* L., soumis aux mêmes conditions écologiques que celles des parcours de la région de Thlidjène. Il exprime, donc, l'effet d'une charge animale choisie sur les ressources pastorales de ce parcours.

L'effet exprimé dans les résultats de notre étude par le taux de régénération est fortement relié au degré de sévérité de pacage, autrement dit au niveau de la charge choisie, sur les plantes broutées. Ceci nous emmène à admettre avec Bartolome (2006) que, pour les ressources fourragères, on ne peut appréhender le pacage qu'à travers ses effets sur les plantes et la réponse qui en résulte.

La différence entre les effets des trois niveaux de coupe simule les résultats de différents choix de charge animale à appliquer sur un parcours par les éleveurs. Toutefois, elle confirme ce que rapportent Bourbouze et Donadieu en 1987 sur l'utilisation de la charge animale comme indicateur de l'effet de la pression animale sur les ressources pastorales.

Les résultats de notre étude, ci-haut cités, suggèrent l'utilisation d'une charge animale qui assure une meilleure régénération du parcours à base de l'espèce *Salsola vermiculata* L. indépendamment de la période de repos, ce qui signifie une maîtrise de l'effet de l'intensité de pacage en concordance avec Heitschmidt et Walker (1996) qui stipulent que le succès ou l'échec de toutes stratégies de pacage dépend étroitement du contrôle de la fréquence et de la sévérité de défoliation des plantes individuellement dans le temps et dans l'espace.

L'intérêt que revêtent ces résultats est de montrer qu'à chaque niveau de charge animale appliqué sur un parcours steppique à base de *Salsola vermiculata* L. correspond un niveau de réponse des ressources fourragères exprimé dans notre cas par le taux de régénération (T.R) qui donne une indication sur le disponible fourrager lors de la saison prochaine. Cette variation d'effet enregistré sur la ressource est largement débattue par Holechek (1988) et Smith (2007) qui rapportent que chaque niveau de charge est associé à une dynamique de la végétation du parcours, ce qui donne à la notion de charge toute son importance comme facteur principal dans les choix à opérer dans la gestion et l'aménagement des parcours (Jeder et Sghaier, 2010).

1.1.2. Effet du stade phénologique sur le taux de régénération

Les résultats de l'effet du stade phénologique sur le taux de régénération sont reportés sur les figures n°14 et 15 et les tableaux 7 et 8, pour les années 2013 et 2014 successivement.

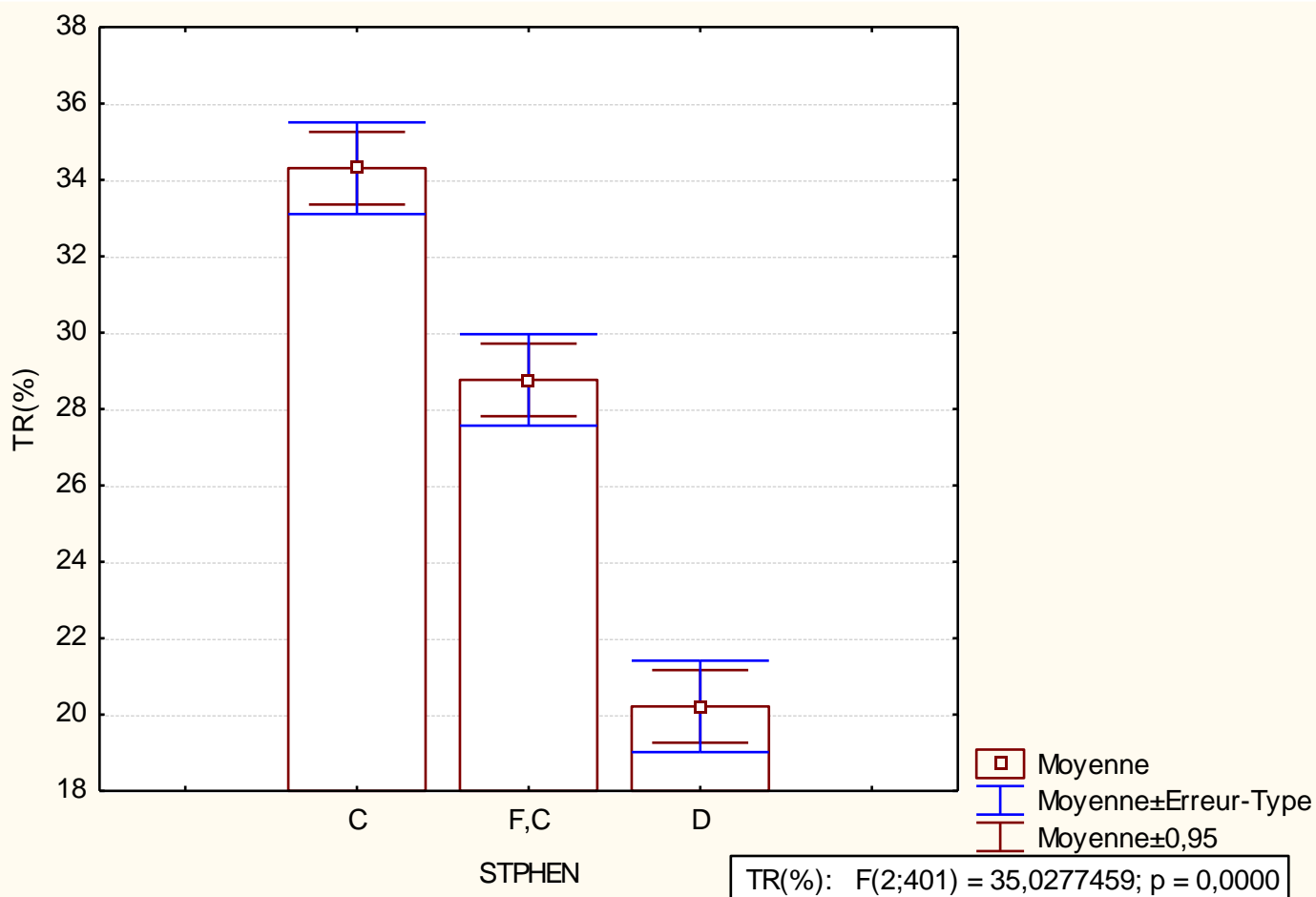


Figure 14 : Graphique de l'effet du Stade phénologique sur le taux de régénération de la phytomasse de *Salsola vermiculata* L. (2013).

Tableau n°7 : ANOVA effet type de coupe sur taux de régénération (2013)

	SC	DDL	MC	F	P
Origine	311353,7	1	311353,7	1608,19	0,0000
TypeC	13563,1	2	6781,5	35,03	0,0000
Erreur	77635,6	401	193,6		
Total	402552,4	403	318328,9		

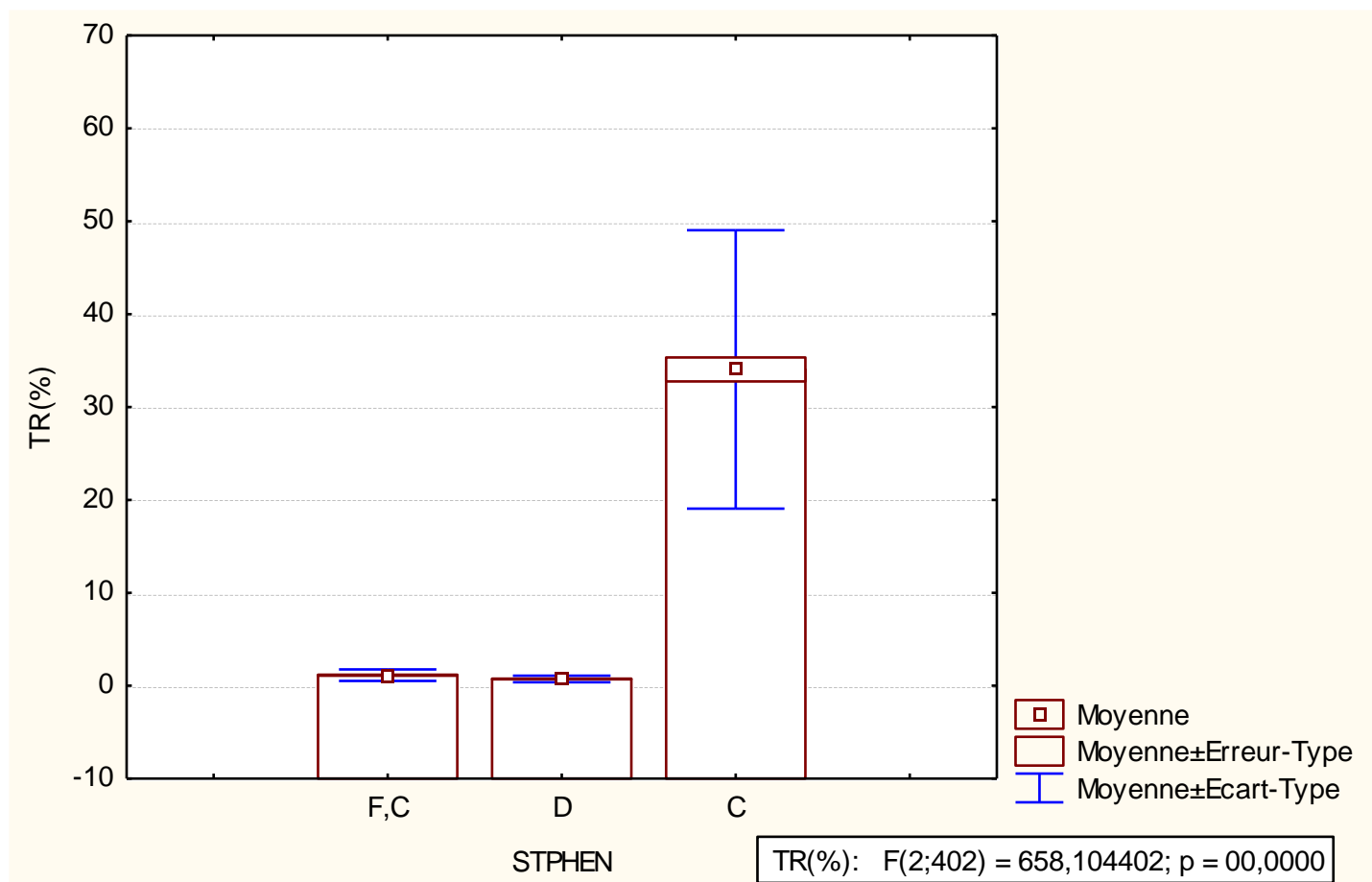


Figure 15 : Graphique de l'effet du Stade phénologique sur le taux de régénération de la phytomasse de *Salsola vermiculata* L. (2014).

Tableau n°8 : ANOVA effet type de coupe sur taux de régénération (2014)

	SC	DDL	MC	F	P
Origine	58049,92	1	58049,92	773,87	0,0000
TypeC	98732,24	2	49366,12	658,10	0,0000
Erreur	30155,06	402	75,01		
Total	186937,20	403	107491,15		

Il ressort des graphiques 14 et 15 et des tableaux 7 et 8 qu'il y'a une forte interaction entre le stade phénologique et le taux de croissance de l'espèce *Salsola vermiculata* L.

Le stade fin croissance (F.C), montre un meilleur effet sur le taux de régénération dont les moyennes dépassent légèrement 30% pour l'année 2013 et

97 % pour l'année 2014. Pour le stade de dormance (D), les moyennes du taux de régénération tournent autour de 20% pour l'année 2013 et 74% pour l'année 2014.

Encore une fois, il faut relever la variation temporelle des valeurs du taux de régénération (T.R) entre les deux années qui reflète la difficulté de prévision des paramètres fonctionnels dans les parcours des zones arides et semi arides tels que décrit au paragraphe 1.1.1 plus haut.

Les résultats confirment la tendance enregistrée par le travail de Yousfi (2009), ce qui démontre que dans la région de Thlidjène, la période fin croissance reste meilleure que la période de dormance pour l'exploitation de l'espèce *Salsola vermiculata* L.

Les différences observées dans les taux de régénération peuvent relever de la durée entre la date de coupe et celle de mesure de la régénération des plantes. Toutefois, les périodes choisies pour les mesures correspondent à la réalité de l'exploitation exercée par les éleveurs dans les parcours de la région.

L'intérêt pratique de l'effet du stade phénologique sur le taux de régénération (T.R) est de moduler la période de pacage en fonction de repères propres à l'espèce dominante du parcours et d'éviter le choix aléatoire de son exploitation. Bartolome (2006) ainsi que Smith et *al.* (2007) rapportent qu'à côté de l'intensité (degré de sévérité de la coupe) et de la fréquence, la période de pacage est un facteur très important dans la prise de décision quant à l'exploitation des parcours.

Les résultats qui ressortent de notre étude, montrent que seule la période de pacage correspondant au stade phénologique fin croissance de l'espèce *Salsola vermiculata* L. est en mesure de nous permettre une deuxième exploitation du parcours lors du mois d'avril de la saison prochaine puisque le taux de régénération (T.R) se rapproche du taux prélevé, donc sans grand

incidence sur la charge par unité de surface. La période correspondant à la phase dormance implique une diminution d'environ 25% de la charge à mettre en place.

Le manque d'étude comparative sur l'effet des stades phénologiques sur la régénération des parcours naturels, ne nous permet pas de bien situer les résultats de notre étude sur les plans scientifiques et techniques. Néanmoins, ces résultats peuvent être à la base d'autres travaux dans le but d'améliorer les connaissances sur la maîtrise de la gestion et de l'aménagement des parcours steppiques naturels.

L'existence d'une corrélation entre le taux de régénération et des deux facteurs désignés dans notre étude par le degré de sévérité de coupe (ou niveau de charge animale utilisée) et du stade phénologique exprime l'interaction plante palatable – animale qui représente l'essence même de l'élevage sur parcours naturels et forme l'élément de base en matière d'étude des systèmes pastoraux au sens de Bartolome (2006) et Nori *et al.* (2008). Ceci rejoint la thèse développée par Jeder et Sghaier (2010) dans l'étude concernant l'application d'un modèle de contrôle optimal de la charge animal dans les parcours du sud tunisien dont l'objectif est de résoudre la problématique engendrée par la réalisation d'un équilibre entre la charge animale, l'équilibre bioéconomique permettant la préservation des ressources fourragères à long terme sous les contraintes écologiques et socio-économiques de la région.

Dans les conditions d'exploitation des parcours naturels steppiques, le pastoraliste, tout comme l'éleveur, est confronté à la problématique de savoir quel charge animale appliquer durant les périodes de pacage, notamment si l'on se réfère aux conditions climatiques aléatoires qui déterminent en grande partie la production fourragère de ces parcours. Les méthodes d'étude actuelles, à l'instar des formules développées par Poissonet et améliorées par Aidoud, se

concentrent surtout sur l'évaluation de la production et la productivité fourragère à un instant t bien précise sans avoir la capacité de prévoir cette production ou productivité au-delà de cet instant. Notre étude suggère une méthode prévisionnelle dans le paragraphe suivant.

1.1.3. Modèles mathématiques du taux de régénération de la phytomasse (TR)

Les résultats obtenus, après traitement des données concernant les mesures effectués sur les dimensions des plantes échantillonnées, par l'utilisation du logiciel STATISTICA 6.0 sont résumés dans les tableaux 6 et 7:

Tableau 9 : Modèles d'équations mathématiques du taux de régénération de la phytomasse de *Salsola vermiculata* en 2013.

Type de coupe	Equations mathématiques	R ²
Légère	$TR(\%) = 10,177 + 0,169 \ln(Hi) + 0,740 \ln(GLi) + 0,13 \ln(Pli)$	0,93
Moyenne	$TR(\%) = 8,493 + 0,333(Hi)^2 + 0,302(GLi)^2 + 0,312(Pli)^2$	0,92
Sévère	$TR(\%) = 11,7667 + 0,345 \ln(Hi) + 0,300 \ln(GLi) + 0,306 \ln(Pli)$	0,89
Toutes	$TR(\%) = 15,349 + 0,527 \ln(Hi) + 0,385 \ln(GLi) + 0,03 \ln(Pli)$	0,76

Hi : hauteur initiale – Gli : grande largeur initiale – Pli : petite largeur initiale.

Tableau 10 : Modèles d'équations mathématiques du taux de régénération de la phytomasse de *Salsola vermiculata* en 2014.

Type de coupe	Equations mathématiques	R ²
Légère	$TR(\%) = 0,549 + 0,424 \ln(Hi) + 0,254 \ln(GLi) + 0,253 \ln(Pli)$	0,88
Moyenne	$TR(\%) = 0,283 + 0,331(Hi)^2 + 0,307(GLi)^2 + 0,296(Pli)^2$	0,89
Sévère	$TR(\%) = 0,127 + 0,354 \ln(Hi) + 0,299 \ln(GLi) + 0,288 \ln(Pli)$	0,90
Toutes	$TR(\%) = 0,560 + 0,369 \ln(Hi) + 0,270 \ln(GLi) + 0,206 \ln(Pli)$	0,73

Hi : hauteur initiale – Gli : grande largeur initiale – Pli : petite largeur initiale.

La lecture des tableaux 9 et 10 fait ressortir que le taux de régénération est, dans tous les cas, non linéaire. Pour la coupe moyenne, l'équation du taux de régénération est de type quadratique (2ème degré), alors que pour la coupe légère, sévère et pour l'ensemble des coupes regroupées (l'ensemble des coupes regroupées traduit la réalité du terrain, puisque le comportement de l'animal lors du pacage n'est pas un facteur contrôlé au départ), les équations sont logarithmiques du type logarithme népérien.

Ces résultats confirment notre hypothèse de départ qui suppose que le processus de régénération n'est pas linéaire dans les conditions des parcours steppiques dépendant plus des éléments abiotiques du système écologique que des éléments biotiques tel que formulé par Bartolome (2006).

La non linéarité enregistrée sur le processus de régénération de la production fourragère chez l'espèce *Salsola vermiculata* L. traduit une partie de la complexité du processus de pacage énoncée par Bartolome (2006) en ce qui concerne la dynamique de la production fourragère d'une végétation soumise à l'effet de l'exploitation par l'animal. Ce fait, et en concordance avec les résultats de Richardson et al (207) obtenus dans la région des parcours à climat

méditerranéen en Afrique du Sud, est plus important dans les régions arides et semi arides où le développement et la croissance de la plante au repos (absence de pacage) sont surtout régis par les conditions abiotiques du milieu (notamment les conditions climatiques) que par les conditions biotiques (concurrence entre individus, espèces ou communautés). La non linéarité est observée dans les dynamiques concernant tous les écosystèmes terrestres (Batabyal et Godfrey, 2002) ce qui a conduit à l'apparition de la nouvelle théorie depuis le milieu du 20^{ème} siècle de State and Transition, pour parer aux insuffisances de la théorie clementsienne, apparue au début du 20^{ème} siècle, qui supposait que la dynamique des écosystèmes jusqu'à l'obtention du climax serait une fonction linéaire.

Sur le plan pratique, cette caractéristique de non linéarité de la dynamique de la production fourragère des parcours à base de *Salsola vermiculata* L. implique une fluctuation de la production fourragère en fonction des conditions climatiques (surtout la pluviométrie) ce qui impose d'observer une certaine modulation dans l'exploitation de ces parcours qui peut concerner à la fois la charge animale par unité de surface à appliquer et la durée de pacage qui doivent varier en fonction du disponible fourrager correspondant à chaque période. Le thème de modulation et de variation de la charge, et d'une manière générale l'aménagement et la gestion des parcours, en milieux caractérisés par l'incertitude (surtout climatique), a été débattu sur les plans théoriques et pratiques par plusieurs auteurs (Batabyal et Godfrey, 2002 ; Bourbouze et Donadieu, 1987 ; Daget et Godron, 1995). En Algérie et inversement à la production fourragère, la charge sur parcours ne cesse d'augmenter depuis plus de trois décennies (Nedjraoui, 2004 ; Nedjraoui et Bedrani, 2008) ce qui provoque une dégradation intense résultant en une désertification grave sur un grand espace des parcours naturels steppiques (Aidoud et Nedjraoui, 1992). Le non respect de la fluctuation de la production fourragère et l'application d'une charge excessif peut expliquer en partie l'absence de modèle de gestion et d'aménagement des parcours steppiques délaissé à un volontarisme loin de toute

rationalité basée sur des outils de prise de décision claire et quantifiable. A défaut de maîtrise de la charge animale, le recours à la complémentation par le concentré devient une règle générale dans l'élevage en steppe avec des répercussions économiques lourdes de conséquences.

L'aspect relatif au non linéarité de la régénération a été également enregistré par Salah Tag El Din (1994) et Yousfi (2009), dont les résultats sont reportés sur les tableaux 11 et 12 ci-dessous.

Tableau 11 : Modèles d'équations mathématiques du taux de régénération de la phytomasse (Yousfi, 2009).

Type de coupe	Equation mathématique
Sévère	$TR(\%) = 52,81 + 0,70(Hi)^2 + 0,95 (GLi)^2 + 0,24 (Pli)^2$
Modérée	$TR(\%) = 61,24 + 0,67 (Hi)^2 + 0,59 (GLi)^2 + 1,6 (Pli)^2$
Légère	$TR(\%) = 49,10 - 8,9 (1/Hi) + 0,48 (1/GLi) + 1,47 (1/Pli)$
Toutes	$TR(\%) = 66,74 + 0,6 Hi + 0,62 GLi - 1,4 Pli$

Hi : hauteur initiale – Gli : grande largeur initiale – Pli : petite largeur initiale.

Tableau 12 : Modèles d'équations mathématiques du taux de régénération de la phytomasse (Salah Tag El Din, 1994).

Type de coupe	Equation mathématique
Sévère	$Yc = -1,30 + 39,30\log X_1 + 33,01\log X_2 - 27,7\log X_3$
Modérée	$Yc = -66,5 X_1^2 + 2,53X_2^2 - 14,8 X_3^2$
Légère	$Yc = -96,30 + 3,1 X_1^2 + 2,64 X_2^2 + 28,6 X_3^2$
Toutes	$Yc = 14,4 + 2,1X_1 + 1,1X_2 - 2,45X_3$

X₁ : hauteur de coupe. X₂ : grande largeur de coupe. X₃ : petite largeur de coupe.

Néanmoins, il faut observer que les études de Salah Tag El Din (1994) et Yousfi (2009) enregistrent des fonctions linéaires dans le cas de l'ensemble des coupes regroupées. Egalement, Sarfraz (2012) montre que pour les parcours des zones arides et semi arides de la région de Balûchistân au Pakistan, la prédiction de la biomasse des différentes espèces pastorales, les modèles suivent une trajectoire linéaire en fonction du volume initiale de la plante considérée. Ce fait peut être imputé aux conditions différentes d'expérimentation et à la variabilité spatio-temporelle qui caractérise les parcours des régions arides et semi arides.

Dans ce contexte d'utilisation de dimensions physiques dans l'estimation de la production fourragère, on peut citer les modèles obtenus par Abdulaziz (1997) pour trois espèces pastorales pérennes en Arabie Saoudite. Les résultats sont comme suit :

$$\text{Lasiurum indicus} : Y = -6,83 + 2,53 \ln (x). (R^2 = 0,86)$$

$$\text{Pennisetum divisum} : Y = -9,51 + 3,06 \ln (x). (R^2 = 0,92)$$

$$\text{Stipagrostis drarii} : Y = -16,74 + 0,93 (x). (R^2 = 0,79)$$

Y : taux de biomasse coupée et x : hauteur coupée de la plante.

Nous pouvons également faire référence aux modèles développés par Diouf (2014) à travers des régressions non linéaires entre les données de biomasse mesurées sur le terrain et l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) issu du satellite SPOT-VEGETATION. Il note que sur cinq modèles, deux enregistrent les meilleurs coefficients de corrélation R^2 supérieur à 0,80 ; il s'agit du modèle puissance et du modèle exponentiel :

$$Y = b_0 \cdot (X^{b_1}) \text{ et } Y = b_0 \cdot (e^{(b_1 \cdot X)})$$

Avec Y : production de la biomasse et X : NDVI moyen ou maximum.

La forte corrélation exprimée par le coefficient de corrélation R^2 pour les différents modèles nous permet de vérifier l'autre hypothèse concernant la possibilité de prévoir la quantité régénérée de la phytomasse à travers ce type de modèles d'équations par l'utilisation de facteurs facilement quantifiables :

hauteur (H), grande largeur (GL) et petite largeur (Pl) pour déterminer un modèle de régénération de cette espèce.

Les équations obtenues dans le cadre de notre étude sont du même type pour les deux années 2013 et 2014. Cette stabilité dans la forme des équations dégage une tendance des modèles de régénération de l'espèce *Salsola vermiculata* L. dans la région d'étude. Elle permet également d'envisager une validation de ces modèles dans le futur afin de pouvoir les calibrer et de les enrichir avant de passer à la simulation de ces modèles dans le cadre de la recherche de modèles de gestion des parcours. Par conséquent, il serait envisageable d'élaborer des outils de prise de décision concernant l'aménagement et la gestion des ressources pastorales à base de *Salsola vermiculata* L.

1.2. *Artemisia herba alba* Asso.

1.2.1. Taux de prélèvement

Les graphiques 16 et 17 ci-dessous illustrant le taux de prélèvement montre qu'il y'a une variation temporelle en ce qui concerne l'utilisation de l'espèce *Artemisia herba alba* Asso. par les animaux sur le parcours concerné par l'étude. En effet, les résultats concernant l'année 2013 (fig. 16) donne un taux de prélèvement moyen situé aux environs de 57% par rapport au volume total des plantes échantillonnées. On peut dire donc que pour la charge animale de 5 têtes / ha utilisée lors du déroulement de notre expérimentation en 2013, le prélèvement des animaux sur l'espèce *Artemisia herba alba* Asso. ne s'est pas faite aux extrêmes (ni légère, ni sévère). Alors que pour les résultats de l'année 2014 le taux de prélèvement moyen dépasse 81% et est ainsi considéré comme un prélèvement sévère.

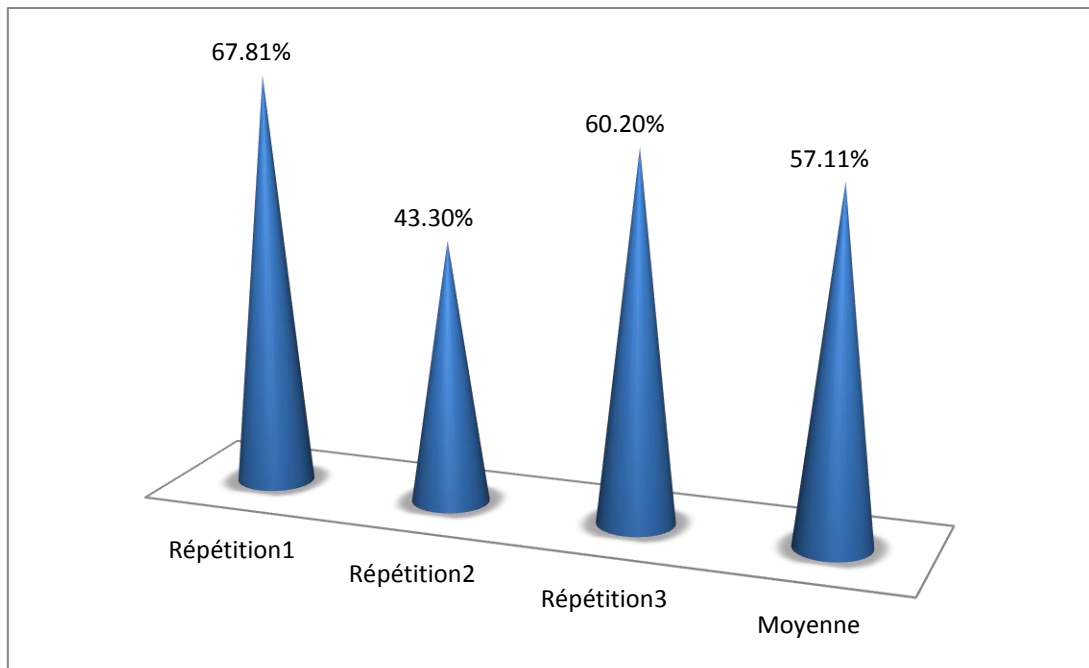


Figure 16 : Graphique du taux de prélèvement d'*Artemisia herba alba* Asso. (2013).

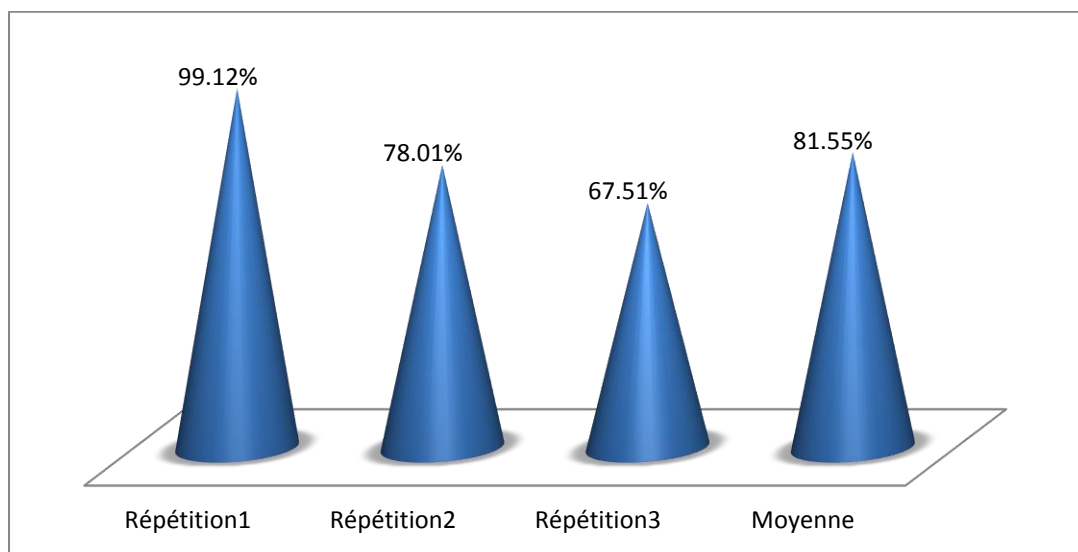


Figure 17 : Graphique du taux de prélèvement d'*Artemisia herba alba* Asso. (2014).

La différence entre ces deux taux de prélèvement moyen peut être imputée aux raisons suivantes :

- La lignification ayant touché la végétation du parcours suite à une longue période de mise en défens qui pourrait provoquer une dégradation qualitative de l'espèce pour les résultats de l'année 2013. L'espèce *Artemisia herba alba* Asso. ne peut être soumise à une mise en défens de longue durée pour éviter sa

lignification (Ben Rebiha, 1984). Ceci n'est pas le cas en 2014 puisque le pacage de 2013 a permis l'apparition de nouvelles repousses plus tendres qui ont augmenté la palatabilité des plantes durant cette deuxième saison de pacage.

- La complémentation alimentaire que reçoivent les animaux dans la bergerie avant de partir sur le parcours en 2013 a été réduite selon les éleveurs en 2014 en raison de l'augmentation du prix et la pénurie concernant l'orge en fin de saison 2013.

Il faut, par ailleurs, relever l'existence de différence du taux de prélèvement entre les unités de répétition correspondant à une variation de 10,24% en première année d'expérimentation et 31,61% pour la deuxième année. Cette variation spatiale pourrait découler du comportement de l'animal sur parcours et dont l'effet ne peut être homogène sur l'ensemble du couvert végétal du fait qu'il n'y a pas une répartition régulière des animaux sur l'ensemble de la surface du parcours (Bourbouze, Donadieu, 1987).

1.2.2. Taux de régénération

Les graphiques 18 et 19 représentant le taux de régénération de l'espèce *Artemisia herba alba* Asso. montrent une différence très marquée au profit de l'année 2013, avec une valeur moyenne dépassant légèrement 248%, par rapport à l'année 2014 où le taux moyen est de 53,80%. Nous pouvons dire que malgré le déficit moyen de pluviométrie, sensiblement le même pour les deux années, accusé durant la période janvier – mars 51% et 52 % respectivement pour 2013 et 2014, la dynamique de régénération de l'espèce *Artemisia herba alba* Asso. n'a pas été la même pour les deux saisons de pacage.

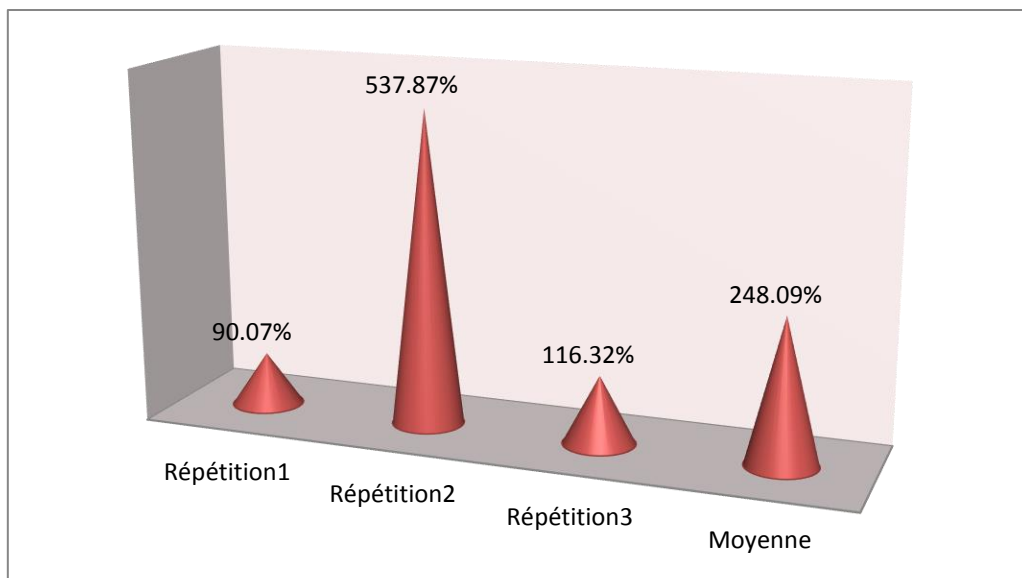


Figure 18 : Graphique du taux de régénération d'*Artemisia herba alba* Asso. (2013).

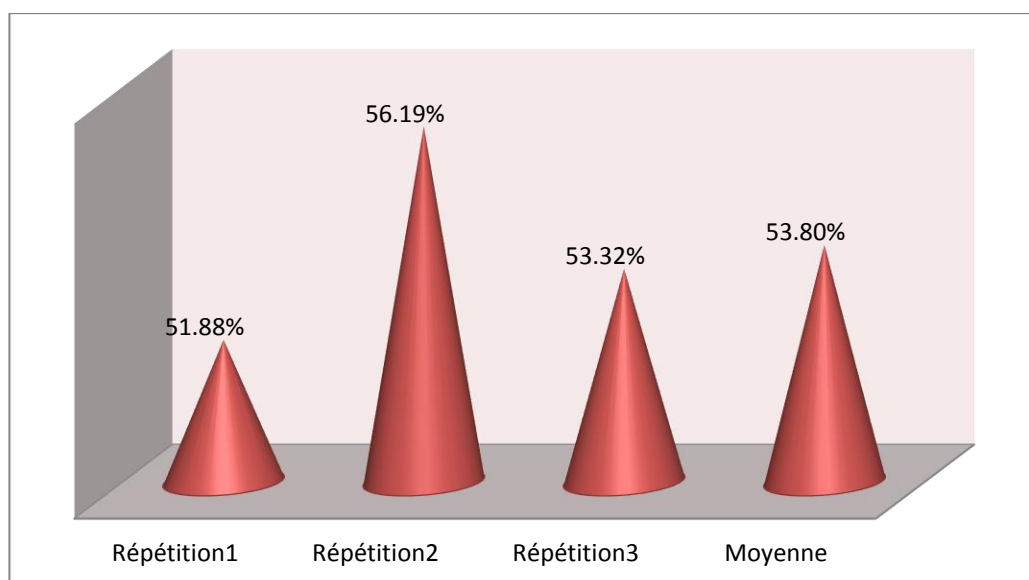


Figure 19 : Graphique du taux de régénération d'*Artemisia herba alba* Asso. (2014).

Cette variation temporelle du taux de régénération peut s'expliquer par le degré de sévérité de pacage qui est passée du moyen durant la première année au sévère dans la deuxième année. Cette augmentation de la pression de pacage exercée par les animaux durant la deuxième année a diminué des possibilités de régénération des plantes suite à la suppression d'un grand nombre de bourgeons assurant le départ de nouvelles repousses et par conséquent la croissance et le développement des plantes soumises au pacage tel qu'énoncé par

Nefzaoui et El Mourid (2008). De pareille situation peuvent être à l'origine d'une dégradation dangereuse, par surpâturage, du potentiel fourrager de ce type de parcours si des mesures concernant la maîtrise de la charge et de la planification du pacage dans le temps et dans l'espace ne sont pas observées rigoureusement dans la gestion des parcours. Le taux de régénération moyen enregistré en 2014 ne peut plaider pour un pacage printanier sans diminution drastique de la charge (autour de 42%) et montre la nécessité d'avoir des outils pratiques pour prévenir des effets dévastateurs du pacage dans des milieux où l'incertitude domine leur dynamique d'évolution spatio-temporelle. C'est ainsi que le débat sur les aspects relatifs à la dégradation des parcours et à la désertification doit s'orienter sur la recherche d'outils pratiques à travers la mise en place de modèles prédictifs au sens de Bartolome (2006), Ferchichi (2004) ainsi que Smith et *al.* (2007).

Sur le plan spatial et pour les deux années, il faut noter qu'il y a un écart entre les répétitions en faveur de la 2^{ème} répétition. Ce fait peut être imputable au choix aléatoire des unités de répétition qui met l'unité de répétition 2 sur un terrain plus plat que les deux autres et par conséquent, elle bénéficie d'une meilleure infiltration des eaux de pluie, alors qu'il y a plus de ruissellement pour les deux autres.

Ce sont ces types de caractéristiques naturelles des parcours steppiques qui rendent leur étude plus complexe et confirment la difficulté de l'extrapolation des résultats de l'échelle stationnelle à l'échelle régionale et par conséquent la généralisation des résultats ne peut être possible que lorsque les conditions d'expérimentation sont similaires (Bartolome, 2006).

1.2.3. Taux de régénération vs taux de prélèvement

Les figures 20 et 21 (taux de prélèvement vs taux de régénération) montre que :

- La charge appliquée de 5 têtes / ha n'a pas eu d'effet négatif sur la régénération de *l' Artemisia herba alba* puisque le taux de régénération moyen est de 248,09% pour l'année 2013. Alors que pour la même charge le taux de régénération moyen en 2014 n'a pas dépassé 54% bien que les conditions pluviométriques n'ont pratiquement pas changé. Ce fait d'incertitude représente un élément très important dans la caractérisation des conditions d'exploitation des parcours steppiques naturels qu'il faut étudier profondément et intégrer comme facteur déterminant dans l'établissement des modèles de gestion des parcours tel que préconisé par Batabyal et Godfrey (2002).
- Une tendance inverse de la régénération par rapport au prélèvement, tout comme les résultats enregistrés plus haut chez l'espèce *Salsola vermiculata L.*, plus le prélèvement est léger, plus la régénération est importante. Cette tendance chez les chamaephytes à mieux régénérer quant le prélèvement est léger et également citée par Yousfi (2009) dans l'étude menée sur l'espèce *Salsola vermiculata L.* et Gheraibia et Laouer (2000) (cité par Yousfi, 2009) en ce qui concerne les trois espèces d' *Atriplex halimus*, *A. canescens* et *A. nummularia*.
- La capacité de régénération de l'espèce *Artemisia herba alba* Asso. a varié en moyenne de 4,34 fois le prélèvement en 2013 à 0.72 en 2014, ne peut être appréhender loin du mode d'exploitation associé entre l'utilisation du parcours et la complémentation dans l'alimentation du cheptel ainsi que d'autres facteurs qui sont en relation avec le système d'élevage et qui restent à déterminer avec précision comme la composition et la structure du troupeau. Les résultats semblent indépendants de la charge appliquée, car la charge appliquée de 5 têtes/ha qui semblait une charge conservatrice dans les résultats de 2013, deviendra une charge dégradante dans les résultats de 2014. Il faut, par ailleurs,

noter que pour beaucoup d'auteurs (Bartolome, 2006 ; G enevi eve et Rognon, 1995), la problématique du pacage est multidimensionnelle ce qui donnerait lieu à des réflexions qui orientent la recherche vers de nouvelles perspectives qui approfondiront l'étude de chaque paramètre à part sans négliger les interactions possibles entre les effets qu'ils engendrent. Ceci permet de dire que l'aspect de charge ne peut à elle seule expliquer certains aspects comme la dégradation des parcours. A ce niveau on peut citer que Holechek et Galt (2000), qui ont établi des lignes directrices concernant l'utilisation des pâturages sur 10 années, insistent sur l'existence d'une variabilité conditionn e, surtout, par les saisons de croissance et les techniques d'échantillonnage, ce qui leur a permis de conclure que des corrections sont nécessaires sur les modèles établis afin de prévenir tout risque de dégradation.

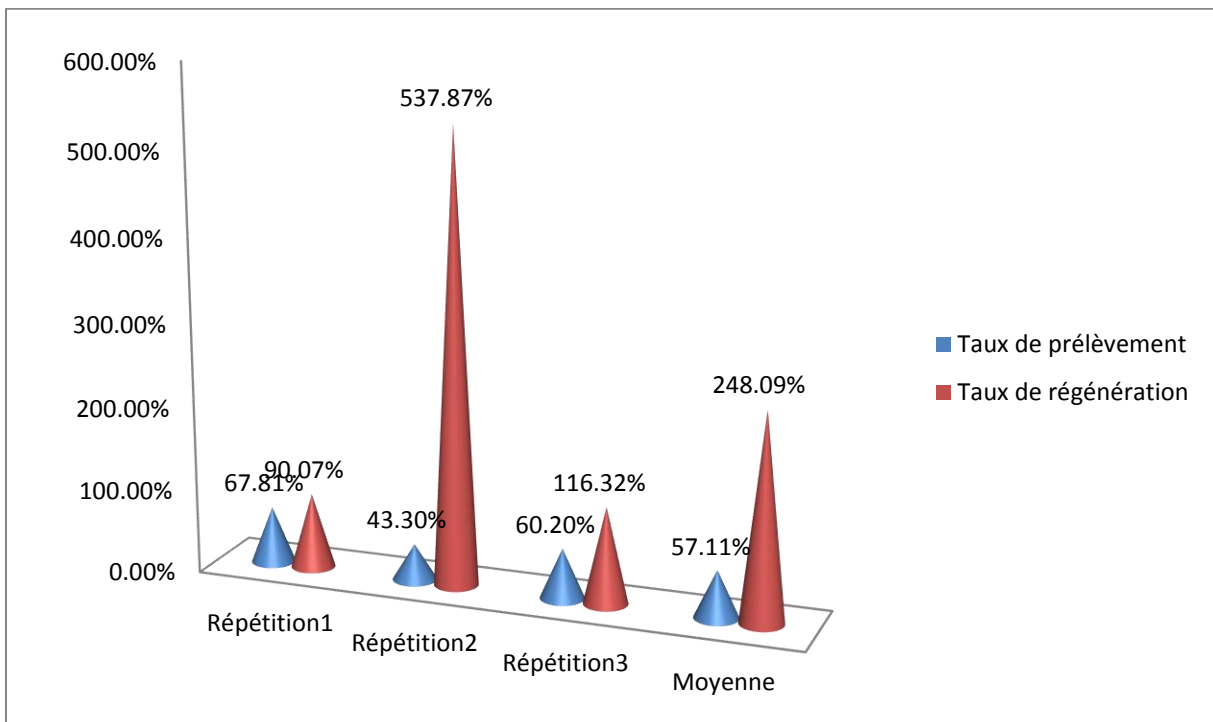


Figure 20 : Graphiques du taux de prélèvement et taux de régénération d'*Artemisia herba alba* Asso. (2013).

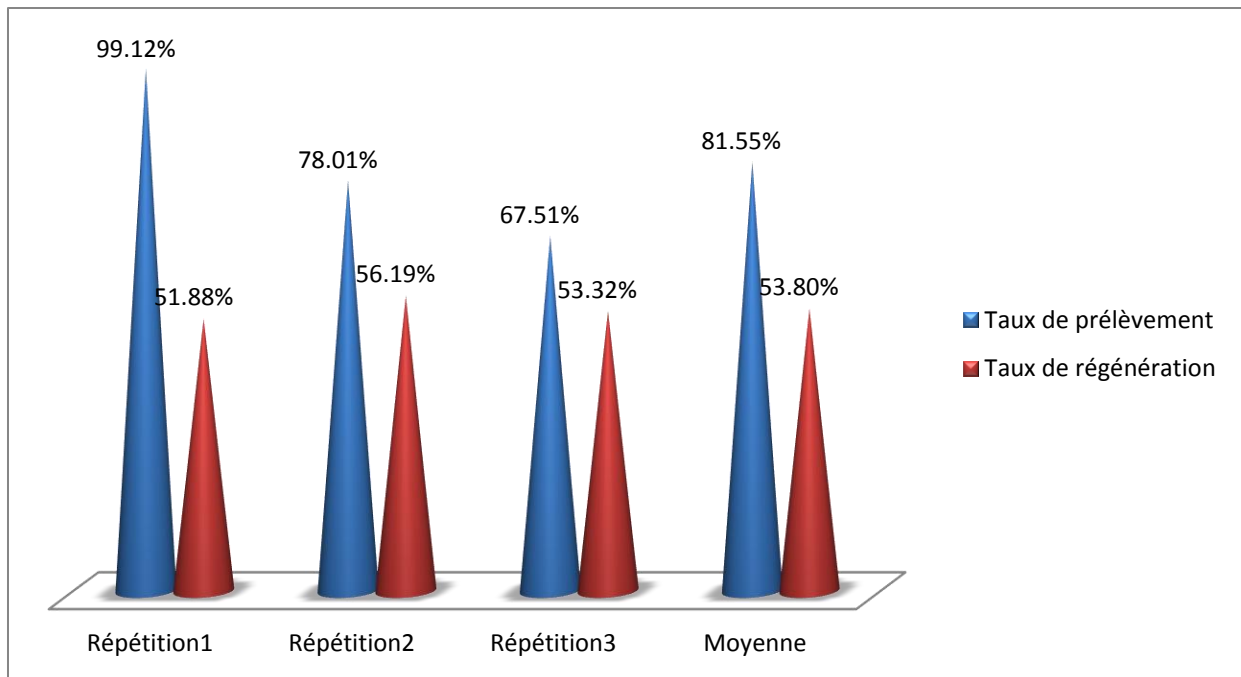


Figure 21 : Graphiques du taux de prélèvement et taux de régénération d'*Artemisia herba alba* Asso. (2014).

Tout ceci concoure à dire qu'avec un prélèvement moyen sur l'espèce *Artemisia herba alba* Asso., une deuxième exploitation est possible en prenant la précaution de respecter la charge et la durée d'exploitation surtout que cette deuxième période coïncide avec la saison sèche (d'avril à juin). Alors qu'avec un prélèvement sévère, une deuxième période de pacage au printemps ne peut être envisagée que dans le cas où la charge animale serait diminuée d'environ 50% ou d'opérer une complémentation alimentaire à base de foin ou de concentrés ce qui engendrerait une augmentation des charges financières de l'élevage dans ces conditions.

A l'inverse pour la simulation de pacage chez *Salsola vermiculata* L, seul un prélèvement léger permet d'envisager une deuxième période de pacage au printemps en maintenant la même charge animale.

Cette différence dans la dynamique de régénération de deux espèces fourragères inféodées à une même région démontre l'importance à donner à la gestion de ces parcours et à approfondir la recherche quant aux aspects relatifs

au comportement propre de chaque espèce dominante dans le parcours, l'effet du pacage sur la régénération de ces espèces et l'interaction avec les conditions climatiques de la région comme suggéré par Heitschmidt et Walker (1996) ainsi que par Nefzaoui et El Mourid (2008).

Dans le modèle développé par Squires (1998), la détermination de l'effet du pacage (effet de la charge) à long terme dépend de la synergie des facteurs abiotiques relatifs aux conditions climatiques (précipitations et températures), édaphiques et hydriques du parcours d'une part, et des facteurs relatifs au mode de gestion du troupeau (pratiques de pâturage et mobilité). Pour Al Hartani et Fogel (1998), la construction de modèles concernant les systèmes pastoraux et l'aménagement des parcours doit reposer dans ses inputs sur l'effet conjugué des conditions abiotiques, des activités humaines (pacage et aménagements) pour aboutir à des outputs cohérents qui déterminent les conditions futures de l'exploitation des parcours.

1.2.4. Equation du Taux de régénération (TR)

Les résultats obtenus par l'utilisation du logiciel STATISTICA 6.0 ont donné l'équation suivante :

➤ En 2013

$$\text{TR (\%)} = 6,169 + 0,37 e^{\text{Hi}} + 6,00 e^{\text{GLi}} + 4,9 e^{\text{Pli}}$$

Avec $R^2 = 0,97$

$P = 0,0000$

➤ En 2014

$$\text{TR} = 0,152 + 0,360 e^{\text{Hi}} + 0,329 e^{\text{GLi}} + 0,269 e^{\text{Pli}}$$

Avec $R^2 = 0,93$

$P = 0,0000$

Où : **TR** : Taux de régénération.

Hi : hauteur initial de la plante.

GLi : grande largeur initial de la plante.

Pli : petite largeur initial de la plante.

R² : coefficient de corrélation.

Les résultats enregistrés pour le taux de régénération de l'espèce *Artemisia herba alba* Asso., espèce dominante du parcours Fidh Lemhalla (Commune de Thlidjène Wilaya de Tébessa), soumise à une charge animale réelle de 5t/ha et dans les conditions d'expérimentation décrites ci-haut, suit une trajectoire de fonction exponentielle durant deux années successives.

Ces résultats confirment l'hypothèse que nous avons émise avant l'expérimentation qui suppose que le processus de régénération traduisant la dynamique des plantes broutées est non linéaire en raison de plusieurs facteurs aléatoires et non contrôlés qui peuvent y intervenir et qui traduisent la complexité du comportement de la végétation des parcours décrite par plusieurs auteurs comme Géneviève et Rognon (1995), Ferchichi (2004) et Bartolome (2006). On peut ainsi l'attribuer aux effets de :

- * La résilience de l'espèce (sa capacité de recouvrer son potentiel productif après un stress comme le pacage par les animaux) décrite par le Houérou (1995).
- * Le degré de sévérité du pacage (moyens et sévère dans notre cas) ;
- * La géomorphologie et le sol du terrain (pente faible dans notre étude).
- * La conduite alimentaire appliquée par l'éleveur à son troupeau et qui comporte une complémentation libre en concentré avant le pacage et qui a influencé les résultats durant la première année d'expérimentation.

Une forte corrélation ($R^2 = 0,97$ en 2013 et $0,93$ en 2014) existe entre les dimensions H, GL et Pl exprimées sous la forme d'une fonction exponentielle de ces grandeurs mesurables de la partie prélevée par l'animal de chaque plante de l'espèce *Artemisia herba alba* Asso. dans le parcours

étudié. Cette forte corrélation étaye fortement notre hypothèse de départ qui suppose que l'estimation du taux de régénération d'un parcours à base de l'espèce *Artemisia herba alba* peut être exprimée en fonction des grandeurs mesurées de la plante broutée (H, GL, Pl) qui sont facilement mesurables.

La corrélation fortement positive entre les dimensions du volume prélevé de chaque plante et le taux de régénération (T.R), d'une part et la stabilité du modèle sur deux années successives d'autre part, permettent d'initier l'orientation vers son utilisation comme un moyen simple de prédiction de la récupération de la phytomasse épigée après trois mois de repos de la dernière exploitation hivernale du parcours par le troupeau.

C'est un outil qui peut être intégré dans le processus de prise de décision quant à l'introduction future de la charge animale à admettre sur le parcours et partant un paramètre important à prendre en considération et ce en concordance avec Oussar (1998) qui préconise qu'il est important de pouvoir élaborer un modèle non linéaire pour rendre compte du comportement d'un processus, non seulement autour de ses points de fonctionnement "habituels", mais également lors des passages d'un point de fonctionnement à un autre.

Conclusion

Au terme de notre travail, les points phares qui peuvent être dégagés sont les suivants :

- Le taux de régénération, pour un stade phénologique donné et un degré de sévérité de pacage, peut être prédit à partir d'équations mathématiques de type non linéaire en fonction des dimensions déterminant le volume de plante soumise à l'acte du pacage : la hauteur (H_i) la grande largeur (GL_i) et la petite largeur (PL_i). Cet aspect d'utilisation des facteurs physiques inhérents aux plantes constituant un parcours dans la région semi aride à aride, permet d'ébaucher une nouvelle orientation dans l'approche de la gestion de ce type de parcours afin d'éviter la dégradation des ressources pastorales qu'il renferme. La non linéarité des modèles du taux de régénération pour les espèces *Salsola vermiculata L.* et *Artemisia herba alba Asso.* exprimant la complexité de la dynamique des parcours steppiques sous l'influence de divers facteurs. Ceci met en relief l'importance de considérer les fluctuations que peuvent subir les parcours des régions arides et semi arides suite au pacage par les animaux et d'adapter les plans de leur exploitation en fonction de leur production réelle d'une saison de pacage à l'autre.
- Les taux de régénération sont fonction de la sévérité de pacage et implique un contrôle rigoureux du troupeau afin de réaliser l'adéquation entre le besoin des animaux et la durabilité de la ressource pastorale exploitée.

Nos résultats et ceux d'autres auteurs suggèrent la relance du débat autour de la durabilité des ressources pastorales des parcours naturels en zones steppiques sous l'angle de la dynamique de variation de la production entre les différentes saisons d'exploitation et de mettre en place un système prévisionnel de cette

variation pour éviter toute forme de surexploitation qui ne pourrait que porter préjudice aux parcours.

Nous tenons, enfin, à noter que les résultats de notre étude ne peuvent être valables que pour les conditions stationnelles écologiques, dans lesquelles ils ont été obtenus, et ne peuvent être pris pour une base de référence absolue compte tenu de la durée de déroulement de l'expérimentation d'une part et de la grande variation interannuelle de conditions climatiques d'autre part. Leur confirmation par d'autres expérimentations sur une durée plus longue, s'avère indispensable avant leur adoption comme modèle définitif dans la perspective de les utiliser pour la simulation du comportement des parcours similaires à celui que nous avons étudié.

Références bibliographiques

1. **Abdulaziz M.S., 1997.** Estimation of biomass and utilization of three perennial range grasses in Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments* 36 PP 103 – 111.
2. **Aboura R., 2006.** Comparaison phyto-écologique des Atriplexaies situées au nord et au sud de Tlemcen. Thèse de Magister. Université Abou Baker BELKAID Tlemcen. 181p.
3. **Aidoud A., 1983.** Contribution à l'étude des écosystèmes steppique du sud Oranais. Thèse 3eme cycle. USTHB, Alger. 255 p.
4. **Aidoud A., 1988.** Les écosystèmes à armoie blanche (*Artemisia herba alba* Asso). 1 : caractères généraux. *Biocénoses*, 3(1-2) ,1-15 p.
5. **Aidoud A., 1989.** Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés (Hautes plaines algéro-oranaises – Algérie). Thèse doctorat d'Etat. Université Sci. Tech. Houari Boumediene. Alger, 240p. + annexes.
6. **Aidoud A. and Nedjraoui D., 1992.** The steppe of alfa (*Stipa tenacissima* L.) and their utilisation by sheep. *Plant – animal interactions in mediterranean type ecosystems. MEDECOS VI. Greece*, PP : 62-67.
7. **Aidoud A.,Floc'h E.,Houerou H.N., 2006.** Les steppes arides de l'Afrique du Nord. *Sécheresse* 17 (1-2), PP : 19-30
8. **Akoka J. et Comyn-Wattiau I., 2001.** Conception des bases de données relationnelles en pratique (Chapitre 1), Vuibert 2001
9. **Al Hartani E. and Fogel M., 1998.** A simulation model for evaluating long term impacts of grazing practices. *Drylands : sustainable use of rangelands into twenty first century. IFAD*, PP : 139-150.
10. **Allen V. G.,Batello C.,Berretta E. J.,Hodgson J.,Kothmann M.,Li X.,McIvor J.,Milne J., Morris C.,Peeters A. and Sanderson M., 2011.** An international terminology for grazing lands and grazing animals. The Forage and Grazing Terminology Committee. *The Journal of the British Grassland Society The Official Journal of the European Grassland Federation. Grass and Forage Science*, 66, 2–28p.p.
11. **Bailey D. et Sprinkle J., 2004.** How Many Animals Can I Graze on my Pasture?. Determining carrying capacity on small land tracts. Cooperative Extension Work. Acts of May 8 and June 30, 1914, in cooperation with the U.S. Department of

- Agriculture, James A. Christenson, Director, Cooperative Extension, College of Agriculture & Life Sciences, The University of Arizona. 6p.
12. **Bartolome J. W., 2006.** Component of managed grazing and complexity of conducting grazing studies. CAL – PAC Society for Range Management Symposium – Grazing for biological conservation, PP: 1-4.
 13. **Batabyal A. A. and Godfrey E. B., 2002.** Rangeland management under uncertainty : A conceptual approach. *Journal of Range Management* 55, 12-5.
 14. **Batabyal A. A. and Rohlin S. M., 2005.** A theoretical perspective on managed rangelands and irreversible state. *International Review of Economics and finance* 14, 487-97.
 15. **Behnke R et Scoones I., 1993.** Rethinking range ecology: implications for rangeland management in Africa. In: Behnke R, Scoones I and Kerven C (Editors: Range ecology at disequilibrium. ODI, London, 1-30 p.
 16. **Benrebiha A., 1984.** Contribution à l'étude de l'aménagement pastoral dans les zones steppiques : cas de la Coopérative Pastorale d'Ain Ouessara (W. Djelfa). Thèse de Magistère INA. El Harrache, 160p. + annexes.
 17. **Bouallala M., Chehma A. et Hamel F., 2013.** Evaluation de la valeur nutritive de quelques plantes herbacées broutées par le dromadaire dans le Sahara nord-occidental algérien. *Lebanese Science Journal*, Vol. 14, No. 1, 2013. 33-39p.p.
 18. **Bouchoukh I., 2010.** Comportement écophysologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Mémoire de Magister. Université Mentouri – Constantine.
 19. **Bouhrik A. G., 1996.** Contribution à l'étude de la valeur nutritive de *Salsola vermiculata* – Composition chimique et digestibilité – dans la région d'El Outaya (W. Biskra). Mémoire d'ingénieur d'Etat. Université Hadj Lakhder. Batna, 48p.
 20. **Bourbouze A., Donadieu R., 1987.** L'élevage sur parcours en région méditerranéennes. CIHEAM / IAM-M, Montpellier. 104p.
 21. **Carriere M., 1996.** Impact des systèmes d'élevage pastoraux sur l'environnement en Afrique et en Asie tropicale et sub-tropicale aride et subaride. *Livestock and the Environment Finding a Balance* Elevage et Environnement A la Recherche d'un Equilibre. 73p.
 22. **Daget Ph. et Poissonet J., 1972.** Un procédé d'estimation de la valeur pastorale de pâturages. *Fourrages*, 49, 31-39 p.

23. **Daget P. et Godron M., 1995.** Pastoralisme : Troupeaux, espaces et sociétés. HATIER - AUPELF • UREF.510p.
24. **Defranceschi M., 2013.** Modélisation et simulation numériques en chimie du solide : principes et applications.7200092269 - cerist // 193.194.76.5
25. **Dine N., 2002.** Le Système d'Élevage Ovin en Milieu Steppique : pour une Exploitation Rationnelle des Potentialités locales.Cas de la commune de Tadjmout, (Wilaya de Laghouat), Mémoire d'Ingénieur Agronome, Université de Ouargla. Algérie. 148 p.
26. **Diouf A. A. et al.2014.** Fonctions d'ajustement pour l'estimation de la production fourragère herbacée des parcours naturels du Sénégal à partir du NDVI S10 de Spot Végétation. XXVII^e colloque de l'Association International de Climatologie 2-5 juillet 2014 – Dijon (France).
27. **Djebaili S., 1987.** Rapport phyto-écologie et pastoral de la wilaya de Djelfa. C.R.D.T.Alger. 159 p.
28. **Djellouli Y., Nedjraoui D., 1995.** Evolution des parcours méditerranés. In pastoralisme, troupeau, espaces et société. Hatiered. Pp. 440-454.
29. **Dunn C. E., Brooks R. R., Edmondson J., Leblanc M. et Reeves R. D., 1996.** Biogeochemical studies of metal-tolerant plants from southern Morocco. Journal of Geochemical Exploration, 56 (1), 13-22 p.
30. **Efferth T., 2007.** Anti-plasmodial and antitumor activity of artemisinin-from bench to beside, Planta Med., 73, 299-309 p.
31. **Evenari, M., Schulze, E.D., Kappen, L., Buschbom, V. et Lange, O.L., 1975.** Adaptative mecanisms in desert plants. Vernberg, E.J. (ed.), Physiological adaptation to the environment New York, 111-129 p.
32. **Fagouri M., El Abraoui M. et EL Helafi H., 1996.** Les arbustes fourragers autochtones et introduites dans les parcours du Maroc oriental. Fodder shrubs Development in Arid and Semi-arid Zones. ICARDA (Séminaire 27 oct. – 02 nov. Hammamet – Tunisie), PP : 197-202.
33. **Feinbrun D.N., 1978.** Flora Palaestina, The Israel Academy of sciences and humanities, Jerusalem, part 3, 351-353 p.
34. **Ferchichi A., 2004.** La gestion et l'aménagement des parcours en milieux arides : des systèmes locaux de connaissance à la modélisation mathématique. IAMZ-CIHEAM Cahiers Options Méditerranéennes Vol. 62, PP : 381-393.

35. **Genin D et Hanafi A., 2010.** Estimation de la pression pastorale sur parcours arides: Comment prendre en compte les modes de conduite des troupeaux. IRD, Laboratoire Population, Environnement, Développement, UMR 151, Université de Provence, Centre St-Charles, 3 Place V. Hugo, 13331 Marseille cedex 3, France.
36. **Gheraibia A. et Laouer N., 2000.** Essai d'élaboration d'un schéma d'exploitation des parcours plantés par des atriplex dans le cadre des grands travaux. Mémoire d'ingénieur d'Etat. Centre Universitaire Cheikh Larbi Tebessi. Tébessa, 27p. + annexes.
37. **Gningue D. I., 1997.** Effets de la pression de bétail sur les productions primaires et secondaires du Ferlo sénégalais. Développement durable au Sahel. Dakar / Paris, Sociétés, Espaces, Temps / Karthala, 1997 : 145-157p.p.
38. **Heitschmidt R.K. and Walker J. W., 1996.** Grazing management technology for sustaining rangeland ecosystems. Rangeland Journal 18 (2), PP : 194-215.
39. **Holechek J. L., Thomas M., Molinar F. et Galt D., 1999.** Stocking Desert Rangelands: What We've Learned. RANGELANDS 21(6).8-12p.p.
40. **Holling C.S., 1978.** Adaptive environmental assessment and management. Wiley Interscience, Chichester, 377p.
41. **Hu J., Zhu Q., Bai S. et Jia Z., 1996.** New eudesmanesquiterpene and other constituents from *Artemisia mongolica*, *Planta Med.*, 62, 477-478 p.
42. **Jeder H et Sghaier M., 2010.** Application du modèle de control optimal de la charge animale sur les parcours du Sud Tunisien: Cas d'Eloura et des Dhahars, *NEW MEDIT* n° 2,12 p.
43. **Kim J. H., et al., 2002.** New sesquiterpene-monoterpene lactone, artemisolide, isolated from *Artemisia argyi*, *Tetrahedron lett.*, 43, 6205- 6208 p.
44. **Kwak J. H., Jang W. Y., Zee O. P. et Lee R. K. (1997).** A new Coumarin-Monoterpene ether from *Artemisia keiskeana*, *Planta Med.*, 63, 474-476 p.
45. **Laid M., Hegazy M.E.F. et Ahmed A. A., 2008.** Sesquiterpene lactones from Algerian *Artemisia herba alba* .*Phytochemistrylett*, 1, 85-88 p.
46. **Lapeyroni A., 1982.** Les productions fourragères méditerranéennes. T1. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, France, P : 7-387.
47. **Le Floc'h E. 1983.** Contribution à une étude ethnobotanique de la flore tunisienne. Editions Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.
48. **Le Houérou H.N. 1969.** La végétation de la Tunisie (avec référence au Maroc, à l'Algérie et à la Libye). *Annales de l'INRAT Tunisie*, Vol 42 Fasc. 5, 617 p.

49. **Le Houerou H.N., 1975.** Problèmes et potentialités des terres arides de l'Afrique du Nord. Options Méditerranéennes, n°26, 24-25 p.
50. **Le Houérou H. N., 1980.** Composition chimique et valeur fourragère des espèces ligneuses d'Afrique du Nord. Colloque sur les fourrages ligneux en Afrique – Centre International pour l'Elevage, Addis Abeba, 489 p.
51. **Le Houerou H.N., et Froment, 1979.** La désertification des régions arides. La recherche n° 99. Volume 10. Pp. 337-344.
52. **Le Houerou H. N. 1995.** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique- diversité biologique, développement durable et désertification. Options méditerranéennes. CIHEAM. Montpellier série B : Etudes et recherches n° 10- 397P.
53. **M.A.D.R., 2013.** Statistiques Agricoles.
54. **Meftah T., 2003.** Cosmétologie au naturel. Programme UICN. 20p.
55. **Mehdadi Z. 1992.** Contribution à l'étude de la régénération naturelle de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) et comportement du méristème végétatif. Thèse Magistère, Institut Biologie, Université. Tlemcen, 134 p.
56. **Mohamedi H., Labani A. et Benabdelli K., 2006.** Essai sur le rôle d'une espèce végétale rustique pour un développement durable de la steppe algérienne. Varia. Revues.org.
57. **Mohsen H. et Ali F., 2008.** Study of genetic polymorphism of *Artemisia herba-alba* from Tunisia using ISSR markers, African J. of Biotechnol., **7(1)**, 44-50 p.
58. **Nabih M., 1996.** A study on the syrian steppe and forage shrubs – Fodder shrubs Development in Arid and Semi-arid Zones – ICARDA (Séminaire 27 oct. – 02 nov. Hammamet – Tunisie), PP : 109-121.
59. **Nedjimi B., et Guit B., 2012.** Les steppes Algériennes : causes de déséquilibre vol. 2, n° 2 Décembre 2012 :50-61.
60. **Nedjraoui D., 1990.** Adaptation de L'alfa (*Stipa tenacissima*) aux conditions stationnelles. Thèse Doctorat. USTHB, Alger. 256 p.
61. **Nedjraoui D., 2004.** Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définitions des indicateurs de dégradation. IAMZ-CIHEAM Cahiers Options Méditerranéennes Vol. 62, PP : 239-243.
62. **Nedjraoui D. et Bédrani S., 2008.** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. Revue Vertigo, volume 8, n°1.
63. **Openheimer H.R., 1961.** L'adaptation à la sécheresse: le xérophytisme. Echange hydrique des plantes en milieux arides, UNESCO, Paris, 115-153 p.

64. **Ourcival J.M., 1992.** Réponse de deux chamaephytes de la Tunisie présaharienne à différentes contraintes et perturbations. Thèse Doc. USTL, Montpellier, 167 p.
65. **Oussar Y., 1998.** Réseaux d'ondelettes et réseaux de neurones pour la modélisation statique et dynamique de processus, thèse de Doctorat, l'Université Paris VI, 170p.
66. **Ozenda P., 1954.** La température, facteur de répartition de la végétation en montgane-ANN.Biol.31, p.295-312.
67. **Ozenda P., 1991.** Flore du Sahara (3ème édition mise à jour et augmentée).Paris. Edition du CNRS, 662p. + cartes.
68. **Pouget M., 1980.** Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. ORSTOM Paris, 555p.
69. **Quezel P. et Santa S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie. T1. CNRS Paris, PP : 286 – 302.
70. **Rhaffari L., 2008.** Catalogue des plantes potentielles pour la conception de tisanes, 10 p.
71. **Richardson F.D., Hahn B.D. and Hoffman M.T., 2007.** Modelling the sustainability and productivity of pastoral systems in the communal areas of Namaqualand. Journal of Arid Environment 70, PP : 701-717.
72. **Sarfraz A., Muhamad I. and Sarwat N.M., 2012.** Rangeland degradation and management approaches in Baluchistan, Pakistan. Paj. J. Bot. 44, PP : 127-136, special issue may 2012.
73. **Salah S. Tag El Din, 1994.** Prediction of Salsola vermiculata foliage production for different grazing intensities. Journal of King Saud University Vol. 6 Agri. Sci. (2), PP : 311-320.
74. **Salido S., Valenzuela L. R., Altarejos J., Noguerras M., Sanchez A. et Cano E., 2004.** Composition and infraspecific variability of Artemisia herba-alba from southern Spain. Biochem. Syst. Ecol., 32, 265-277 p.
75. **Samandougou Y., Kabore-Zoungrana C., Zoundi S. J., Sohero A. et Kiema A., 2010.** Contribution de la récupération des parcours dégradés par les cordons pierreux associés sous solage à l'amélioration de la production du fourrage naturel. Rev. Ivoir. Sci. Technol.227 – 241p.p.
76. **Scarnecchia D. L., 1990.** Concepts of carrying capacity and substitution ratios: a systems viewpoint. Journal of range management 43(6), November 1990.553-555p.p.
77. **Scott S., Block H. et Robins C., 2008.** Impact of alfalfa and fertilizer on pastures: Pasture Carrying Capacity. Forage technical bulletin. June 2008.5p.

78. **Senoussi A., Chehma A. et Bensemaoune Y., 2011.** La steppe algérienne à l'aube du IIIème millénaire : quel devenir ?. Annales des Sciences et Technologie. Vol. 3, N° 2.129-138p.p.
79. **Serhani H., 2009.** Contribution à l'évaluation de la valeur et de la productivité pastorale d'un parcours steppique à dominance *Salsola vermiculata* (cas de la région de Tébessa). Mémoire d'Ingénieur d'Etat. Université El hadj Lakhder Batna. 72p.
80. **Squires V. R., 1998.** Experts systems and the computer – based decision support system for managing marginal rangeland. Drylands : sustainable use of rangelands into twenty first century. IFAD. 125-136.
81. **Thorne M. S. et Stevenson M. H., 2007.** Stocking Rate: The Most Important Tool in the Toolbox. Pasture and Range Management June 2007 PRM-4. Cooperative Extension Service/CTAHR, University of Hawaii at Mānoa, Honolulu, Hawaii 96822.10p.
82. **Todorova M. N., Tsankova E. T., Trendailova A.B. et Gussev C.V., 1996.** Sesquiterpene lactones with the uncommon rotundane skeleton from *Artemisia pontica* L, Phytochemistry, 41(2), 553-556 p.
83. **Toutain P. L., Bousquet-Mélou A., 2007.** Modèles et modélisation : généralités. INRA/ENVT. 14P.
84. **Vayssières M.P. and Plant R.E., 1998.** Identification of vegetation state-and-transition domains in California's Hardwood Rangelands, 101p.
85. **Waisel, Y., Liphshitz, N. et Kuller, Z., 1972.** Pattern of water movements in stress and shrubs. Ecology, 53, 520-523 p.
86. **Walker J. W., 1993.** Nutritional models for grazing animals. ICEL AGRI. SCIE. 7, PP : 45-57.
87. **Wood B., 2004.** Natural resource models in the rangelands. A review undertaken for the National Land and Water Resources (Audit). Australia, 148p. + appendix.
88. **Yameogo J. T., Hien M., Lykke A. M., Some A. N. et Thiombiano A., 2011.** Effet des techniques de conservation des eaux et des sols, zaï forestier et cordons pierreux, sur la réhabilitation de la végétation herbacée à l'Ouest du Burkina Faso. International journal of Biological and Chemical Sciences 5(1) February 2011.56-71p.p.
89. **Yousfi M., 2009.** Contribution à la détermination d'un modèle d'exploitation de l'espèce pastorale autochtone *Salsola vermiculata* L. par simulation de pacage. Mémoire de Magister. Université Zienne Achour Djelfa.

90. **Zaâfour M.S., Akrimi N., Le Floch E., Zouaghi M.** Développement d'une approche méthodologique d'évaluation des performances des arbustes fourragers. In : Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens*. Zaragoza : CIHEAM, 2004. p. 481 -484 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 62)
91. **Zeggwagh N-A., Farid O., Michel J. B., Eddouks M. et Moulay I., 2008.** Cardiovascular effect of *Artemisia herba-alba* aqueous extract in spontaneously hypertensive rats. Methods and findings in experimental and clinical pharmacology, 30(5), 375-81 p.
92. **Ziyyat A., Legssyer A., Mekhfi H., Dassouli A., Serhrouchni M. et Benjelloun W., 1997.** Phytotherapy of hypertension and diabetes in oriental Morocco. J. of Ethnopharmacol., 58(1), 45-54 p.

Abstract

The lack of data and studies about Steppe rangelands regrowth is one of the major problems that limit the determination of the exact date and the duration of grazing in these natural ranges.

In this context, the use of mathematical models can be one of the privileged tracks to help resolving this kind of problem.

The objective of this study, which were carried out during two years in the natural Steppe ranges of Thlidjène (W. Tébessa), is to contribute to establishing mathematical models related to phytomass regrowth rate of two native shrubs : *Salsola vermiculata* L. and *Artemisia herba alba* Asso. representing the dominant natural shrubs of these ranges.

Salsola vermiculata L. shrub was subject of grazing simulation according to three defoliation (cutting) level: severe (75% of the shrub volume), moderate (50% of the shrub volume) and light (25% of the shrub volume).

After treatment using Statistica 6.0 and Excel 7.0 (Microsoft corporation), the study showed that the rate of phytomass regrowth is highly influenced by defoliation level and the phenological stage. It also showed that the phytomass regrowth rate can be well expressed by neperian logarithm equations for severe, light and mixed defoliation treatments, while the moderate treatment is expressed by a quadratic equation.

The *Artemisia herba alba* Asso. shrub was treated by using a 5 animals / ha stocking rate during two months of pacage each time. The results showed that the regrowth rate is expressed by an exponential equation model.

Key words: Mathematical model, *Salsola vermiculata* L., *Artemisia herba alba* Asso., phenological stage, phytomass regrowth rate, defoliation degree, stocking rate.

ملخص

يعتبر نقص المعطيات و الأبحاث في مجال استرجاع الإنتاج الخضري في المراعي السهبية من أهم المشاكل التي تعيق إمكانية تحديد تاريخ و مدة استغلال الموارد الطبيعية لهذه المراعي. و في هذا المجال فإن استعمال المعادلات الرياضية هو أحد الطرق الممكنة بهدف تحقيق هذا الغرض. و في هذا الإطار ، فإن هذه الدراسة ، التي جرت على مدار سنتين بالمراعي الطبيعية بمنطقة تليجان ولاية تبسة ، تعتبر مساهمة في وضع نماذج رياضية يمكن من خلالها حساب نسبة الإسترجاع الخضري لنوعين محليين من الشجيرات العلفية المهمة في هذه المراعي هما الحماسة *Salsola vermiculata* L. و الشيح *Artemisia herba alba* Asso. . و قد تم ، خلال هذه الدراسة ، إخضاع نوع الحماسة للقطع في ثلاث مستويات : شديد (75 بالمائة) ، متوسط (50 بالمائة) و خفيف (25 بالمائة). و قد أثبتت الدراسة أن نسبة الإسترجاع تخضع لتأثير مرحلة النمو و كذلك مستوى القطع. و هي تتبع في ذلك مسارات معادلات رياضية مختلفة. بالنسبة لدرجة القطع المتوسطة يمكن تقييمها من خلال معادلة من الدرجة الثانية ، أما باقي المستويات فتتبع معادلات لوغارتمية تيبيرية. أما نوع الشيح فقد خضع لعملية رعي بتطبيق حمولة رعوية قدرها 5 رؤوس ماشية لكل هكتار ، و أظهرت النتائج أن نسبة الإسترجاع تتبع مسار معادلات أسية.

الكلمات المفتاحية : النموذج الرياضي ، *Salsola vermiculata* L. ، *Artemisia herba alba* Asso. ، مرحلة النمو ، نسبة الإسترجاع الخضري ، مستوى القطع ، الحمولة الرعوية.