

REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA -1-

Faculté des Sciences de la Nature & de la Vie

Département des Biotechnologies

THESE DE DOCTORAT

En sciences agronomiques

Spécialité : Productions animales

RÔLES DES ARBRES ET ARBUSTES FOURRAGERS DANS
L'ALIMENTATION DES RUMINANTS DANS LE SEMI-
ARIDE DU CENTRE DE L'ALGERIE : CAS DE LA REGION
DE DJELFA

Par :

BOUBEKEUR Salima

Devant le jury :

Pr. BERBER A.	Professeur. Uni. Blida -1-	Président
Pr. AIN BAZZIZ H.	Professeur ENSV Alger	Examinatrice
Pr. OUACHEM D.	Professeur. Uni. Batna	Examineur
Dr. KADI S. A.	MCA. Uni. Tizi-Ouzou	Examineur
Dr. MEFTI KORTEBY H.	MCA. Uni. Blida-1-	Directeur de thèse

Année : 2017 / 2018

REMERCIEMENTS

Je remercie le bon Dieu tout puissant de m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ma thèse.

Au terme de ce travail, Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma Directrice de Thèse Madame Mefti-Korteky Hakima qui a cru en moi depuis mes initiations et qui m'a permis d'arriver au bout de cette thèse. Madame, je vous remercie car vous étiez toujours attentive et disponible malgré vos nombreuses charges. Votre compétence, rigueur scientifique et clairvoyance m'ont beaucoup appris.

Ma reconnaissance et mes remerciements s'adressent également à Monsieur Houmani Mohamed Professeur qui a bien voulu m'encadrer au début de la thèse et pour ses encouragements durant la période de ce travail.

Mes remerciements vont également à Monsieur Berber Ali professeur à l'institut national vétérinaire qui m'a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.

Je tiens à remercier le Pr. Ain Bazziz H., Pr Ouachem D. et Dr. Kadi S. A. pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en acceptant d'examiner, d'évaluer et de juger mon travail.

J'adresse aussi mes remerciements aux agents de la direction des forêts de DJELFA pour leur disponibilité et leur coopération afin de réaliser les multitudes sorties sur terrain.

Ma gratitude va également aux responsables de l'INRF de DJELFA, ainsi qu'aux personnels de l'HCDS pour leur aide et leur disponibilité sur terrain.

Je remercie M. Bastianelli Denis, Chercheur au CIRAD, Responsable du Laboratoire de Nutrition Animale UMR SELMET CIRAD, pour avoir mis à ma disposition tous les moyens pour la réalisation de mes analyses ainsi que ses conseils et ses critiques constructives tant sur le plan pratique que sur le plan scientifique.

J'adresse mes remerciements à M. Bonnal Laurent pour la formation initiation au SPIR et Mlle Baby Elodie pour leur aide au laboratoire.

Mes remerciements s'adressent à celui qui est à l'origine de ce que je suis mon cher père.

Je remercie chaleureusement ma sœur, mes frères, mes tantes et mon beau-frère pour leurs aides, leurs patiences et leurs encouragements durant l'élaboration de ma thèse.

Enfin, j'adresse les plus sincères remerciements à tous mes proches amis, qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce travail.

MERCI

LISTE DES ILLUSTRATIONS, TABLEAUX ET FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Température et Précipitations à Djelfa des années 1990 à 2015	22
Tableau 1.2 : Le vent et l'humidité à Djelfa des années 1990 à 2015	24
Tableau 2.1:Caractéristiques nutritionnelles des principaux fourrages d'arbres et d'arbustes	47
Tableau 2.2 : Différents types d'usages de quelques espèces d'arbustes	55
Tableau 2.3 : Valeur alimentaire potentiel des arbres et arbustes fourragers	60
Tableau 2.4 Qualité nutritionnelle de la ration prélevée par des ovins sur un parcours mixte	62
Tableau 3 1 : Paramètres de qualité de l'équation de prédiction	73
Tableau 3.2 : Avantages et inconvénients des analyses de laboratoire, d'animaux et du SPIR	76
Tableau 4.1 : Familles, noms scientifiques et noms vernaculaire des espèces d'arbres et d'arbustes	79
Tableau 4.2 : Les équations d'étalonnage	84
Tableau 5.1 : Prédiction de la composition chimiques des feuilles et rameaux tendres d'arbres fourrager	90
Tableau 5.2 : Digestibilité de la matière sèche et de la matière organique des échantillons d'arbres fourragers	92
Tableau 5.3 : Prédiction des valeurs énergétiques et azotées des feuilles et rameaux tendres des espèces d'arbres étudiés	94
Tableau 5.4 : Prédiction de la composition chimique des feuilles et rameaux tendres des espèces d'arbustes fourragers	97
Tableau 5.5 : Prédiction de la dégradabilité <i>in-vitro</i> de la matière sèche et de la matière organique des arbustes fourragers	104
Tableau 5.6 : Prédiction des valeurs énergétiques et azotées des espèces d'arbustes fourragers	105

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Délimitation de la steppe Algérienne	18
Figure 1.2 : Localisation de la wilaya de Djelfa	20
Figure 3.1 : Les différentes zones du spectre lumineux	67
Figure 3.2 : Spectre d'absorption du SPIR	68
Figure 3.3 : Illustration du fonctionnement d'un appareil NIR	70
Figure 3.4 : Exemple fictif pour illustrer le principe de calibration	71
Figure 3.5 : Illustration des principaux critères de caractérisation du modèle de calibration	72
Figure 4.1 : Les sites de prélèvements d'échantillons d'arbres et arbustes fourragers	78
Figure 4.2: Le spectrophotometre proche infra rouge	81
Figure 4.3 : Coupelles du SPIR	81
Figure 4.4 : Projection ACP des échantillons d'analyse	82

LISTES DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

ADF:	Acid detergent fiber
ADL:	Acid detergent lignin
AOAC:	Association of Analytical Chemists
CIRAD:	Le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CUD :	Coefficient d'utilisation digestif
DivMO :	Digestibilité in vitro de la matière organique
DivMS :	Digestibilité in vitro de la matière sèche
DTPA :	Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire
Eq-ovin:	Equivalent ovins
FAO:	Food and Agriculture Organization
HCDS :	Haut-commissariat de développement de la steppe
MAD :	Matières azotées digestibles
MAT :	Matières azotées totales
MS :	Matière sèche
NDF:	Neutral detergent fiber
NIR :	Near infrared
PDIE :	Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie
PDIN :	Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote
SMO :	Solubilité de la matière organique
SMS :	Solubilité de la matière sèche
TDN :	Total digestible nutrients
UF :	Unité fourragère
UFL:	Unité fourragères lait

Résumé

Dans le but de caractériser la valeur nutritive de quelques arbres et arbustes des parcours steppiques, du semi-aride du centre d'Algérie, des prélèvements d'espèces d'intérêt fourrager ont été réalisés dans 3 localités pour les arbres et 4 localités pour les arbustes dans la région de Djelfa, pendant quatre saisons.

Des échantillons ont été récoltés sur 7 espèces d'arbres fourragers appartenant à 5 familles différentes : il s'agit du *Pistacia atlantica* (PA), *Acacia farnesiana* (AF), *Acacia nilotica* (AN), *Acacia saligna* (AS), *Gleditsia triacanthos* (GR), *Quercus ilex* (QI) et *Pinus halepensis* (PH).

Les arbustes fourragers ont été prélevés sur 15 espèces représentés par 9 familles. Il s'agit d'*Atriplex nummularia* (AN), *Atriplex canescens* (AC), *Atriplex halimus* (AH), *Elagnus angustifolia* (EA), *Juniperus oxycedrus* (JO), *Juniperus phoenicea* (JP), *Lycium arabicum* (LA), *Medicago arborea* (MA), *Phillyrea angustifolia* (PhA), *Pistacia lentiscus* (PL), *Retama retam* (RR), *Tamarix africana* (TA), *Tamarix articulata* (Tar), *Tamarix galica* (TG) et *Ziziphus lotus* (ZL)

Les parties prélevées servant d'échantillons d'arbres et d'arbustes sont celles consommées par les petits ruminants à savoir rameaux avec feuilles. Ces échantillons ont été séchés, broyés et analysés par SPIR (Spectrométrie dans le Proche Infrarouge) ou par méthodes chimiques. La composition chimique et la digestibilité *in vitro* (de la matière sèche : divMS et de la matière organique : divMO) ont été prédites par spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR). Les valeurs énergétiques et azotées ont été estimées à l'aide des équations de l'INRA.

Ainsi, l'analyse de la composition chimique a révélé que les contenus en matières azotées totales de certains arbres et arbustes fourragers sont intéressants pour AF, AS et GR pour les arbres fourragers et LA, AC, AH, AN, MA et ZL pour les arbustes fourragers. Les espèces les plus remarquable et distinguables sont l'*Acacia farnesiana* et *Lycium arabicum* avec un taux de 19,2 % et 24,34 % en MAT.

Les valeurs en CBW les plus faibles sont obtenues pour PhA (8,62%) et LA (9,82%).

Parmi les espèces les plus riches en minéraux, on a LA, AC, AN, AH, Tar et GR avec des valeurs de 22,5%, 20 %, 18,40%, 19,25% et 19,67% et 14,54% respectivement.

Les meilleures divMS sont celles de LA (87,43%) et PA (71,23%), par contre pour divMO sont celles de LA et AF avec des valeurs respectives de (83,62%) et (70,22%).

Toutes les espèces d'arbres fourragers présentent une bonne valeur énergétique, elles varient de 0,78 UFL à 0,93 UFL et 0,61 UFV à 0,86 UFV, le feuillage d'arbre le plus énergétique est en faveur du PA. La majorité des arbustes fourragers présentent une très bonne valeur énergétique, on note une variation de 0,77 UFL à 1,15 UFL et 0,75UFV à 1,09UFV, l'apport énergétique le plus élevé est en faveur de LA.

Les meilleures valeurs de protéines disponibles dans l'intestin (PDIN et PDIE) sont enregistrées pour *AF* qui est de 143,94 gr de PDIN et 183,87 gr de PDIN pour *LA*, alors que le *GR* et *LA* présentent des valeurs de 111,40 gr de PDIE et 117,27 gr PDIE respectivement.

A l'issue de cette étude, nous avons pu avoir une connaissance de la valeur nutritive des arbres et arbustes fourragers endémiques ou introduits dans le semi-aride de la région de Djelfa. Parmi les espèces les plus intéressantes on citera les *Acacia*, les trois espèces du genre *Atriplex*, le *Pistacia atlantica*, le *Lycium arabicum*, le *Medicago arborea* ainsi que le *zizyphus lotus*

La prédiction de la composition chimique et l'estimation des valeurs nutritives des arbres et arbustes fourragers ont révélé l'importance de ces ligneux fourragers comme ressources naturelles en alimentation animale.

Mots clés : Arbres fourragers, arbustes fourragers, semi-aride, valeur nutritive, SPIR

Abstract

In order to characterize nutritional value of few trees and shrubs relative to steppe routes in semi-arid center of Algeria, samples taking of interest fodder species have been made in three districts for trees and four districts for shrubs in Djelfa Region during four seasons.

Samples were collected from seven taking trees fodder species belonging to five different families including: *Pistacia atlantica* (PA), *Acacia farnesiana* (AF), *Acacia nilotica* (AN), *Acacia saligna* (AS), *Gleditsia triacanthos* (GR), *Quercus ilex* (QI) et *Pinus halepensis* (PH).

The fodder shrubs were collected from 15 species represented by nine families including. d'Atriplex *nummularia* (AN), *Atriplex canescens* (AC), *Atriplex halimus* (AH), *Elagnus angustifolia* (EA), *Juniperus oxycedrus* (JO), *Juniperus phoenicea* (JP), *Lycium arabicum* (LA), *Médicago arboréa* (MA), *Phillyrea angustifolia* (PhA), *Pistacia lentiscus* (PL), *Retama retam* (RR), *Tamarix africana* (TA), *Tamarix articulata* (Tar), *Tamarix galica* (TG), *Ziziphus lotus* (ZL)

The parts taken served at trees and shrubs samples are those consume by small ruminants as twigs with leaves. These samples were dried, crushed and tested by NIR (Near-infrared spectrometer) or by chemicals methods. The chemical composition and digestibility *in vitro* (relative to dry matter: divMS and organical material: diMO were prognosticated by Near-infrared spectrometer (NIR). Energetic and nitrogenous values were estimated according to INRA equations.

Mahalanobis distance (GH) between forage tree samples and calibration basis averaged 1.67 while fodder shrubs were 1.60; this distance (GH) obtained for the two fodder resources which is less than 3 indicates a good prediction of our samples

Thereby, chemical composition analysis has revealed that total contents of nitrogenous matters from some trees and fodder shrubs are interesting and LA, AC, AH, AN, MA and ZL for fodder shrubs. The species most remarkable and distinguishable are *Acacia farnesiana* et *Lycium arabicum* with rates estimated to 19, 20 % and 24, 34 % of CP

The lowest values of CBW are made for PA (8, 62%) and LA (9, 82%).

Among the most rich species in mineral, sur LA, AC, AN, AH, Tar and GR including values of 22, 5%. 20%. 18, 40%. 19, 25%. 19, 67% and 14, 54% respectively.

The best values of divMS are won by the LA (87.43%) and PA (71.23%) against those of divMO are obtained by LA and AF with values of (83.62%) and (70.22 %) respectively.

All the fodder trees species offer a good energetic value, varying from 0, 78 UFL to 0, 93 UFL and 0.61 UFV to 0, 86 UFV, the most energetic tree foliage is in favor of PA. The majority of fodder shrubs offer very good energetic value, we notice a range of 0, 77 UFL to 1, 15 UFL and 0,75UFV to 1,09UFV, and the highest energy intake is in favor of LA.

The best values of available proteins in intestine (PDIN and PDIE) are registered for AF which is 143, 94 gr of PDIN for LA, while GR and LA set forth values of 111, 40 gr of PDIE and 117, 27 gr PDIE respectively.

At the end of this study, we might have an expertise of nutritional value of endemic trees and fodder shrubs or included in the semi-arid Djelfa Region. Among the most interesting species, we notify *Acacia*, three species of type *Atriplex*, *Pistacia atlantica*, *Lycium arabicum*, *Medicago arborea* as well as *zizyphus lotus*.

Through prediction of chemical composition and estimation of nutritive values of fodder, trees and shrubs disclose the importance of ligneous fodder as natural resources in animal feed.

Key words: Fodder trees, fodder shrubs, semi-arid, nutritive value, NIRS

ملخص

من أجل تحديد القيمة الغذائية لبعض الأشجار والشجيرات في المراعي السهبية، بالمناطق الشبه جافة في الجزائر، تم إجراء عينات من أنواع من الأشجار العلفية في 3 مناطق والشجيرات العلفية في 4 مناطق محلية بولاية الجلفة، خلال أربعة مواسم.

تم جمع العينات من 7 أنواع من أشجار العلفية التي تنتمي إلى 5 عائلات مختلفة يتعلق الامر:

Acacia saligna (AS), Acacia nilotica (AN), Acacia farnesiana (AF), (PA) Pistacia atlantica

Gleditsia triacanthos (GR), Quercus ilex (QI) et Pinus halepensis (PH)

تم جمع شجيرات العلفية من 15 نوعاً تمثلها 9 عائلات مختلفة يتعلق الامر:

Atriplex nummularia (AN), Atriplex canescens (AC), Atriplex halimus (AH), Elagnus angustifolia (EA), Juniperus oxycedrus (JO), Juniperus phoenicea (JP), Lycium arabicum (LA) , Medicago arborea (MA), Phillyrea angustifolia (PhA), Pistacia lentiscus (PL), Retama retam (RR), Tamarix africana (TA), Tamarix articulata (Tar), Tamarix galica (TG) et Ziziphus lotus (ZL)

الأجزاء التي اتخذت المستخدمة لعينات الأشجار والشجيرات هي تلك التي تستهلكها الحيوانات المجترات الصغيرة، أو بالطرق الكيميائية. تم وهي الأغصان ذات الأوراق تم تجفيف هذه العينات سحقها وتحليلها من قبل قرب الطيف بالأشعة تحت الحمراء (NIRS) توقع التركيب الكيميائي والقابلية للهضم في المختبر

(divMO: المواد العضوية divMS: المادة الجافة) بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء

قدرت القيمة الطاقوية والبروتينية باستخدام معادلات (INRA)

وهكذا، أظهر التحليل التركيب الكيميائي أن محتوى النيتروجين الكلي لبعض الأشجار والشجيرات العلفية للشجيرات مثير للاهتمام AF، AS et GR للأشجار العلفية و LA، AC، AH، AN، MA et ZL العلفية

أكثر الأنواع المميزة والملفتة للانتباه هي *Lycium arabicum* و *Acacia farnesiana* بمعدل 19.19% و

.MAT%24.34

القيم لي CBW الأقل قيمة تم الحصول عليها من طرف PA (8,62%) et LA (9,82%)

من بين الأنواع الغنية بالمعادن عندنا GR، Tar، AH، AN، AC و LA بقيم 14.54%، 19.67%، 19.25%،

18,40%، 20.05% و 22,47% على التوالي.

أفضل divMS هي تلك التي في LA (%87.43) و PA (%71.23) في حين أن divMO لي LA و AF بقيم على

التوالي (% 83.62) و (% 70.22)

جميع أنواع الأشجار العلفية لها قيمة طاقة جيدة، تتراوح من 0,78 UFL إلى 0,93 UFL و 0,61 UFV

إلى 0,86 UFV وأوراق الشجيرات الأكثر قيمة طاقوية في صالح PA.

غالبية الشجيرات العلفية لها قيمة طاقوية جيدة جدا، فهناك اختلاف من 0,77 UFL الى 1,15 UFL و 0,75 UFV الى 1,09UFV وهو أعلى استهلاك للطاقة لصالح LA. يتم تسجيل أفضل قيم البروتين المتوفر في الأمعاء (PDIE، PDIN) لي AF وهو 143.94 غرام من PDIN و 183.87 غرام من PDIE لي LA. في حين أن قيم GR و LA تبلغ 111.40 غرام من PDIE و 117.27 غرام من PDIE على التوالي

المنطقة شبه في نهاية هذه الدراسة، تمكنا من فهم القيمة الغذائية للأشجار العلفية والشجيرات المتوطنة أو المستحدثة في القاحلة الجلفة. من بين الأنواع الأكثر إثارة للاهتمام نذكر 3 أنواع

Atriplex Pistacia atlantica, le Lycium arabicum, le Medicago arborea و zizyphus lotus

كشفت التنبؤات للتكوين الكيميائي وتقدير القيم الغذائية لأشجار والشجيرات العلفية أهمية هذه الأعلاف الخشبية كمورد علفية طبيعية في تغذية الحيوان.

الكلمات الدالة : الأشجار العلفية، الشجيرات العلفية ، شبه الجافة ، القيمة التغذوية NIRS

TABLE DES MATIERES

RESUME	
ABSTRACT	
ملخص	
REMERCIEMENTS	
TABLE DES MATIERES	
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX	
LISTE DES SYMBOLES	
INTRODUCTION	14
1. PRESENTATION GENERAL DE LA REGION DE DJELFA	17
1.1 Présentation de la région steppique	17
1.2 Localisation et limites de la région de Djelfa	19
1.3 Les facteurs édaphiques de la région	20
1.4 Le relief	21
1.5 Les facteurs climatiques de la région	22
1.6 La végétation de la région de Djelfa.	24
1.7 La production animale	30
1.8 L'occupation de l'espace pastorale	31
1.9 La dégradation des parcours steppiques	33
1.10 Les projets de protection et d'aménagements des parcours steppiques	34
1.11 Etude critique des actions entrepris par l'état	37
2. VALORISATION DES ARBRES ET ARBUSTES FOURRAGERS	39
2.1 Valorisation en alimentation animale	40
2.2. Valorisation dans d'autres domaines	51

2.3 Résultats des travaux d'utilisations des arbres et arbustesfourragers en alimentation des ruminants	59
3. METHODES D'ANALYSES FOURRAGERES	64
3.1 Analyse de qualité du fourrage	64
3.2 La spectroscopie proche infrarouge	66
3.3 Avantages et inconvénients des analyses au laboratoire, analyse en utilisant des animaux et analyse par spectrométrie	75
4. MATERIELS ET METHODES	78
4.1 Les zones de récoltes	78
4.2 Matériel végétal	79
4.3 Méthodes	80
4.4 Analyses	80
4.5 Prédiction de la composition chimique et détermination de la digestibilité	83
4.6. Calculs	85
5. RESULTATS ET DISCUSSION	87
5.1. Les résultats de prédiction des échantillons d'espèces d'arbres fourragers par le SPIR	87
5.2 Les résultats de prédiction des échantillons d'espèces d'arbustes fourragers par le SPIR	96
5.3 Discussion générale	109
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	115
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	118

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le semi-aride Algérien constitue l'espace naturel où est conduit l'essentiel de l'élevage des petits ruminants (ovins et caprins). La région de Djelfa représente une région pastorale où les productions ovines et caprines tirent leur subsistance de la végétation naturelle. Cette dernière est représentée par des herbacés annuelles qui sont rares en saison sèche, et leurs disponibilités restent dépendantes des conditions climatiques.

La steppe Algérienne connaît un déficit important en plantes dû à la dégradation des parcours. Pour remédier à ce déficit, la plantation d'arbre et d'arbustes à vocation fourragère constitue une ressource renouvelable qui peut fournir une biomasse sur pied régulière tout au long de l'année.

L'alimentation des ruminants varie avec l'état des pacages et des parcours dont la tendance est plutôt à la dégradation et à la difficile reconstitution. L'écosystème est fragilisé, il s'ensuit ainsi une diminution du potentiel fourrager de production caractérisé par la rareté et l'irrégularité des ressources alimentaires auxquelles l'élevage fait difficilement face [1] [2]. Dans la région de Djelfa, des programmes de réhabilitation ont été entrepris depuis une trentaine d'années [3].

Les programmes d'aménagement des parcours steppiques sont de deux types :

- la restauration par la mise en défens
- la réhabilitation par la plantation pastorale (*Atriplex*, *Médicago*, *Opuntia*, *Tamarix*, *Acacia* ...) là où le couvert végétal ne peut se régénérer par la mise en défens.

Il s'agit de protéger le sol et d'améliorer sa fertilité, mais aussi d'augmenter l'offre fourragère sur pieds et la rendre régulière et pérenne [4]. La pérennité n'est permise que par les arbres et à moindre degré les arbustes fourragers

Les fourrages ligneux représentés par les arbres et les arbustes, s'ils ne résolvent pas à eux seuls le problème alimentaire, ils pourront être un complément indispensable pour assurer la soudure à la fin de l'été et de l'hiver. Ils offrent un fourrage vert en pleine saison sèche pour les ruminants qui sont les seuls animaux capables de valoriser les ligneux [5]. Cependant leur valeur nutritive n'est pas connue du moins pour la plupart d'entre eux.

L'objectif du travail consiste à déterminer la composition chimique de quelques arbres et arbustes fourragers endémiques ou introduits dans le semi-aride de la région de Djelfa et de prédire leurs valeurs énergétiques et azotées ainsi que leurs digestibilités.

Le plan de la thèse se scinde en ces différents points :

- Une synthèse bibliographique où est décrite la région de Djelfa, où sont évoquées les diverses utilisations des arbres et arbustes fourragers notamment en alimentation animale, ensuite une description des méthodes d'analyses fourragères.
- Une deuxième partie est consacrée à l'expérimentation où sont évoqués les moyens mis en œuvre pour la réalisation de l'étude et la méthodologie adoptée.
- Une troisième partie qui traite les résultats avec discussion, qui sont présentés sous forme de quatre publications suivies d'une discussion générale.
- Pour clôturer avec une conclusion générale, qui synthétise les principaux points scientifiques qui résultent de l'expérimentation réalisée.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1

PRESENTATION GENERALE DE LA REGION DE DJELFA

Les régions steppiques Algériennes sont situées entre deux chaînes de montagnes : l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud. Elles s'étendent sur une surface de terres d'environ 20 millions d'hectares (soit 8,4 % de la surface de l'Algérie, sur une longueur de 1000 kilomètres et une largeur variable, de 300 kilomètres à l'ouest et 150 kilomètres à l'est. L'altitude va de 400 à 1200 mètres. La steppe est caractérisée par une forte contrainte climatique (insuffisance des pluies avec un isohyète variant de 100 à 400 mm, vents violents et parfois chauds, etc.) et édaphique (sols vulnérables, minces et pauvres en matières organiques) [6].

1.1 Présentation de la région steppique

Le terme steppe qualifie les espaces intérieurs, dessinés sous forme d'un ruban de 1000 km de long sur une largeur moyenne de 300 km à l'Ouest et seulement 150 km ou à une centaine de km à l'est. La steppe se présente comme une vaste bande régionale s'étend de la frontière Tunisienne à la frontière Marocaine. Le vocable steppe renvoie au mot arabe « E'Souhoub », terrain de parcours traditionnels des agro-pasteurs, en opposition aux régions hyper arides, les déserts proprement dits [6] (Figure 1.1).

La steppe est une formation végétale naturelle, constituée de plantes xérophiles herbacées, disposées en touffes espacées, et de plantes ligneuses, éventuellement de quelques arbres ou arbustes dispersés. Il s'agit d'une formation spécifique à des conditions pré désertiques de sécheresse prononcée et de forte chaleur ou de froid intense. [6]

D'après LE HOUEROU [7] le terme steppe évoque d'immenses étendues à relief peu couvert d'une végétation herbacée et clairsemée. Il correspond aussi à une formation végétale néoclimacique, basse, discontinue, formée d'espèces pérennes et annuelles dépourvues d'arbres où le sol nu apparaît dans des proportions variables.

Une steppe aride est un milieu qui n'offre que des conditions extrêmes pour l'établissement et le maintien d'une végétation pérenne. [6]

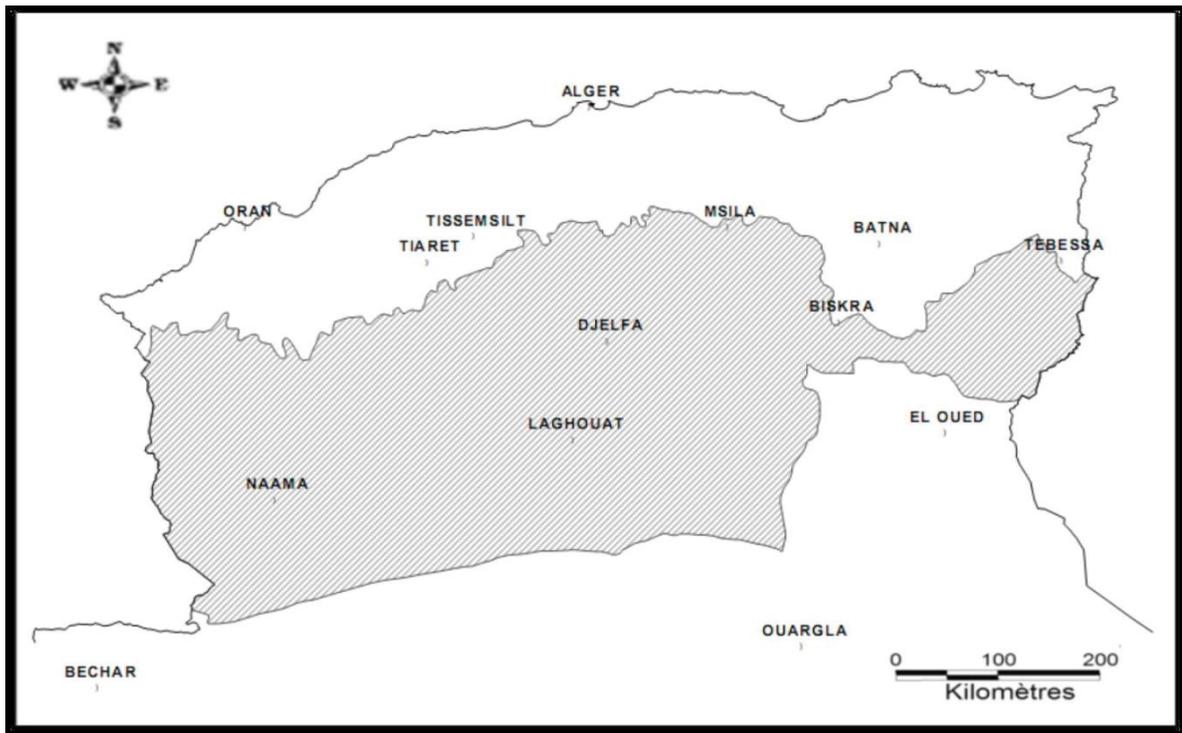


Figure 1.1 : Délimitation de la steppe Algérienne (Nedjraoui, 2002) [8]

1.1.1 Délimitation des zones steppiques

Selon KHELIL [8] les grands espaces qui peuvent être différenciés en sous-ensembles régionaux bien distincts sont :

- La bordure sub-steppique située en gros entre les isohyètes 300 et 400 mm

Elle s'étend sur la bordure sud de l'Atlas Tellien au centre et sur les hautes plaines constantinoises, les monts de Hodna et de l'Aurès à l'Est. Les hautes plaines constantinoises sont à caractère agro-pastoral, tandis que les massif des Aurès et les monts de Hodna sont à caractère sylvo-pastoral.

- La région steppique proprement dite

Elle est située entre les isohyètes 200 et 300 mm et qui comprend :

- Au centre

Les hautes plaines steppiques Algéro-Oranaises, les hautes plaines de Hassi Bahbah, M'sila, le Nord des wilayate de Laghouat et d'El Bayadh, ces hautes plaines sont occupées

par des parcours steppiques semi-arides, avec quelques masses de nappes alfatières et d'agriculture marginale sur épandage de crues des oueds. Les piémonts et les montagnes de l'Atlas Saharien (monts des Ouled Naïl, Djebel Amour, monts des Ksour) sont caractérisés par des parcours ainsi que des forêts.

➤ A l'Est

Les hautes plaines steppiques de M'sila, Khenchla et Tébessa, sont nettement séparées des hautes plaines du centre par le massif des Aurès.

➤ la région steppique présaharienne

Elle est située entre des isohyètes 100 et 200 mm. Cette région dominée par des parcours de type saharien et des vallées alluviales. Elle comprend :

➤ Au centre

Les piémonts sud de l'Atlas Saharien, la cuvette du Hodna, le plateau saharien du sud des wilayate de Djelfa et de Laghouat.

➤ A l'Est

L'extrémité Est de l'Atlas Saharien, monts du M'zab et des Nememchas, le plateau saharien de sud des wilayate de Tébessa et Biskra [8].

1.2 Localisation et limites de la région de Djelfa

La région de Djelfa se trouve dans la partie centrale des Hauts plateaux, au niveau de la steppe Algérienne ($34^{\circ} 11'$ à $34^{\circ} 54'$ N. ; $3^{\circ} 15'$ à $3^{\circ} 46'$ E.). Au Nord, la région d'étude est limitée par les reliefs de Djebel Sehari et par le grand Rocher de sel. Dans sa partie méridionale se dressent les contreforts des Monts des Ouled Naïl, de Djebel Djellal Chergui et de Djellal Gharbi. A l'est, le Chott Zahrez Chergui s'étend ($34^{\circ} 57'$ N. ; $03^{\circ} 20'$ E.) et à l'ouest le Chott Zahrez Gherbi apparaît ($34^{\circ} 56'$ N.; $03^{\circ} 00'$ E) [9].

La wilaya de Djelfa est limitée au nord par la wilaya de Médéa et de Tissemsilt, à l'est par les wilayas de Msila et de Biskra ; l'ouest par les wilayas de Tiaret et de Laghouat et au Sud par les wilayas d'El Oued, d'Ouargla et de Ghardaïa (Figure 1.2).

Actuellement Djelfa se compose de 36 communes regroupées en 12 daïras. Sa surface totale est de 32.362 km^2 soit 1.36 % du pays [10].

Elle était administrativement rattachée

- Avant 1830 : au Beylik du Titteri dont la capitale était Médéa.
- De 1830 à 1848 : à la province d'Alger.
- De 1848 à 1956 : au département d'Alger.
- De 1956 à 1974 : au département de Titteri.



Figure1.2 : Localisation de la wilaya de DJELFA [11]

1.3 Les facteurs édaphiques de la région

Généralement les sols des régions semi-arides sont fixés par la végétation steppique, mais leur évolution est freinée par le manque d'eau de percolation [9].

Les sols de Djelfa sont pauvres et squelettiques car la caractéristique steppique de la région n'offre pas les meilleures possibilités pour la constitution de sols épais favorables au développement de l'agriculture [9].

D'une manière générale, les sols de Djelfa se divisent en trois classes, celles des sols halomorphes, des sols minéraux bruts et des sols hydromorphes. Les sols halomorphes sont

caractéristiques de la région du Zahrez. Ils sont généralement profonds à textures variables avec une présence d'un encroûtement gypseux à la surface [9].

Les sols minéraux bruts d'apport alluvial occupent les lits des oueds. Quant aux sols hydromorphes, ils occupent une superficie très restreinte dans les bas-fonds des dépressions inter-dunaires, lorsque la nappe superficielle est proche de la surface du sol [9].

1.4 Le relief

Il est caractérisé par la succession de 04 zones non homogènes du Nord au Sud de son territoire [12].

1.4.1 Zone plane de Nord (650 - 850 m d'altitude)

Cette zone est appelée aussi (la plaine de Ain Ouessera) compartimentée en trois secteurs séparés par des collines érodées : la vallée de l'Oued Touil à l'Ouest, la plaine de Birine à l'Est et le plateau de Ain Oussara au Centre [12].

1.4.2. Zone des dépressions des Chotts (750 - 850 m d'altitude)

Les dépressions des Sebkhass sont séparées l'une de l'autre par un simple nivellement topographique [12].

1.4.3 Zone de la dépression des Ouled Nail (1200 - 1600 m d'altitude)

Formée de petite plaine dont les plus importantes sont celles de Maâlba et de Mouilah à l'Est de la ville de Djelfa. La partie haute est constituée de la chaîne montagneuse d'Ouled Nail. Cette chaîne est formée des principaux monts qui sont le "Djebel Sinalba, Djebel Azrag, et Djebel Zergga "[12].

1.4.4. Zone de plateau pré désertique ou plateau saharien

Se situe dans la partie sud de la wilaya, elle plonge dans la dépression formée par l'Oued Djedi qui est considéré comme la limite naturelle du sahara. Les altitudes varient de 400 et 700 m [12].

1.5 Les Facteurs climatiques de la région

Le climat de la wilaya de Djelfa est nettement semi-aride et aride avec une nuance continentale. Le climat est semi-aride dans les zones du Centre et du Nord de la wilaya et aride dans toute la zone Sud de la wilaya [13].

1.5.1 Précipitations

La pluviosité est le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. En effet, celle-ci conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal d'une part, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'une autre part, notamment au début du printemps [13].

D'une manière générale la pluviométrie est marquée par une grande irrégularité d'une année à une autre. Les pluies sont souvent sous forme d'orage, accentuant de ce fait le phénomène d'érosion des sols [13].

Tableau 1.1 : Température et Précipitations de Djelfa des années 1990 à 2015 [14]

Mois	T min (°C)	T max (°C)	T moy (°C)	Cumul (mm)
Janvier	0,47	9,90	4,76	32,96
Février	1,06	11,39	6,41	28,02
Mars	3,52	15,14	9,24	28,83
Avril	5,89	18,49	12,44	30,33
Mai	10,62	23,83	17,42	33,02
Juin	15,34	29,99	22,98	16,86
Juillet	18,88	34,25	26,65	8,50
Août	18,35	33,38	26,19	20,60
Septembre	14,42	27,30	20,86	34,90
Octobre	9,99	21,65	15,74	30,10
Novembre	4,66	14,54	9,31	21,09
Décembre	1,47	10,53	5,67	25,00
Cumul				310,21

L'évolution des précipitations mensuelles moyennes de la période (1990-2015) révèle une période pluvieuse qui s'étend de septembre à mai (Précipitations supérieures à 21 mm) avec un maximum pouvant atteindre 34,90 mm obtenues au mois de Septembre.

Tandis qu'au cours de la période sèche (entre Juin et Août) la pluviométrie est inférieure à 21 mm (Tableau 1.1).

1.5.2 Température

La température mensuelle moyenne de la période (1990-2015), indique une période chaude qui s'étale de Juin à Septembre (Température supérieure à 20° C) avec un maximum de 26,65° C obtenu au mois de Juillet. Alors que la période la plus froide s'étend de Novembre à Mars avec des températures inférieures à 10° C. La température la plus basse pendant cette période accuse 4,76° C obtenue en mois de Janvier (Tableau 1.1).

1.5.3 Le vent

Les vents dominants proviennent essentiellement de l'Ouest et du Nord-Ouest en hiver, du Sud-Ouest en été. Ces derniers sont parfois violents. Du fait de leur circulation sur des espaces ouverts sans aucun obstacle physique favorisant ainsi le phénomène de la désertification. Ce fait est plus ressenti au niveau de la partie centrale de la wilaya avec des accumulations sableuses plus importantes qu'en d'autres endroits [13].

D'autres parts, la principale caractéristique des vents dominants est matérialisée par la fréquence du sirocco d'origine désertique chaud et sec, dont la durée peut varier d'une zone à une autre de 20 à 30 jours/an [13].

La vitesse moyenne mensuelle de vent à Djelfa oscille entre 4,25 m/s (Avril) et 3,01 m/s (Août). La saison où la vitesse moyenne mensuelle du vent est la plus élevée est le printemps avec les valeurs de 4,11 m/s, 4,25 m/s et 4,12 m/s pour les mois de Mars, Avril et Mai respectivement (Tableau 1.2).

1.5.4 L'humidité

Le tableau 1.2 montre que l'humidité atteint ses maximas aux mois de décembre (76,96%) et janvier (74,92%). Son minimum est atteint au mois de juillet (32,88%) où la température est la plus élevée au cours de l'année.

1.5.5 La neige

Les enneigements, saisonniers et variables enregistrés au niveau de la wilaya, varient en moyenne de 4 à 13 jours/an et tombent essentiellement sur la partie centrale de la wilaya. L'épaisseur est de 15 cm à 50 cm [12]

Tableau 1.2 : Le vent et l'humidité de Djelfa des années 1990 à 2015 [14]

Mois	Vent (m/s)	Humidité (%)
Janvier	3,85	74,92
Février	3,98	67,40
Mars	4,11	61,52
Avril	4,25	56,23
Mai	4,12	48,73
Juin	3,42	38,76
Juillet	3,27	32,88
Août	3,01	35,44
Septembre	3,06	50,27
Octobre	3,20	59,92
Novembre	3,46	71,12
Décembre	3,83	76,96

1.5.6 Les gelées

La moyenne est de 40 à 60 jours de gelées blanches par an ; elles sont plus fréquentes dans les hautes plaines (30 jours par an) et dans l'Atlas saharien (50 jours par an). Le risque de gelée commence quand le minimum de la température tombe au-dessous de 10°C et il dure tant que ce minimum reste inférieur à cette valeur. En pratique, pour la végétation, le risque de gelées persiste pendant toute la moitié de l'année, en général de Novembre à la fin Avril [6].

1.6 La végétation de la région de Djelfa

Les principaux groupements végétaux de Djelfa sont en étroite relation avec la nature du sol. Ce sont trois grandes formations qui sont la végétation des steppes salées ou halipèdes, la végétation des steppes non salées et celle des forêts ou groupements arbustifs sur les montagnes [9].

1.6.1 Les principales formations végétales steppiques

La végétation naturelle de la steppe est caractérisée par une couverture basse et clairsemée, plus ou moins dégradée, bien que l'on rencontre sur les reliefs des formations forestières à base de Pin d'Alep associé au Chêne vert et au Genévrier. Les steppes Algériennes sont dominées par de grands types de formations végétales naturelles ; énumérées en quatre types par [8], alors que [15] énumère six types, dont :

- Les formations à Alfa (*Stipa tenacissima*) qui couvrent une superficie de 4 millions d'hectares présentent une forte amplitude écologique. On les retrouve en effet dans les bioclimats semi arides à hiver frais et froid, et dans l'étage aride supérieur à hiver froid. Ces steppes colonisent tous les substrats géologiques de 400 à 1 800 m d'altitude. La production de l'alfa peut atteindre 10 tonnes MS/ha mais la partie verte qui est la partie exploitable a une production de 1000 à 1 500 kg MS/ha. L'alfa présente une faible valeur fourragère de 0,3 à 0,5 UF/kg MS. Cependant, les inflorescences sont très appréciées (0,7 UF/Kg MS). La productivité pastorale moyenne de ce type de steppe varie de 60 à 150 UF/ha, selon le recouvrement et le cortège floristique [8].
- Les formations à armoise blanche (*Artemisia herba alba*), qui recouvrent 3 millions d'hectares et sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm Ce type de steppe s'étale sur les zones d'épandage dans les dépressions. La production primaire varie de 500 à 4500 kg MS/ha avec une production annuelle totale de 1 000 kg MS/ha. La production annuelle consommable est de 500 kg MS/ha, soit une productivité pastorale moyenne de 150 à 200 UF/ha. L'armoise ayant une valeur fourragère moyenne de 0,65 UF/kg MS. Les steppes à armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs parcours utilisés pendant toute l'année et en particulier en mauvaises saisons, en été et en hiver où elle constitue des réserves importantes. L'armoise est une espèce bien adaptée à la sécheresse et à la pression animale, en particulier ovine. Le type de faciès dégradé correspond à celui de *Peganum harmala* dans les zones de campement des éleveurs et autour des points d'eau [8].

- Les formations à sparte (*Lygeum spartum*) occupent 2 millions d'hectares, rarement homogènes. Ces formations sont soumises à des bioclimats arides supérieurs et moyens à hivers froids et frais. L'espèce *Lygeum spartum* ne présente qu'un faible intérêt pastoral (0,3 à 0,4 UF/kg MS). Les steppes à sparte sont peu productives avec une production moyenne annuelle variant de 300 à 500 kg MS/ha, mais elles constituent cependant des parcours d'assez bonne qualité. Leur intérêt vient de leur diversité floristique et de leur productivité relativement élevée en espèces annuelles et petites vivaces, elle est de 110 UF/ha/an en moyenne [8].
- Les formations à Remt (*Arthrophytum scoparium*) forment des steppes buissonneuses chamaephytiques avec un recouvrement moyen inférieur à 12,5 %. Les mauvaises conditions de milieu (conditions édapho-climatiques) font de ces steppes des parcours qui présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. La valeur énergétique de l'espèce est de l'ordre de 0,2 UF/kg MS. La production moyenne annuelle varie de 40 et 80 kg MS/ha et la productivité pastorale est comprise entre 25 et 50 UF/ha/an. Ce type de steppe est surtout exploité par les camelins [8].
- Les formations à psamophytes sont liées à la texture sableuse des horizons de surface et aux apports d'origine éolienne. Ces formations sont inégalement réparties et occupent une surface estimée à 200.000 hectares. Elles suivent les couloirs d'ensablement et se répartissent également dans les dépressions constituées par les chotts. Elles sont plus fréquentes en zones aride et présaharienne. Ces formations psamophytes sont généralement des steppes graminéennes à *Aristida pungens* et *Thymellaea microphyla* ou encore des steppes arbustives à *Retama retam* et leurs valeurs pastorales varient de 200 à 250 UF/ha [15].
- Les formations à halophytes couvrent environ 1 million d'hectares. La nature des sels, leur concentration et leur variation dans l'espace vont créer une zonation particulière de la végétation halophile très appréciée autour des dépressions salées. Les espèces les plus répandues dans ces formations sont : *Atriplex halimus*, *Atriplex glauca*, *Suaeda fruticosa*, *Frankenia thymifolia*, *Salsola sieberi* et *Salsola vermiculata*. Ce type de steppe est très recherché par les pasteurs et sa valeur pastorale est d'environ 300 UF/ha [15].

1.6.2 Principaux faciès

Par son extension, son abondance et son utilisation comme aliment naturel des troupeaux ovins, l'armoise blanche tient une place de première importance en milieu steppique [6]

1.6.2.1. Faciès à Armoise (*Artemisia herba-alba*)

C'est une espèce chaméphyte ligneuse qui se développe en touffe, très ramifiée dès la base. La partie épigée peut être séparée en deux catégories. La partie ligneuse et la partie verte constituée par les pousses de l'année qui, avant leur lignification sont velues et pâles d'où le nom de l'espèce [6].

1.6.2.3 Faciès à Alfa (*Stipa tenacissima*)

La steppe à *Stipa tenacissima* constitue le système dont sont issu par dégradation, la majorité des groupements steppiques [6].

1.6.2.4 Faciès à Alfa et à sparte (*Stipa tenacissima et Lygeumspartum*)

L'alfa occupe des sols bien drainés alors que le sparte occupe des sols sableux. Ce faciès se localise entre Sebkhate Oum-Ledmam et Djebel Mellah, autour du Djebel Antar, entre Tousmouline et El Megrane. Il est localisé dans le semi-aride inférieur frais à 1050m d'altitude avec une pluviosité de 250 mm et « m » de +1,9°C. Le sol est peu épais, de 35 cm de profondeur, sa texture est sableuse en surface avec un recouvrement de la végétation de 40% [6].

1.6.2.5. Faciès à *Lygeum spartum* et *Peganumharmala*

Il se trouve sur la bordure Ouest du Chott Ech Chergui, autour de Mekmen Ben Amar, à l'Est entre Ain El Moulen. Ces deux espèces dominantes se développent dans un sol où le taux de nitrate est important, il se localise au niveau des reposoirs d'animaux, épandus autour des points d'eau C.R.B.T [6].

1.6.3 Classification des formes biologiques

On trouve la classification la plus utilisée est celle de RAUNKIER [6] c'est la classification des formes de vie ou bien des types biologiques, elle prend en considération la disposition des organes assurant la pérennité de la plante : bourgeon, bulbe et les organes renfermant les tissus méristématiques.

Selon RAMADE [6] on distingue par rapport à la surface du sol, 05 grandes catégories ou de types biologiques :

1.6.3.1 Les Phanérophytes

Ce sont des végétaux ligneux dont les bourgeons sont disposés à plus de 25 cm au-dessus du sol. Selon RAUNKIER [6], cette hauteur correspond à l'épaisseur moyenne de la couche hivernale de neige dans les pays froids.

1.6.3.2 Les Chamaephytes (Buissons et Arbustes)

Ce sont des plantes ligneuses buissonnantes ou à des demi-buissons dont les bourgeons sont disposés à moins de 25 cm au-dessus de la surface du sol, ce qui les protège du froid et du vent, car ils sont enfouis sous la neige pendant la mauvaise saison.

1.6.3.3 Les Hémicryptophytes (Herbacées vivaces)

Ce sont des plantes pérennes dont les organes autorisent la survie à la période hivernale, les bougeons se situent à la surface du sol et protégés par les feuilles mortes et la litière qui les recouvrent.

1.6.3.4. Les Géophytes (Herbacées vivaces)

Ce sont des plantes pérennes dont les organes de survie sont souterrains.

1.6.3.5. Les Thérophytes (Annuelles)

C'est l'ensemble des plantes annuelles et assurent leur survie pendant la période défavorable sous forme de graines.

1.6.4 Le patrimoine forestier de la wilaya

Le patrimoine forestier de la wilaya est estimé à 217.329 ha. Il se concentre dans la partie centrale du territoire de la wilaya. Le taux de boisement est de l'ordre de 6,73 %. Il reste très faible, et devrait se situer aux environs de 12 % pour atteindre la moyenne nationale et établir un équilibre écologique dans la région [16].

La sensibilité de la région à la désertification et son évolution, constituent une menace pour le couvert végétal d'une manière générale. Cette situation préoccupe le secteur des forêts.

Le patrimoine forestier de la wilaya est constitué de :

- Forêts naturelles.
- Reboisements.
- Nappes alfatières.

1.6.4.1 Les forêts naturelles

Elles couvrent une superficie de 105.192 ha, sont constituées de pin d'Alep.

Les plus importantes forêts de la wilaya sont :

- | | |
|--|-----------|
| ➤ Forêts domaniale de Senelba Gharbi : | 42.339 ha |
| ➤ Forêts domaniale de Senelba Chargui: | 19.833 ha |
| ➤ Forêts domaniale des Djellals : | 7.374 ha |
| ➤ Forêts domaniale de Sahary Guebli : | 31.800 ha |
| ➤ Forêts de Chouaches : | 3.846 ha |

Les Maquis dégradés : ils sont constitués de Genévrier de Phénicie, Genévrier Oxycèdre, Chêne vert ...etc) : 47.558 ha

- | | |
|-----------------------|-----------|
| ➤ Sahary Dhahri : | 29.151 ha |
| ➤ Boudheir et Takouka | 3.407 ha |
| ➤ Djebel Bouk'hil | 15.000 ha |

1.6.4.2 Reboisement

Les efforts déployés depuis l'indépendance à ce jour, en matière de reboisement, pour l'augmentation du taux de boisement ont conduit à la réalisation de plus de 92.136 ha, dont la décomposition est comme suit :

- Reboisement hors forêt : 33.781,34 ha.
- Reboisement barrage vert : 30.548 ha.
- Reconstitution des massifs dégradés : 27.806,70 ha.

Le taux de réussite des reboisements varie selon les impacts, il est de l'ordre de 20 à 50 % dans l'étage bioclimatique aride, et de l'ordre de 90 % dans le semi-aride. La surface boisée occupe 6,73 % de la surface de la wilaya. Ce taux de recouvrement reste très en dessous de la moyenne nationale qui est de 12% [13].

Les espèces qui ont été utilisées sont : *Tamarix*, *Retama retam*, *Atriplex canescens*, *Atriplex nummularia*, Olivier de bohême, *Medicago arboréa* et quelques espèces de graminées. En plus à ces arbustes, on a les arbres : Pin d'Alep, Chêne vert ; Chêne liège; Cèdre de l'Atlas cypré, Chêne afarés [12].

1.6.5 Les cultures et les jachères

Les périmètres irrigués et les cultures arbustives occupent une superficie négligeable par rapport aux cultures annuelles (céréales) et les autres formations. Les superficies utilisées pour les céréalicultures et autre comptent 47.450 ha soit 1,6% de la superficie totale. Cette superficie varie selon l'année en fonction de la pluviosité [15].

1.7 La production animale

1.7.1 Espèce ovine

Le cheptel ovin, premier fournisseur en Algérie de viande rouge, est dominé par 3 races principales bien adaptées aux conditions du milieu [13] :

- La race arabe blanche Ouled Djellal, la plus importante en nombre environ 58% du cheptel national, adaptée au milieu steppique, présente des qualités exceptionnelles pour la production de viande et de laine [13].
- La race Rumbi, des djebels de l'Atlas Saharien, à tête et membres fauves, représente environ 12% du cheptel [13].
- La race rouge Béni Ighil (dite Hamra en rappel de sa couleur) des hauts plateaux de l'Ouest, race berbère, très résistante au froid, autochtone d'Afrique du Nord. Des travaux de préservation des potentialités de cette race sont entrepris dans des fermes pilotes [13].

D'après les statistiques obtenues du ministère de l'agriculture et de développement rural (2014), on constate que l'espèce ovine est la plus importante en termes de nombre. Il existe 27 807 734 millions de têtes dont 16 191 021 millions sont des brebis et 964715 des béliers.

Cette espèce est répartie sur toutes les zones du pays avec une forte concentration dans la zone semi-aride. La wilaya ayant le plus grand effectif des ovins est Djelfa avec 3 242 760 têtes.

La composition du troupeau a tendance à changer. On assiste aujourd'hui au remplacement de la race Beni Ighil très rustique et adaptée au pâturage steppique par la race Ouled Djellal peu prolifique mais d'un apport plus rentable en viande. En effet "un broutard

de 12 mois de la race Beni Ighil équivaut en poids à un agneau de 4 mois Ouled Djellal". L'une des causes de ces mutations est le pillage organisé de certaines races très prisées, telles que la race Ouled Djellal, vers les pays voisins où elles sont cédées à des prix dérisoires [13].

1.7.2 Espèce caprine

En terme de nombre, l'espèce caprine prend la deuxième position avec un effectif de 5129839 millions de têtes dont 2 967 407 millions sont des chèvres (plus de la moitié). La wilaya avec le plus grand nombre des caprins est El-oued (532 000 têtes) [13].

Durant la décennie (2003-2012), l'espèce caprine compte 1464.10^3 de têtes dont 873.10^3 sont des chèvres, sont en abondance dans les zones difficiles et les régions défavorables (semi-aride, aride et saharienne) [13].

1.8 L'occupation de l'espace pastoral

1.8.1 La population

Le pastoralisme est l'activité socio-économique caractérisant l'exploitation des parcours naturels. Il peut être défini comme étant « un système complexe de subsistance socio-économique visant le maintien d'un équilibre optimum entre le pâturage, le cheptel et la population dans des environnements incertain et variable » [15].

Selon BOURBOUSE ET DONADIEU [15] on classe les élevages sur parcours en fonction de leur mode de déplacement.

➤ Les Nomades

Le nomadisme est la forme d'élevage la plus extensive. C'est une adaptation aux contraintes climatiques en vue d'une utilisation des maigres ressources du milieu. Les éleveurs nomades, sans habitat fixe, sont toujours à la recherche des terrains de parcours traditionnels ceux qui viennent de bénéficier de précipitation. L'alimentation est assurée, pendant toute l'année, grâce aux mouvements continus et irréguliers des troupeaux à la recherche d'eau et d'herbe. Au centre de la vie des nomades, l'habitat mobile, la tente, est bien adaptée à ce système d'élevage [15].

➤ Le semi-nomadisme

L'alimentation est assurée pendant une bonne partie de l'année par des déplacements irréguliers à la recherche d'herbe et d'eau. A la différence du nomadisme, les éleveurs possèdent un point d'attache ou les troupeaux passent une partie de l'année à effectuer des déplacements saisonniers et vivent le reste de l'année dans une habitation en dur [15].

- L'élevage sédentaire

Ce type d'élevage se base sur l'alimentation et les ressources. Il se situe à proximité de l'habitat fixe, et sur les produits de l'agriculture. Les troupeaux sont en général de petite taille [14].

1.8.2 La transhumance

C'est une forme d'élevage ancienne mais plus intensive dans laquelle les troupeaux restent une partie de l'année dans des pâturages fixés où se trouvent les éleveurs. L'exploitation de la zone steppique nécessite la possibilité de transhumance en été suivant les conditions de pluviosité de l'année, la remontée des troupeaux dans le Nord dure plus ou moins longtemps. Cette transhumance permet d'utiliser les chaumes après la moisson. Sous l'influence de plusieurs facteurs, la pratique de la transhumance qui s'est vue en régression depuis le début de la colonisation s'est accélérée depuis les années 1970 en faveur d'une sédentarisation accrue des éleveurs [14].

1.9 La dégradation des parcours steppiques

La dégradation du milieu naturel s'inscrit dans un processus décrit généralement sous le terme de désertification. Plusieurs définitions de ce mot existent dans la littérature, selon SLIMANI [12] elle dévoile une des définitions les plus utilisées de la désertification est celle adoptée par la conférence de Nation Unis de Nairobi, comme étant : « La diminution ou la destruction du potentiel biologique de la terre, qui conduit à l'installation des conditions désertiques sous la pression des conditions climatiques défavorables et d'une surexploitation des ressources biologiques ».

1.9.1 Les principaux facteurs de dégradations

1.9.1.1 Les facteurs naturels

➤ La sécheresse

Les écosystèmes steppiques sont marqués par une variabilité interannuelle des précipitations. La durée de la saison sèche aurait augmenté de 2 ans entre 1913 – 1938 et 1987 -1990 [12].

➤ L'érosion éolienne et hydrique

Des données récentes montrent que ces phénomènes ont provoqué d'énormes pertes ; près de 600.000 hectares de terres en zones steppiques sont totalement désertifiés sans possibilité de remontée biologique et près de 6 millions d'hectares sont menacés par les effets de l'érosion éolienne [12].

➤ Le phénomène de salinisation

Durant la saison humide, les eaux des nappes remontent vers la surface du sol. Ces eaux sous l'effet des hautes températures, qui sévissent pendant une période de l'année (saison sèche), subissent une forte évaporation entraînant l'accumulation des sels à la surface du sol [12].

1.9.1.2 Les facteurs socio-économiques

➤ Evolution de la population steppique

La croissance démographique a concerné aussi bien la population sédentaire que la population éparse. Cependant, on note une importante régression du nomadisme qui ne subsiste que de façon sporadique [12].

Cette régression est due au fait que la transhumance diminue au profit des déplacements de très courte durée (augmentation du pâturage). Les pasteurs ont modifié leur système de production en associant la culture céréalière et élevage.

➤ Le surpâturage

L'effectif du cheptel pâturant en zone steppique et dont la composante prédominante est la race ovine représentant environ 80 % du cheptel, n'a cessé d'augmenter de 1968 à 1996 (6000 à 17000 têtes 10^3). Les troupeaux sont de petite taille car plus de 70% des propriétaires

possèdent moins de 100 têtes et 90 % des populations ovines appartiennent à des éleveurs privés [12].

En 1968, les parcours steppiques avec 1.6 milliard d'UF, nourrissaient 7890.10^3 équivalents ovins, ce qui donnait une charge de 1.9 ha/eq-ovin [12].

En 1996, le cheptel équivalait à 19170.10^3 eq-ovin et la charge réelle des 15 millions d'hectares, correspondait à 0,78 hectares pour 1eq-ovin. Les différentes études (U.R.B.T), ont annoncé que les parcours se sont dégradés et que la production fourragère est équivalente à environ 1/3 de ce qu'elle était en 1968, c'est à-dire 533 millions d'UF. La charge pastorale potentielle serait d'environ 8 ha/1 eq-ovin, et donc 10 fois supérieure à la charge réelle manifeste par le maintien prolongé du troupeau sur les aires pâturées prélevant une quantité de végétation largement supérieure à la production annuelle [12].

➤ Extension des surfaces cultivées

Les surfaces cultivées sont passées de 1,1 millions d'ha en 1968 à 2.1 millions d'ha en 1990 à la suite des défrichements sur des sols fragiles situés en dehors des terres fertiles des fonds d'oueds (Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la Désertification (CCD) 2000) [12].

1.10 Les projets de protection et d'aménagement des parcours steppiques

Le milieu steppique a été l'objet de plusieurs projets de développement de 1962 à 2002 [12] :

- De 1962 à 1970 : l'état a tenté d'organiser les populations pastorales en les groupant dans des coopératives sur des territoires délimités. L'objectif était d'organiser ces populations pour permettre une exploitation rationnelle des parcours.

- De 1970 à 1980 : cette période a connu la promulgation de la charte portant sur la révolution agraire notamment le code pastoral. Son objectif était l'aménagement intégré de l'espace et la transformation radicale des rapports sociaux et du système de production.

- Le barrage vert : l'objectif essentiel de ce projet était la lutte contre la désertification par le boisement et le reboisement sur de 3 millions d'hectares, avec introduction de l'arboriculture rustique et d'espèces fourragères également.
- La création du Secrétariat d'Etat aux Forêts et au Reboisement en 1980 a permis d'apporter des correctifs en cessant les reboisements souvent improvisés. Une politique

de classification des terres et l'élaboration de schémas directeurs d'aménagement des zones pilotes, aussi la reconstitution des massifs forestiers dégradés, furent les principales actions engagées. D'autres actions ont pu être entreprises telles que les plantations pastorales, la fixation de dunes, les ouvertures de piste.

- De 1980 à 1996 : cette période correspond à une nouvelle orientation de la politique agricole du pays avec la promulgation de quatre lois :

- Celle portant accession à la propriété foncière agricole par la mise en valeur en 1983.
 - La loi portant mode exploitation des terres agricoles en 1987.
 - La loi portant orientation foncière en 1990.
 - La loi portant intégration dans le domaine privé de l'état de terres pastorales et à vocation pastorale à une réglementation spéciale de protection, de gestion et d'exploitation conformément au code pastoral [12].
- La création d'H.C.D.S chargé de la gestion de la steppe en 1981 constitue un autre fait marquant de cette période. Le haut-commissariat au développement de la steppe (H.C.D.S) établissement public à caractère administratif et à vocation technique et scientifique, dont la mission principale est de stopper la dégradation continue des parcours pastoraux de manière particulière et de contribuer efficacement au développement socio- économique de cette zone agropastorale [12].

Les actions entreprises par les services concernées tels le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe, la Conservations des Forêt et la Direction de Services Agricoles (D.S.A) portent notamment sur [12] :

- Aménagement des parcours
- Plantation

Les espèces à multiplier doivent être choisies en fonction de leur capacité d'adaptation aux conditions de milieux spécifiques à chaque zone. La notion de palatabilité est le second critère à considérer [12].

Parmi les espèces qui ont données des résultats encourageants dans différents projets, il est à citer : *Atriplex nummularia*, *Atriplex canescens*, ainsi que *Medicago arborea*.

- Ensemencement

Il est souvent choisi pour pallier les difficultés qui se posent à la plantation pastorale. En raison de contraintes diverses : sociales, par le risque de piétinement et le pacage

exprimant le refus des populations concernées vis-à-vis de ces projets, ou tout simplement à cause de considérations économiques imposées par le prix de revient élevé des travaux [12].

➤ Le pacage différé ou mise en défens

C'est une très ancienne technique utilisée par les pasteurs du Maghreb. Le but de cette technique est de permettre une meilleure régénération des parcours naturels par un repos (sans pâturage) dont la durée est variable [12].

➤ La mise en défens temporaire

La mise en défens temporaire ou de courte durée est la soustraction de surface de pâturage pendant une période de 1 à 16 mois. Cette durée de protection varie selon le site et la biologie des espèces, et le non pâturage se situera entre mars et juillet [12].

Cette opération poursuit les objectifs suivants :

- Entretien de la flore qui existe en permettant notamment l'établissement des jeunes semis ou la mise à graine des annuelles et des vivaces.
- Le stockage de réserves fourragères sur pied.
- La mise en défens de longue durée

C'est une soustraction d'une partie du parcours pendant une période plus ou moins longue avec réalisation de travaux d'aménagement. Elle a une durée de deux ans ou plus et poursuit un but de restauration du tapis végétal. Elle s'impose lorsqu'on est en situation de forte dégradation [12].

➤ Les techniques de rotation

La technique de rotation est un mode d'exploitation des parcours impliquant le déplacement rotatif des troupeaux sur des parcelles délimitées et selon un rythme plus ou moins régulier lié à la végétation et aux conditions climatiques [12].

1.11. Etude critique des actions entreprises par l'état

L'importance de l'espace steppique et l'intérêt qu'a offert pendant quelques décennies ont été à l'origine de plusieurs plans de développement de cette zone [6].

A partir de 1970, des mesures ont été prises pour gérer les steppes et rationaliser la pâture. Parmi celles-ci, on peut citer :

- Le programme « barrière verte » conçu en 1972 pour lutter contre le phénomène de désertification, prévoyait un reboisement des zones allant de la frontière Marocaine à la frontière Tunisienne, sur une bande de 20 km de large située le long de l'Atlas saharien. Ce programme a été confié à l'Armée Nationale Algérienne. Sur les 160.000 hectares prévus, 123.000 ont été effectivement plantés, avec un taux de réussite de 42%. Le reboisement en pins d'Alep en représente 86%, les améliorations pastorales 12% et les plantations d'arbres fruitiers 0,5%. Une partie des plantations en pins d'Alep a été détruite par les chenilles processionnaires et le « pine twister ». Ces mauvais résultats sont également imputables au manque de suivi, à la pâture des troupeaux et à l'absence de participation des populations avoisinantes.
- Entre 1974 et 1977 c'était l'application de la révolution agraire spécifique à la steppe qui a créé un nouveau cadre de réflexion et de recherches des solutions applicables aux problèmes de la steppe. L'année 1975 a vu la promulgation du code pastoral avec une stratégie basée sur trois volets pour tenter de résoudre les problèmes de la steppe :
 - Sédentarisation des populations.
 - Mise en défens des parcours.
 - Valorisation exclusive de pacage des terres steppiques, d'où l'institutionnalisation de la mono-activité.

Le Haut-Commissariat pour le Développement de la Steppe (HCDS) a été créé en 1982 dans la région de Djelfa. Il était chargé :

- de la conception et la mise en œuvre d'une politique d'aménagement de l'espace pastoral,
- d'arrêter les dégradations du patrimoine steppique et en même temps de créer les conditions d'un équilibre économique nouveau au moyen du développement de l'hydraulique pastorale,
- création d'une diversification judicieuse des ressources de la steppe.

Malheureusement, leur réalisations ont été timides et parfois stoppées en cours de route, faute de moyens, de suivi et de partenaires adéquats [12].

Entre 1985 et 1989, c'était la mise en place de deux plans de développement steppique viandes rouges et steppe. Ils consistent :

- à la mise en place d'une organisation adaptée à la steppe (organisation technico-administrative, structures de réalisation et d'appui à la production),
- à la lutte contre la désertification et la régénération du couvert végétal, par notamment une mise en valeur en sec et en irrigué,
- à la protection des surfaces sensibles, etc...

A partir de 1994, plusieurs objectifs ont été assignés, dont on cite :

- la lutte contre la dégradation des steppes avec un programme devant permettre la régénération de 700.000 hectares de pâturages,
- le développement des pâtures en plantant 100.000 hectares,
- l'intensification des points d'eau (350 puits) et
- la réhabilitation des palmeraies dans 7 wilayas.

L'Etat a mobilisé des moyens financiers importants, afin de réhabiliter les parcours steppiques. Cependant sans une stratégie adéquate et une politique appropriée, on ne peut prétendre atteindre les objectifs assignés. Une gestion multidimensionnelle permettra la sauvegarde et la durabilité des systèmes steppiques à moyen et à long terme.

CHAPITRE 2

VALORISATION DES ARBRES ET ARBUSTES FOURRAGERS

Les arbres et arbustes fourragers ont été d'une grande utilité tant pour l'homme que pour ses animaux tout au long des siècles. Les utilisations de cette végétation sont traditionnelles. Elles font souvent partie de la vie quotidienne et ce fait provoque même sa destruction. Cette destruction peut être due à un manque de connaissances concernant les limites de la tolérance des plantes et leur utilisation rationnelle ou bien à une exploitation excessive qui résulte d'une surpopulation animale et humaine [17].

L'exploitation destructive se justifie parfois par la croyance philosophique selon laquelle l'homme a reçu de dieu le droit d'exercer son pouvoir sur la terre et sur les animaux qui y vivent [17]. Lorsque les droits tribaux ou familiaux permettent une utilisation excessive des arbres et arbustes fourragers à diverses fins et que ces droits ne sont pas remis en question, ceci crée des problèmes pour les générations futures. En effet, la marge de sûreté qui permet de maintenir cette ressource naturelle renouvelable devient de plus en plus serrée.

Selon LE HOUEROU, (1976), la désertification ou la productivité nettement réduite de nombreuses régions du monde sont des preuves de l'utilisation abusive par l'homme des ressources végétales de notre planète. [17]

Les zones arbustives de couvrent en Afrique du Nord environ 940.000 km² dont 65.000, 350.000 et 525.000 km² sont situés dans les régions semi- aride, arides et désertique, respectivement [18].

La transformation et l'utilisation de la végétation ligneuse endémique, sont importantes pour l'existence des populations des zones arides. Il s'agit des bois de feu, charbon de bois, denrées alimentaires, tanins, gommés, huiles essentielles et produits pharmaceutiques. Ces derniers sont que quelques-uns des nombreux produits primaires et secondaires du bois que l'on tire de cette végétation. Bien qu'on les classe sous la rubrique "produits forestiers secondaires", ils comptent pour plus de 30% dans le total des recettes forestières (Inde). Au Soudan, la collecte de gomme arabique représente environ 30% des revenus agricoles [19].

Sur les 350000 espèces végétales décrites par les botanistes, 3000 seulement sont connues pour fournir des matières utiles pour l'homme [19].

2.1 Valorisation en alimentation animale

2.1.1 Paissance

Il existe dans de vastes régions du monde, une couverture végétale dont les arbustes et les petits arbres sont une source fourragère pour le cheptel et pour la faune. Grâce à diverses adaptations, les arbustes survivent et prospèrent même dans des environnements tellement difficiles qu'ils empêchent l'existence de graminées hautement productifs. Le Houérou (1978), a indiqué que près du tiers de la surface terrestre du globe est constitué de pâturage naturel et qu'à des degrés divers, l'élément arbustif de ces pâturages constitue une source importante d'alimentation animale [17].

BOUDET (1970), a souligné qu'en Afrique de l'Ouest le rôle important des arbustes qui constituent un complément aux graminées sur pied de faible valeur nutritionnelle durant la saison sèche [17].

En Amérique du Nord, les arbustes des terrains de parcours désertiques du Grand Bassin assurent 50 à 70 % de la nourriture des ovins et 40 % de celle des bovins qui paissent sur ces terres pendant l'hiver [17].

FORTI (1971) a rapporté que l'introduction d'arbustes dans le Négev du Nord-Ouest créerait un nouvel écosystème qui assurerait des fourrages ligneux hautement appréciés. Ils assurent aussi des interactions positives avec certaines espèces introduites de croissance lente. Il a aussi souligné un fait souvent reconnu à savoir que les arbustes peuvent supporter une paissance intense et y survivre. [17].

LE HOUEROU (1978), a résumé les données obtenues dans les diverses régions du monde, données indiquant que les animaux se livrant à la païsson dépendent dans une large mesure des arbustes pour leur besoins en protéines, en particulier pendant les sécheresses saisonnières. Sans une telle alimentation assurée par les arbustes pendant les saisons sèches, constituant un complément aux fourrages disponibles pendant les saisons humides, c'est l'ensemble du cycle de l'utilisation du cheptel qui serait en danger [17].

Ils fournissent à la fois une ressource de pâturage précieux, en raison de leur valeur nutritive et le goût. Selon LE HOUEROU (1989), le pâturage représente 60 à 80 % de la production économique des savanes d'Afrique du Nord. Utilisés comme fourrage, les arbres et arbustes fournissent une plus grande quantité de protéines pour le bétail le long de l'année. En outre, les plantes ligneuses sont relativement riches en phosphore, mais relativement faible en constituants fournisseurs d'énergie. [18]

Dans le Haut Atlas, BOURBOUZE (1982), montre que la contribution des arbres et arbustes fourragers à des régimes de chèvre reste élevé, sauf en juillet. Parmi les arbres fourragers, *Quercus rotundifolia*, en dépit de sa faible valeur nutritive, contribue le plus, à partir de feuilles et de glands, c'est-à-dire 86 % en janvier. En effet, pendant les périodes où la nourriture est courte (hiver), sarments ou rameaux de *Quercus ilex* sont coupés par les bergers et fournis aux chèvres. L'utilisation du *Juniperus oxycedrus* dans le régime alimentaire de chèvre est compromise par la présence d'épines. [18]

L'importance des arbres et arbustes en termes de rendement en matière sèche soutenue par une forte teneur nutritive a souvent été négligé, en dépit du fait que partout dans le monde plus d'animaux se nourrissent sur les écosystèmes dans lesquels les arbres et arbustes jouent un rôle important que sur les vraies herbes ou pâturages graminées-légumineuses [20].

Selon KHAN (1965), dans les hautes terres du Pakistan, les éleveurs ont recours à l'ébranchage des arbres et des arbustes dans la forêt pour maintenir le nombre excessif de bétail. L'élagage aveugle et l'absence d'un bon système de gestion et de rotation ainsi que les méthodes de gaspillage de l'alimentation du bétail, ont tous abouti à la disparition des arbres fourragers dans ces zones. [20].

Dans l'Himalaya intérieur, chaque exploitation a ses propres arbres à larges feuilles impartis, en particulier les feuilles persistantes des *Quercus incana*, *Q. dilatata*, et *Q. ilex*. Celles-ci sont élaguées sur une rotation régulière et soigneusement conservées, mais ceux dans les terres et les forêts villageoises communes sont excessivement ébranchés pour le fourrage [20].

L'usage des feuilles d'*Acacia nilotica tomentosa* à Djibouti est très recherché par les petits ruminants, même les chameaux optent pour des pousses après le passage des chèvres et les moutons. Les arbres sont élagués en rotation tous les 18-24 mois à la saison sèche et fraîche [21].

Chaque production de fleurs d'*Acacia nilotica tomentosa*, ce qui est difficile à quantifier, est réservée exclusivement aux chevreaux et agneaux jeunes des deux sexes, qui ne suivent pas le troupeau pendant les 1-2 mois après le sevrage [21]. La production de gousses, qui atteint en moyenne 80 à 100 kg par arbre adulte, n'est que partiellement collectée par les femmes et les enfants. La plupart des gousses sont glanées directement par les animaux. Elles sont un peu marcescentes et il existe des différences d'humidité entre le jour et la nuit et des rafales de vent qui les font tomber. Elles peuvent être stockées dans des sacs. Ils sont réservés pour les chèvres pendant les périodes difficiles, afin de fournir du lait. Les chameaux consomment le fruit, les chèvres ne mangent que la coque et rejettent les graines [21].

Les Acacias sont utilisés comme alimentation d'appoint (foin) pour les moutons et les chèvres. Ces espèces d'arbustes jouent un rôle surtout dans les complémentations des rations pauvres en protéines [22].

Il est reconnu des préférences alimentaires de ces deux espèces animales souvent différentes. En saison estivale, il paraît que les ovins préfèrent les feuilles de l'*Atriplex nummularia*, alors que les caprins présentent des préférences pour les phyllades d'*Acacia cyanophylla* et semblent mieux tolérer le tanin contenu dans celle-ci [22].

Les propriétaires d'animaux utilisent traditionnellement les feuilles des arbres et des arbustes pour l'alimentation des animaux. Outre les feuilles, ils font un usage intensif des fleurs, gousses et les graines de certains arbres comme compléments alimentaires. L'utilisation varie selon la saison, en fonction des disponibilités. Dans certains cas, le choix de l'arbre varie selon l'espèce animale [23].

Le *Zizyphus lotus* est utilisé pour l'alimentation, son fruit à pulpe sucrée « Nbag » sont très appréciés par la population locale et font même l'objet d'un commerce local [24].

La contribution des arbustes est d'autant plus importante que les herbacées se font rares et se lignifient à leur dessèchement. Cependant la participation des arbustes dans la ration prélevée sur le parcours n'a guère dépassé 24% pour les ovins et 34% pour les caprins [25].

Par contre BOURBOUZE (1989) signale que la participation des fourrages ligneux dans la ration prélevée sur parcours est de 16% pour les ovins et 65% pour les caprins [22].

Les arbres et arbustes sont séchés et conservés en foin. Ce sont des sources importantes d'aliments en saison sèche, surtout comme fourrage de bonne qualité, en climat chaud, et en hiver dans certains climats froids. Pour la plupart ils sont à l'état sauvage ou semi-sauvage, des plantes protégées qui sont élaguées, inclinées ou leurs gousses broutées depuis le sol. Certains arbres sont, cependant, utilisés en forme sèche, leurs feuilles ou leurs brindilles séchées au nord de l'Afghanistan [26].

Ailleurs, dans quelques régions de pénuries alimentaires graves, surtout au nord du Pakistan et dans certaines parties des régions montagneuses d'Afghanistan, les feuilles d'arbres fruitiers et d'arbres à usages multiples, notamment l'abricotier et le mûrier, sont soigneusement collectées et traitées en foin pour une utilisation hivernale [26].

2.1.2 Les valeurs nutritives des arbres et arbustes fourragers

Diverses parties des espèces ligneuses ont été analysés chimiquement à différents stades de développement. Pour diverses raisons, les animaux consomment quelques arbustes, de préférence à d'autres. Les épines, les surfaces rugueuses, des tiges robustes, teneur en sel, des huiles volatiles ou d'autres caractéristiques peuvent être responsables de ces préférences. [17].

De nombreuses espèces d'arbustes ont été reconnues pour leurs valeurs en tant que fourrage vert pendant les périodes de carence en fourrage ainsi que d'autres utilisations. LE HOUEROU (1978) a examiné les potentiels d'arbres fourragers et des espèces d'arbustes dans une perspective forestière dans le monde entier. [17].

Le cactus est répandu dans les régions arides et semi arides de Tunisie et peut être utilisé comme supplément au cours des périodes de disette. Cependant, le cactus présente une composition chimique déséquilibrée. Ainsi son utilisation doit être équilibrée par d'autres espèces végétales. L'ensilage de cactus complémenté avec des sous-produits comme les grignons d'olive est de bonne qualité et pourrait remplacer entièrement le foin sans perturber l'ingestion et la croissance des agneaux [27].

La teneur moyenne en matières sèche des arbustes est comparable à celle rapportée par SAADANI (1988), malgré des variations parfois importantes entre les trois périodes de mesure qui seraient en relation principalement avec les variations des conditions climatiques. La teneur

en matière organique est plus élevée chez les Acacias par rapport aux *Atriplex*, ceci est lié à une teneur relativement élevée en matières minérales chez les *Atriplex* [28].

La teneur moyenne en cellulose brute est modérée pour les Acacias est faibles pour les *Atriplex*, elle est plus faible que les valeurs rapportées par d'autres auteurs. Ces différences seraient en relation avec la proportion des différents organes de la plante récoltés et le stade végétatif de la plante. [28].

Les résultats préliminaires obtenus dans une étude de l'effet des tannins de *l'Acacia cyanophylla* montrent que le pâturage de chèvres en période post-partum sur cet arbre fourrager, riche en tannins n'affecte pas la productivité et particulièrement la qualité du lait ou la croissance des chevreaux. Par contre, il semble que la neutralisation des tannins a un effet positif sur le taux d'ovulation [29].

Lors d'une étude comparative de rendement en matière sèche et en matière azotée totale de trois espèces de plantes steppiques du genre *Atriplex*, a montré des pourcentages de MS en augmentation de la première saison à la deuxième, surtout chez *Atriplex nummularia* qui affiche un écart très marquant de plus de 22% [30].

Cependant, l'espèce locale *Atriplex halimus* enregistre une teneur moyenne générale et intermédiaire entre les espèces, au cours de deux périodes. Elle enregistre un taux de MS pendant la saison 1 supérieur à celui d'*Atriplex nummularia* et inférieur à celui de *l'Atriplex canescens*, et des taux inverses pendant la saison 2 [30].

Les taux de MAT chez *Atriplex halimus* présentent une fois encore des valeurs intermédiaires entre les autres espèces. Les résultats montrent peu de variations d'une espèce à une autre, pour le premier paramètre pendant les deux périodes (MS). Mais la différence est nettement remarquable au sein de chaque espèce, notamment chez *l'Atriplex nummularia* qui présente la forte valeur dans cet essai (71,1% de MS) en été, mais elle correspond également à la concentration en MS la plus faible au printemps [30].

Alors qu'en été, c'est *Atriplex canescens* qui est l'espèce la plus productif en MS, ce qui est en accord avec les résultats de Delgado et Munoz (1996). Par ailleurs *Atriplex halimus* maintient des taux moyens et réguliers en MS et aussi en MAT [30].

L'Acacia cyanophylla est actuellement considéré comme naturalisé en Tunisie. C'est une essence à croissance rapide et qui se régénère facilement. Le fourrage provenant de cet arbuste

peut parfaitement être intégré dans le calendrier fourrager des troupeaux ovins ou caprins particulièrement dans les périodes de soudure [31].

La valeur fourragère de *l'Acacia* varie selon les régions. En général, cette espèce constitue un aliment de complément riche en protéine, 16% de PB (protéines brutes) et 12 % de PD (protéines digestibles) sur la MS, mais relativement pauvre en énergie avec une moyenne de 0,40 UF /kg de MS [31].

Après une analyse des principales causes de la dégradation des parcours des régions arides et semi-aride de la Tunisie, les principales données relatives à la valeur nutritive et la productivité de quelques espèces arbustives sont présentées. Il s'agit des cactus inermes, des *Atriplex*, de *l'Acacia* et de la luzerne arborescente. Les *Atriplex*, essentiellement *halimus* et *nummularia*, ont une valeur énergétique (0,6 à 0,8 UFL /kg de MS) et surtout azotée (20 à 25 % de MAT) intéressantes. Leur utilisation doit tenir compte de leur richesse excessive en sels et où l'abreuvement devient crucial. Les cactus, pauvres en matières azotées (2 à 3,5% de la MS) ont une valeur énergétique intéressante (glucides) leur limite d'utilisation (moins de 50 % de la ration) est due à la présence de mucilage et une grande quantité de potassium qui leur confèrent un pouvoir laxatif. Des mélanges de cactus, d'*Atriplex* et d'*Acacia* ou de paille permettant d'assurer des performances honorables. *L'Acacia cyanophylla*, avec un taux azoté de 14 à 15 % de la MS et une valeur énergétique de 0,5 à 0,7 UFL/kg de MS serait équivalent aux fourrages classiques produits au sud de la méditerranée [1].

La végétation pastorale dans les parcours naturels du Sahel des Doukkala et du Nord d'Abda au Maroc est dominée par des annuelles dont la production reste fortement influencée par les conditions climatiques de l'année et plus particulièrement la quantité et la répartition des pluies [32].

L'intégration de l'arbuste fourrager *Chamaecytisus albidus* à la reconstitution des parcours de la zone a permis des résultats très satisfaisants. L'amélioration quantitative de la production fourragère qui est passé à 900 UF/ha contre 200 UF/ha et l'amélioration qualitative des ressources pastorales notamment la phytomasse foliaire de *Chamaecytisus albidus* dont la composition chimique est voisine de la luzerne. Cette phytomasse foliaire dispose d'une valeur fourragère qui s'élève à 0,77 UF/kg [32].

Les feuillages des arbres polyvalents jouent un double rôle dans l'alimentation des ruminants. Ils aident à fournir un écosystème amélioré dans le rumen, ce qui se traduit par une activité accrue des microbes, qui à son tour conduit à une augmentation du taux de digestion de la ration

fibreuse basale. Dans certains cas, notamment lorsque les tannins sont présents en quantités modérées, la protéine dans les feuilles peuvent partiellement échapper à la fermentation dans le rumen et de contribuer en acides aminés directement au niveau de l'intestin [33].

Les éleveurs ont identifié les matières qui sont réputés bénéfiques pour améliorer la quantité et la qualité du lait. Les éleveurs classent l'alimentation comme très bonne, moyenne ou mauvaise, sur la base de son appétence et des effets visibles sur la qualité et la quantité de lait, contrairement aux chercheurs qui cherchent principalement à l'analyse chimique [23].

Les caractéristiques nutritionnelles des principaux fourrages d'arbres et d'arbustes sont présentées dans le tableau 2.1. Les résultats ont été rassemblés à partir de diverses sources, mais en particulier [34].

Le tableau 2.1 indique que la protéine brute (PB), contenu d'un grand nombre de ces aliments (manioc, Calliandra, Erythrina, Leucaena et pois d'Angole) est élevé et dans la gamme de (22,2-25,8 %). Le *Ficus*, *Acacia*, *Gliricidia*, *Jacquier* et *Prosopis* ont des teneurs en protéines brute de 14 – 15,1 %. Les légumineuses contiennent 25 à 50 % plus de protéines brutes que les plantes non-légumineuses [26].

L'énergie métabolisable (EM) de contenu, à l'exception de la gomme arabique est entre 11,2 à 14,4 MJ /kg. Il est intéressant de noter que la teneur en Ca de beaucoup de ces aliments est également relativement élevée. Il s'agit en particulier du manioc, Calliandra, Prosopis, le tamarin et Gliricidia, dans lequel l'intervalle est 1,57 à 2,81 [34].

Une variation significative en protéines brutes (PB) entre les espèces d'arbres et d'arbustes est observée et de même entre les parties comestibles de la même plante. Guérin (1987) fait état d'une variation de la teneur PB de 6 à 23% de la matière sèche (MS) [35]

Tableau 2.1 : Caractéristiques nutritionnelles des principaux fourrages d'arbres et d'arbustes. [35]

Arbres ou arbustes fourragers	MS %	% Matière sèche				EM. (MJ /kg)	Ca (%)	P (%)
		PB*	FB*	EE*	Cendres			
Acacia	29,0	15,1	22,6	8,9	8,2	8,4	1,21	0,06
Le manioc	21,1	24,2	15,6	4	6,6	14,4	2,62	0,22
Calliandra	26,4	24	21,7	2,4	8,0	12,6	1,6	0,2
Erythrina	32	25,8	17,4	5,8	6,7	14,3	----	----
Ficus	17	14	22,4	4,5	5,8	12	1,31	0,17
Gliricidia	25	14,7	19,9	5,4	4,7	12,84	1,58	0,29
Jacquier	36,6	14	22,1	3,8	11,5	14,2	1,46	0,15
Leucaena	30	22,2	19,6	6,9	4,4	12,1	0,27	0,12
Pois d'Angole	25,2	22,8	20,1	5,6	5,8	13,4	0,37	0,17
Prosopis	23,4	14	17,8	1,9	6,8	11,2	2,73	0,15
Sesbania	18	22,6	18,4	2,1	9,3	13,6	1,48	0,34
Tamarin	28	14	21	4,6	8,6	14,4	2,81	0,20

MS : matière sèche ME : énergie métabolisable* PB : protéine brute, FB : fibres brutes, et EE : extrait à l'éther.

En général, les feuilles sont plus élevées en PB de brindilles, presque deux fois plus dans le cas de l'Afrique australe selon Walker (1980). Ils contiennent également plus de PB en moyenne que les gousses, elles contiennent plus de matière organique et sont plus digestes [35].

Les feuilles des *acacias phyllades* ont tendance à avoir plus de fibres brutes, leurs protéines brutes, phosphore, matières organiques et la digestibilité sont inférieurs qu'à ceux des autres *Acacias* [35].

En Arabie saoudite, MIRREH et *al.* (1991), ont constaté que les arbustes vivaces conservent une haute teneur en CP pour une période plus longue que les arbustes annuels. Le CP dans les vivaces variait de 14 % au printemps à 7% en hiver, tandis que dans celles annuelles, une variation de 22 % à 8% est enregistrée au cours de la même saison de printemps. [35]

Les Vitamine A, B, C et PP sont présents dans des concentrations variables dans les feuilles, les fruits et les graines de certains arbres et arbustes [35].

La teneur en carotène est généralement élevée pendant la croissance précoce et diminue rapidement avec la maturité, sauf dans les arbustes à feuilles persistantes qui ont tendance à conserver leurs caractéristiques pendant de longues périodes [35].

La digestibilité de la matière sèche (DMS), qui est liée à la composition en nutriments, varie considérablement entre les espèces d'arbres et d'arbustes. La digestibilité des parois de cellulose et de la cellule diminue à mesure que la lignine de la cellulose ou de lignine rapport de la fibre au détergent acide augmente [35]. La digestibilité des protéines brutes ne correspond pas toujours à la haute teneur en PB qui caractérise arbres et arbustes fourragers. Par exemple WILSON (1977) a trouvé une digestibilité apparente aussi basse que 14% pour *Heterodendrum oleifolium* contenant 12,5% de PB tandis qu'*Atriplex vesicaria*, contenant également 12,5 % de PB, avait une digestibilité de l'azote de 71,4 % [35].

D'après les analyses de l'INRAT, la valeur énergétique varie avec les espèces : l'*Atriplex nummularia* 0,66 UF/kg de MS et l'*Atriplex halimus* 0,56 UFL/kg de MS [26 35]. Selon d'autres analyses, il faut 5,6 kg d'*Atriplex nummularia* pour obtenir 1UF, soit 0,18 UF/kg MS [27 36]. La teneur en protéines digestibles est bonne (10 à 15 % de la MS soit 2 à 4 % du poids frais) : 100 à 200 g MAD/UF (teneur comparable à celle de la luzerne). La forte teneur en Na Cl (8 à 20 % de la MS totale) peut entraîner une diminution de l'appétibilité si l'abreuvement est insuffisant [36].

Les feuilles de certains arbres fourragers majeures cultivés par les agriculteurs pour l'alimentation des ruminants dans les collines du Népal ont été étudiées pour les composants immédiats, les fibres détergentes, macro et oligo-éléments, de l'énergie métabolisable (EM) et la digestibilité. La composition des feuilles des arbres fourragers en matière sèche (MS), des protéines brutes (PB) et la teneur en cendres variait entre 22 et 53, 11 et 22,5 et 17 % respectivement. Par contre pour les valeurs obtenues pour les fibres au détergent acide (20 – 54 %) et de la lignine (6-35%) étaient élevés, mais pour la cellulose (13-33%) et de l'hémicellulose (1-31%) étaient plus bas [28 37]. Pour les minéraux, la plupart des arbres fourragers (feuilles) contiennent Ca > 1%, K > 1% et Mg > 0,25 %, mais la teneur en Na dans la majorité d'entre eux était faible, < 0,06%. Le phosphore est dans la gamme de 0,16 à 0,40%. Trace des teneurs en minéraux, Mn, Fe, Zn et Cu étaient > 27, >15, >100 et < 26 mg / kg de MS respectivement. La digestibilité de la cellulose et la digestibilité de la matière organique des feuilles varie considérablement avec des valeurs de 41-83 et 49-82 % respectivement. La teneur en lignine a été élevée dans la plupart des espèces ayant des valeurs de plus de 10% sur la matière sèche, la teneur en tannin dans la plupart des espèces est de plus de 1%, avec des valeurs plus élevées (>12%) qu'on trouve dans les *Terminilia* genre. [37]

La valeur nutritive de quelques espèces ligneuses méditerranéennes recueillies en Tunisie a été étudiée sur la base de leur composition chimique, la digestibilité *in vitro* et la cinétique de

fermentation (technique de production de gaz). Les espèces fourragères évaluées, étaient *Arbutus unedo*, *Calicotone villosa*, *Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus* et *Quercus suber* [38].

La teneur en MAT des espèces ligneuses varie considérablement (55 à 221 g/kg MS), les tannins condensés (1-360 g /kg MS), la digestibilité de la MS est de (523-681g/kg MS), la production de gaz asymptotique (187-343 ml/g de MS) et de fraction de production de gaz (0,030 à 0,047 h⁻¹) [29]. Sur la base de leur digestibilité *in vitro* et la cinétique de fermentation, les espèces peuvent être regroupées en deux groupes de ressources fourragères, un groupe à digestibilité moyennement élevé qui comprend les espèces de *M. communis*, *C. villosa*, *Ph. Angustifolia* et *A. unedo* et l'autre groupe à faible digestibilité comprenant l'espèce *P. lentiscus*, *Q.suber* et *E.arborea* [38]. La digestibilité *in vitro* et les paramètres de production de gaz étaient négativement corrélés avec des composés phénoliques, en particulier les tannins condensés, ce qui suggère que ces techniques *in vitro* peuvent être appropriées pour détecter la présence de substances antinutritionnels dans les arbustes [38].

La composition chimique et la digestibilité du feuillage de neuf espèces de plantes ligneuses (*Acacia Artemisia herba-alba*, *Atriplex halimus*, *nilotica*, *Acacia horrida*, *Acacia saligna*, *Faidherbia albida*, *Albizia julibrissin*, *Vicia faba* et *Punica granatum*) cultivées dans les zones arides et semi-arides de l'Algérie ont été évaluées [25]. Les composants alimentaires ont été déterminés par analyse immédiate, tandis que les composés phénoliques et les tannins ont été analysés par des procédés colorimétriques et leur activité testée en utilisant un dosage biologique. La digestibilité a été évaluée par gravimétrie conventionnelle *in vitro* et des méthodes *in situ*, et la cinétique de fermentation dans le rumen a été estimée à partir de la technique *in vitro* de production de gaz [25]. Le feuillage des espèces d'*Acacia* s'est avéré être un fourrage riche en protéines pour les ruminants, bien que la lignine et tannins de certaines espèces aient une contrainte importante en limitant son utilisation digestive. L'arbre fourrager légumineux, *A. julibrissin*, a une teneur élevée en protéines et son feuillage est très digeste grâce à sa faible teneur en tannin. Le feuillage de *P. granatum* est hautement parcouru et digestible pour les ruminants [25].

Le feuillage d'*Acacia cyanophylla* est bien apprécié par le bétail domestique, surtout caprin et ovin, la consommation des feuilles par ces derniers est plus forte en automne, hiver et été. Par contre, elle est faible au printemps à cause de l'abondance de la végétation herbacée. Elle a une valeur énergétique 0,33 UF /kg MS pour les jeunes rameaux et 0,90 UF /kg MS pour les graines [39].

L'*Acacia ligulata* est un excellent fourrage de complément pour les ovins, sa valeur fourragère est de 0,34 UF/kg MS [39].

L'*Atriplex canescens* c'est l'un des *Atriplex* les mieux appréciés par les ovins, avec une ingestion volontaire supérieure aux autres *Atriplex*. Les rameaux feuillés sont consommés frais, fanés ou séchés. Sa valeur fourragère varie de 0,25 à 0,68 UF/kg MS [39].

La valeur fourragère de l'*A. halimus* a été estimée à 0,56 UF/kg MS. Celle donnée par LE HOUEROU et al. (1983) varie de 0,25 à 0,30 UF/kg MS. Sa teneur en protéine brute varie de 12 à 18% par kg de MS. Ces valeurs font des *Atriplex* d'excellents aliments du complément pour les rations pauvres en protéines [31]. Selon FAO cité par [39], la valeur fourragère d'*Atriplex nummularia* est de 0,5 à 0,6 UF/kg MS. Le *Medicago arborea* a une valeur fourragère élevée, de 0,6 à 1,05 UF/kg MS, riche en vitamines A, C, E et K [39].

ARAB et al. [40] ont réalisé une évaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des principaux fourrages des zones arides et semi-aride en Algérie. Des plantes fourragères de Biskra (deux herbacées *Cynodon dactylon*, *Cyperus conglomeratus* et un arbuste *Tamarix africana*) et à titre comparatif, de Constantine (Sulla : *Hedysarum coronarium*), des céréales (orge en vert, blé en montaison et avoine en épiaison) et des foin commerciaux) ont été analysées pour leurs contenus : matière sèche (MS), matière minérale (MM), matière organique (MO), matière grasse (MG), cendres insolubles (CI), matière azotée totale (MAT), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), acid detergent lignin (ADL) et en minéraux (Ca, P, Na, K, Mg, Cu, Zn et Mn). La MS est plus importante, dans le cas des foin mixtes (89,21%) pour les fourrages de Constantine. Cependant, au Sud (Biskra), c'est l'arbuste *T. africana* qui représente le taux le plus élevé (50,86%). L'analyse des minéraux, a révélé un contenu en Na plus élevé chez l'arbuste *T. africana* par rapport aux deux herbacées. Au Nord, c'est *H. coronarium* qui a montré le taux le plus élevé, à savoir 63,4 g/Kg [40].

L'analyse de la valeur nutritive des fourrages du Sud a révélé une digestibilité de la MS plus faible que celle du Nord (44,4% contre 50,60%) [40].

La composition chimique, la teneur en fibres et les valeurs nutritionnelles de quatre arbustes fourragers dans le nord de la Tunisie à savoir, *Atriplex* (*Atriplex halimus*), *Acacia* (*Acacia cyanophylla*), cactus sans épines (*Opuntia ficus indica*, var. *Inermis*) et *Medicago arborea*, ont été déterminées afin de caractériser sur le plan nutritionnel pour leur utilisation dans les aliments chez les petits ruminants. L'*Atriplex halimus* présente une teneur en protéines brutes (PB) la plus élevée (20,4% de MS), *Acacia cyanophylla* et *Medicago arborea*

contiennent, respectivement, 17,5 et 16,2%, alors que *Opuntia ficus indica* montre la valeur la plus faible (7,4%). La teneur en matière organique (MO) a été comparable à l'*Atriplex halimus* et *Opuntia ficus indica* (74,3 et 70,4%) et statistiquement différent par rapport à *Acacia cyanophylla* et *Medicago arborea* (91,8 et 91,4%). *Opuntia ficus indica* montre les valeurs les plus basses de la CBT, NDF, ADF et ADL et inversement proportionnelle présente le coefficient de digestibilité (CUD) le plus élevé (77,8%). *Medicago arborea* a les valeurs les plus élevées en CBT, NDF, ADF et ADL, tandis que le CUD est le plus bas.

Ces quatre arbustes ont des valeurs de l'énergie (UFL / kg MS) élevées et comparables aux concentrés classiques. Le montant de PDIN et PDIE (g / kg MS) est plus élevé pour *Atriplex halimus*, *Acacia cyanophylla* et *Medicago arborea*. Considérant qu'*Opuntia ficus indica* affiche les montants les plus bas [41].

2.2 Valorisation dans d'autres domaines

2.2.1 Bois de chauffage

La coupe ou le dessouchage des arbustes qui servent de combustible pour la cuisson et le chauffage ont une très grande importance. Encore plus important est le fait que cette utilisation épuise gravement et rapidement la végétation [17].

L'utilisation combinée et sans restriction des arbustes pour le paisson et pour la coupe de bois de chauffage constitue une pratique destructive. Thalen (1979) a fait remarquer que le brout à lui seul ne détruit pas les arbustes, étant donné que le cheptel se déplace avant que la végétation n'ait complètement disparu, ce qui permet aux tiges ligneuses de repousser. Le ramassage du bois de feu, bien qu'étant pratiqué sur une superficie plus limitée que le paisson, détruit le reste de la couronne au niveau de la surface. [17]

La valeur calorifique des arbustes est généralement égale à celle du charbon bitumineux de basse qualité (7500 BTU/lb) [17].

2.2.2 Maintien de la fertilité du sol

Les arbres et les arbustes de la famille des légumineuses constituent une alternative peu coûteuse permettant de maintenir la fertilité des sols dans les pays en développement. Notamment dans les régions où les coûts de la fertilisation artificielle ne peuvent être retenus sur le plan économique [17].

LE HOUEROU (1979) a donné plusieurs exemples d'utilisation de techniques agro-forestières permettant d'augmenter la production des pâturages et des cultures. [17]

La fertilité des déserts dépend étroitement des espèces arbustives qui en assurent la couverture végétale. GARCIA-MOYA et MCKELL (1970) ont démontré que l'azote était concentré dans les sols, se trouvant sous la frondaison des arbustes ainsi que dans les tissus arbustifs, ceci constituant « des îlots de fertilité » dans l'écosystème désertique. La destruction des arbustes et en particulier de ceux qui favorisent la fixation symbiotique d'azote, peut causer une réduction importante de la productivité de l'écosystème. [17]

Dans les régions du sahel où la pluviométrie annuelle permet des cultures marginales, l'augmentation de la valeur nutritionnelle des sols sous la frondaison d'*Acacia albida* permet d'obtenir une production de mille deux fois et demi plus élevée [17].

L'un des exemples les plus frappant de l'enrichissement potentiel du niveau nutritionnel des sols, grâce aux espèces arbustives/arborées est donné par *Leucaena leucocephala* [17].

Grâce à leurs racines profondes, les arbres fourragers servent à stabiliser les terrains en pente et les dunes de sable contre l'érosion. Les plantes ligneuses pérennes, servent de puits de dioxyde de carbone, entraînant des effets positifs sur le climat [42].

2.2.3 Habitat de la faune sauvage

Certains animaux ne peuvent vivre que dans des habitations très spécifiques, comprenant certaines plantes et certaines densités de couvert végétal, facteurs sans lesquels leur population ne ferait que diminuer [17].

La concurrence qui se produit entre la faune et le cheptel pour les fourrages herbacées et les fourrages ligneux a causé de graves problèmes dans de nombreuses régions d'Afrique et en particulier dans celles qui sont voisines des parcs nationaux. Jensen et al. (1972) , ont démontré que le pâturage ovin ou bovin pratiqué pendant une courte période au début de la saison de croissance végétale dans des superficies réservées à la faune sauvage, peut assurer des surfaces de pacage additionnelles sans effets nocifs pour la végétation pastorale riche en ligneux fourragers [17].

Des études de ce type sont nécessaires lorsqu'il y a conflit entre l'utilisation par le cheptel et les habitudes de la faune sauvage.

2.2.4 Lutte contre l'avance du désert

Les arbustes peuvent jouer un rôle important dans la restauration de la stabilité des sols et de la couverture végétale des terres déstabilisées par une utilisation irrationnelle. Les arbustes s'opposent aux courants éoliens près de la surface du sol, augmentent par conséquent la turbulence et permettent aux particules de terres transportées par le vent d'être déposées sur le sol même. En outre, les arbustes stabilisent la surface des sols et ralentissent leur mouvement provoqué par le vent [17].

2.2.5 Produits médicaux et industriels

Les arbres et arbustes des terres arides ont de nombreuses utilisations médicales. MC KELL et al (1968), ont décrit certaines des utilisations médicales et industrielles des plantes des terrains de parcours, lors d'un colloque tenu à Monterrey, Mexique. [17]

Une autre revue des nouveaux produits végétaux obtenus à partir des terres arides a été publiée par la fondation nationale des sciences des Etats-Unis (Theisen et autres, 1978); elle comprend quelques produits intéressants fournis par des arbustes comme les baies de *Sheperdia argentea*, le latex de Guayule (*Parthenium argentaum*), les graines de pins (pignons) de *Pinus edulis*, les feuilles herbacées et les graines d'*Atriplex hortensis*. [17]

Moringa oleifera est populaire pour ces feuilles comme légumes. L'arbre est taillé régulièrement (30 -45 jours) et les feuilles sont vendues sur le marché. Les feuilles sont cuites pour le savon et fortement recommandé pour les femmes qui allaitent car il est prétendu être très nutritif [43].

Les feuilles de *C. erythrorum* rapporté par MARTIN et ELOFF (1998) ont une activité antimicrobienne. [44]

MAPHOSA et al (2010), ont indiqué que les espèces de famille des Fabacées sont utilisées pour traiter différentes maladies animales, allant des maladies bactériennes aux complications causées par des parasites internes et externes. *Peltophorum africanum* a été rapporté par BIZIMENYERA et al (2005), d'avoir des activités vermifuges et anti-oxydantes. [44]

Les fruits, graines et feuilles d'*Acacia nilotica* sont utilisés en poudre pour soigner les blessures, galactagogue [44].

Les propriétés aseptiques et astringentes de l'acide tannique sont utiles dans le traitement des inflammations, des éruptions cutanées et des troubles intestinaux [19].

Pour l'*Acacia nilotica*, son écorce, ses feuilles, sa gomme et pommade, sont utilisées comme adoucissant, astringent, détersif, hémostatique et expectorant. Les feuilles d'*Atriplex halimus* sont utilisées pour assécher les plaies [24].

Les feuilles de *Tamarix gallica*, sont utilisées en décoction alors que leurs rameaux sont recommandés contre l'œdème de la rate. La lotion d'écorce des grosses tiges bouillie dans l'eau vinaigrée est utilisée contre les poux [24].

Les feuilles, les fruits et les racines, sont utilisés, en décoction, comme pectorale, sédatif et diurétique. Les feuilles et les fruits réduits en poudre et mélangés avec de l'eau ou du lait tiède sont appliqués comme emplâtre sur les furoncles. Les Jujubes sont administrés aux enfants contre les diarrhées [45].

Les gommes extraites des arbres et arbustes feuillus ont des applications pharmaceutiques en tant qu'émollients, en tant qu'adhésifs dans la fabrication des pilules et en tant qu'agents émulsifiants [19].

La partie aérienne de *Retama retam* est utilisée, en infusion, en poudre ou en compresse, pour le traitement des rhumatismes, les blessures et les piqûres de scorpion et elle est utilisée aussi contre les morsures de serpent [24].

Quatre-vingts pour cent des populations rurales du monde se soignent au moyen de plantes médicinales. Une liste de plus de 400 espèces de plantes médicinales a été établie jusqu'à maintenant à partir de 64 familles de plantes à fleurs que l'on trouve dans les zones arides [19].

Par exemple, la diosgénine pour les blessures et les maux d'estomac s'obtient à partir de l'*Agave sisalana*: les saponines stéroïdales et les sapogénines utiles comme vermifuges et purgatifs s'obtiennent de *Banalites aegyptica*.

Les glycosides et la calatropine, qui a une forte action cardiotonique, provient de *Calotropis procera*; l'alcaloïde artémistine, qui est un puissant stimulant, provient d'*Artemisia absinthium*; *Commiphora nukul* donne des astringents et des résines carminatives. *Capparis decidua* donne de la stachydrine cardiotonique, antiseptique et analgésique et d'autres composés. L'éphédrine, bronchodilatateur, provient de *Ephedra sinica*; hyoscyamine, qui produit de l'atropine pour l'ophtalmologie, provient de *Duboisia leichardtii*; l'astrogaline, la rutine et les glycosides cardiotoniques proviennent de *Nerium oleander*. [19]

Tableau 2.2 : Différents types d'usages de quelques espèces d'arbustes. [44]

Essences	M	Mv	O	AL	T	EC
<i>Atriplex halimus</i>	*	*	*	2	-	-
<i>Tamarix articulata</i>	*	Mv1	Al1, Om1	-	-	-
<i>Tamarix gallica</i>	M3	*	D2	-	-	+
<i>Zizyphus lotus</i>	M2	*	*	1	-	-

M : médicinale ; MV : médecine vétérinaire ; O : ornementale (Alignement « al », ombrage «Om», Décoration « D ») ; T : tannage et E-C « E » Essence aromatique « C » cosmétologie ; Production «+ » Nom production « - » ; AL : alimentaire (fruiter comestible), « - » nom consommables ; * : information insuffisant ; Coefficients : 1=bon ; 2=moyen ; 3=faible ; Médicinale ; 1=large utilisation ; 2= Moyenne utilisation ; 3=faible utilisation.

2.2.6 Constructions

Les arbustes et petits arbres sont intensivement utilisés par les habitants des zones rurales, pour la construction d'habitations, d'abris, d'installations pour animaux et de clôtures. Sans les arbustes, les murs de pisé de nombreuses constructions n'auraient pas la solidité qui est assuré par les branches ligneuses enroulés sur les piliers de soutènement. De nombreux outils et ustensiles utiles de ménages sont fabriqués à partir des bâtons et des branches des arbres et des arbustes [17].

Le feuillage des plantes ligneuses est important pour les habitants des zones arides : c'est le cas par exemple du feuillage des palmiers (*Phoenix*, *Hyphaene*, *Borassus*) qui fournit des matières premières pour les fibres, les clôtures, les palissades destinées à fixer le sable et des articles ménagers. Le feuillage de *Diospyros melanoxylon*, *Morus alba* et *Zizyphus mauritiana* fournissent des matières premières pour l'industrie locale, fabrication de cigarettes, sériculture et laque Le bois d'*Acacia* est jaune-brun dur et imputrescible est recherché pour la fabrication de piquets de vigne ou de clôture. [19].

2.2.7 Brise-vent

Les arbustes et les petits arbres assurent une protection contre la force érosive et constituent des brise-vents. Même dans les zones où les arbres sont moins adaptés au vent, le rôle de brise-vent des arbustes est important, étant donné qu'ils empêchent l'action destructive des particules de sable transportées par le vent [17].

2.2.8 Paysagisme

Le modelage du paysage avec des arbustes autochtones peut améliorer la beauté naturelle des sites et ne nécessite qu'un entretien minimal. La présence d'arbustes à utilisations multiples autour des habitations ou des enclos de cheptel peut les protéger des rayons directs du soleil et leur assurer en outre une source de nourriture et une certaine mesure de protection. Les espèces *Opuntia* sont particulièrement utiles dans de telles conditions [17].

2.2.9 Systèmes sylvo-pastoraux

Agroforesterie des systèmes qui combinent l'utilisation des arbres et l'intégration des animaux polyvalents est une voie qui n'est pas suffisamment étudiée. Le système a une importance considérable, en particulier dans les zones montagneuses et ailleurs où le rôle des arbres fourragers devient particulièrement important. L'utilisation plus large des systèmes agroforesterie a des avantages complémentaires de la production de fourrage, de l'approvisionnement en bois de feu, amélioration de la fertilité des sols et la couverture permanente du sol et de la promotion de l'utilisation des terres économiques et durable [46].

Les avantages offerts par ces systèmes sont multiples, ils peuvent être regroupés sous trois rubriques : [46]

- L'amélioration de l'environnement, d'où une productivité accrue des terres et des équipements ;
- L'amélioration de la production animale, d'où une meilleure performance économique des agriculteurs /propriétaires d'actions ;
- L'eau et le contrôle de l'érosion et de l'aménagement du territoire, et la prévention de la désertification.

2.2.10 L'utilisation des aquifères profonds

Grâce aux systèmes racinaires puissants de beaucoup d'entre eux, les arbustes fourragers peuvent atteindre et d'exploiter les aquifères profonds qui ne peuvent pas être atteints par des espèces herbacées. *Atriplex halimus* et *A. nummularia* ont été montrés pour puiser de l'eau dans les nappes phréatiques 10 m de profondeur en Algérie et en Tunisie. 1 cm de diamètre de racines vivantes de *Ziziphus lotus* a été extrait à partir d'une profondeur de 60 m près de Marrakech au sud du Maroc [46].

2.2.11 Autres productions et autres usages

Les plantations sur dunes fournissent une large gamme de produits valorisés par les populations riveraines. Ces produits sont issus aussi bien des arbres plantés que de la végétation spontanée et de la faune qui se sont réinstallées à l'abri de la plantation. Ce sont des compléments alimentaires (feuilles et pousses comestibles, fruits, gommages, gibier), des produits médicinaux (pharmacopée), du miel (apiculture, de nombreuses espèces utilisées sont mellifères) des gommages, résines et des tanins (par exemple obtenus de *Acacia nilotica*), des colorants et des matières premières pour l'artisanat (par exemple vannerie, sculpture, travail des cuirs, etc.) [47].

Le bois de *Tamarix articulata* et *Tamarix aphylla* peut être tourné et servir à la fabrication de plate et selles de dromadaires [24].

Le tanin est produit à partir des fruits, de l'écorce, des feuilles et des racines de nombreux arbustes et arbres de zones arides. Les tanins peuvent présenter des structures chimiques extrêmement variées mais ils permettent de transformer la gélatine des peaux en une matière insoluble et imputrescible, le cuir. Les tanins sont facilement solubles dans l'eau ou dans l'alcool, ce qui donne des solutions fortement astringentes qui sont utiles aussi pour les médicaments. On les utilise avec des sels ferriques pour la composition d'encre vert-noir et bleu-noir. Les tanins sont soit des tanins condensés qui ne peuvent être hydrolysés par des acides ou des enzymes ou des tanins hydrolysables (allotanins, cafétanins et élagitanins) et des tanins non classés [19].

Le tannage des peaux est extrêmement important dans les régions arides et semi-arides où le pastoralisme est la principale utilisation des terres et où la faune sauvage prospère si on la protège et si on la gère de façon adéquate. Le tannage permet de transformer et de protéger les matières premières de production locale et d'ajouter une utilité et une valeur commerciale à un sous-produit majeur de la production de viande [19].

Un grand nombre d'espèces des zones arides et semi-arides produisent du tanin en quantités commerciales, par exemple, à partir de l'écorce : *Acacia nilotica*, *A. cyanophylla*, *Eucalyptus astringens*, *Parkia biglobosa* ; à partir des fruits : *Calotropis procera*, *A.farnesiana*; à partir du bois: *A. polyacantha*, *Schinopsis lorentzii*; à partir des racines: *Punica granatum*, *Zizyphus spina* [19].

Les gommés sont des produits typiques des arbres et arbustes feuillus. Elles sont utilisées principalement dans les denrées alimentaires en raison de leur aptitude à donner les qualités voulues aux aliments en agissant sur leur viscosité, leur corps et leur texture. On les trouve le plus souvent dans la confiserie, les arômes et les boissons non alcoolisées. Elles sont aussi utilisées dans l'industrie pour les adhésifs, la lithographie, les peintures et les encres [19].

La gomme arabique est le principal exsudat de gomme commerciale. Environ 85% de la quantité mondiale est produite au Soudan. On l'obtient principalement à partir de *l'Acacia senegal* et un peu à partir d'espèces connexes *A. laeta*, *A. polyacantha* et *A. mellifera* [19].

D'autres gommés sont la gomme Karaya provenant du *Sterculia urens*, *S. villosa* (Inde), *S. setigera* (Afrique), qui fournit la matière première pour les émulsifiants, les adhésifs, les fixatifs et les laxatifs. La gomme adragante provenant d'*Astragalus spp.* d'Asie mineure est encore plus précieuse. C'est un émulsifiant naturel pour les produits alimentaires comme la mayonnaise, mais on la remplace maintenant, en raison de son coût élevé, par des produits synthétiques à fermentation. Des gommés d'intérêt commercial sont aussi obtenues à partir du fruit du caroubier (*Ceratonia siliqua*), de la Mesquite (*Prosopis latifolia*) et de la Sill indienne (*Urginea indica*) [19].

Les résines naturelles se distinguent des gommés par leur insolubilité dans l'eau mais leur classification est difficile du fait que les exsudats de nombreuses plantes possèdent cette qualité. Les résines sont généralement utilisées dans les adhésifs, l'apprêt du papier, le glaçage, les fixatifs pour les parfums, les médicaments et la fabrication de polymères synthétiques [19].

Les plantes à résine sont assez courantes dans les zones arides et la liste suivante donne une indication de leur diversité, on note :

- États-Unis ; *Grindelia camporum*, *Pinus cembroides*, oléorésines pour les produits résiniers ; *Larrea tridentata*, résines et térébenthines [19].
- Afrique du Nord : *P. brutia* et *P. halepensis* pour les oléorésines, *Tetraclinis articulata* pour la sandaraque.
- Amérique latine : *Schinus terebinthifolius* et *Juniperus californica* pour les résines médicinales et les oléorésineux.
- Inde : *Boswellia serrata* et *Commiphora urghtii* pour les produits analogues à ceux produits par leurs cousins africains.
- Proche-Orient : *Juniperus macropodia* et *Boswellia sacra*, oléorésines pour la parfumerie [19].

Les espèces ligneuses de zones arides offrent des possibilités considérables d'extraction des fibres pour les cordages, ficelles et objets d'artisanat. Le palmier dattier, *Phoenix dactylifera*, est l'une de ces espèces. On estime qu'il se trouve environ 150 millions de *Phoenix dactylifera* au Proche-Orient et en Afrique du Nord, qui constituent en même temps une source potentielle de fibres pour la fabrication du papier [19]. La végétation des zones arides et semi-arides comprend une large gamme d'espèces productrices fruits : *Phoenix*, *Borassus*, *Hyphaene* (fruits, pollen comestible et noix) ; *Grewia*, *Morus alba*, *Zizyphus*, *Tamarindus*, *Ficus carica*, *Opuntia*, *Cerantonia* et *Olea europea* (fruits) ; *Pistachio*, *Prunus amygdalinus*, *Pinus pinea*, *P. cembroides*, *P. edulis* (noix) [19].

2.3 Résultats des travaux d'utilisation des arbres et arbustes fourragers en alimentation des ruminants

Beaucoup de feuilles d'arbres, des fleurs et des gousses sont identifiés comme étant utile pour améliorer la production de lait, matière grasse du lait, la condition physique et de l'induction d'œstrus [23].

La supplémentation de *Chloris gayana* foin avec 200 à 300 gr de feuilles séchées *Leucaena* donnée aux chèvres en Tanzanie augmente de façon significative la consommation de matières organiques, l'apport en protéine brute et le taux de croissance journalier par rapport au groupe témoin non supplémenté [23].

NITIS (1989) a signalé un cas où les moutons et les chèvres nourris de *Pennisetum purpureum* complétés avec 0,3 à 1,8 kg de *Gliricidia* par jour ont gagné 17 à 27 % plus de poids que les animaux n'ayant pas reçu [35].

Tableau 2.3 : Valeur alimentaire potentiel des arbres et arbustes fourragers [48].

Alimentation de base	Supplément de fourrage	Réponse	Les animaux d'élevage	Références
La paille de riz	<i>Leucaena</i> (50% de la ration)	Augmentation significative de la digestibilité de la MO (9%), la consommation d'énergie (86%) et de l'azote retenu.	moutons	Devendra (1983)
<i>Gliricidia</i>	<i>Leucaena</i> (50% de la ration)	Augmentation significative de la consommation de matière sèche digestible (12%) et le taux de croissance (55%)	chèvres	Ademosun et al. (1985)
Guinée foin	<i>Gliricidia</i> 30g/kg p ^{0,75}	Double effet sur l'ingestion de matière digestible	chèvres	Ademosun et al. (1985)

Une étude sur l'évaluation de la valeur nutritive, la consommation et les préférences des moutons et des chèvres pour les six arbustes dominants des chênes verts maquis de type arbustives en Croatie, a montré que la consommation des chèvres et des moutons était différentes pour la quasi-totalité des arbustes. En effet, les chèvres avaient des apports plus élevés que chez les ovins de chaque arbuste sauf *Quercus ilex*. L'apport d'arbustes pour les chèvres a varié de $17,7 \pm 0,72$ g/kg de poids corporel pour *Pistacia lenticus* à $33,1 \pm 1,40$ g/kg de poids corporel pour *Erica multiflora*. Les chèvres ont ingéré plus *Arbutus unedo* (19,9 g / kg contre 14,2 g/kg de poids corporel, respectivement) ; *E. multiflora* (33,1g/kg contre 21,9 g/kg de poids corporel, respectivement) et *Pistacia lenticus* (17,2 g/kg contre 10,6 g/kg de poids corporel, respectivement) que les moutons. Les chèvres ingéraient deux fois plus de *Juniperus phoeniceae* que les moutons (21,0 g/kg contre 10,9 g/kg de poids corporel), et également ingéré plus de *Viburnum tinus* (22,6 g /kg contre 13,9g/kg de poids corporel). Dans l'ensemble, les

chèvres ingéraient 50,5 g/kg de poids corporel d'arbustes par jour, alors que le mouton en moyenne 26,7 g/kg de poids corporel chaque jour [49].

Deux essais (*in vivo et in situ*) ont été menés pour évaluer l'influence des feuilles d'arbustes sur la digestion et la rétention d'azote des caprins et des moutons par la digestion ruminale. 12 mâles castrés de caprins espagnols (32,5±2,1 kg de poids vif) ont été logés dans des stalles du métabolisme et assignés au hasard à trois régimes (4 mâles par traitement) :

- Foin de luzerne 23 % (*Medicago sativa*), plus de la paille d'haricots (*Phaseolus vulgaris*) ;
- 25 % d'*Acacia rigidula* ainsi que de la paille d'haricots 75%.
- L'*Acacia farnesiana* ainsi que la paille d'haricots 80%

L'apport en nutriments chez les mâles était similaire entre les régimes, la digestibilité de la matière sèche était similaire chez les caprins, mais la digestibilité des protéines brutes était plus élevée pour le foin de luzerne et les régimes d'*Acacia farnesiana* que celles nourries par un régime d'*Acacia rigidula*.

La paroi cellulaire et ses fractions ont été digérées plus efficacement pour le régime foin de luzerne par rapport à l'*Acacia rigidula* ou des régimes d'*Acacia farnesiana*, mais l'autre contenu cellulaire des fourrages a été digéré de manière similaire. Les tannins contenus dans les arbustes peuvent avoir une influence défavorable sur la digestibilité *in situ* de PB et de NDF. Cependant, les arbustes autochtones peuvent avoir un potentiel en tant que complément alimentaire économique pour les caprins [50].

Parties succulentes des *Acacia saligna* et *Atriplex nummularia* ont tous deux été offertes à vingt-quatre adultes béliers sous trois formes : frais, ou transformés par séchage à l'air ou l'ensilage pour évaluer la valeur de l'alimentation et de l'utilisation dans des conditions arides [51].

L'étude a duré 45 jours avec des essais d'alimentation et du métabolisme. Régime frais de l'*Atriplex* atteint plus de protéines brutes, fibres brutes et des teneurs en cendres que le régime frais d'*Acacia*. Le traitement des arbustes n'a pas sensiblement modifié le contenu de protéine brute, extrait à l'éther et les cendres d'acacia, mais des changements sont perceptibles chez l'*Acacia*. L'apport volontaire, la digestibilité des nutriments et la rétention d'azote ont été considérablement affecté par les régimes [51].

L'ingestion maximale de matière sèche volontaires a été atteinte par des moutons nourris avec *Atriplex nummularia* ensilé et l'Acacia (70,4 et 56,2 g/kg P^{0,75}/jour, respectivement). L'apport d'*Atriplex nummularia* était supérieur à celle des régimes d'acacia équivalents. La matière sèche, les protéines brutes, extrait à l'éther, extrait non azoté et neutres nutriments de fibres au détergent ont été efficacement utilisés et digérés par les moutons, compte tenu des arbustes ensilés. Les régimes les plus nutritifs étaient *Atriplex nummularia* et l'ensilage d'*Acacia* qui a fourni les nutriments digérés suffisants pour répondre aux besoins énergétiques et protéiques pour l'entretien des moutons. Les autres régimes, frais ou séchés à l'air exigent la supplémentation avec des concentrés pour fournir une ration d'entretien [51].

Selon DELHAYE et al (1980), le feuillage est très apprécié par le bétail, celui d'*Acacia cyanophylla*. Il accuse une valeur de 0,3 UF/kg de MS. Ils démontrent que l'adjonction de cette espèce à la ration des moutons au passage libre sur le parcours, accroît considérablement les performances des animaux sur les parcours médiocres ou pauvres, mais dans des proportions appréciables sur des pâturages riches [22].

Les pâturages avec l'apport d'*Acacia cyanophylla*, les animaux présentent une différence positive de poids de 25% par rapport au témoin sans Acacia, sur une durée de 35 semaines [22].

Un mouton peut consommer l'*Atriplex halimus* jusqu'à 2 kg MS/j et parfois plus [39].

L'utilisation des arbustes par les animaux se fait sentir pendant la période de soudure, les avantages de l'alimentation d'arbustes résident dans sa disponibilité et sa capacité d'améliorer la ration prélevée [22].

Par ailleurs, la ration en hiver dans un parcours mixte (graminée + arbustes) est meilleure par comparaison sur un parcours à base des graminées seulement [22]. En effet l'apport en protéines est en faveur des parcours mixtes (tableau 2.5)

Tableau 2.4 : Qualité nutritionnelle de la ration sur un parcours mixte [22].

Eléments	Parcours graminée	à	Parcours mixte (graminée +arbustes)
Matière protéique en %	5,8		9,0
Lignine en%	13,1		12,3
Digestibilité de la MO en %	45,0		48,0
Matière organique ingérée en g/Kg p^{0,75}	28,0		38,0

Selon LE HOUEROU et al (1987), si l'*Acacia ligulata* est distribuée *ad libitum* en supplément, elle permettra des gains de poids de 2 kg/ tête en 105 jours, par rapport aux animaux pâturant dans un excellent parcours. Par contre, si elle est consommée seule, elle entraîne des pertes de poids de l'animal [39].

Cette espèce est moins appréciée qu'*Atriplex halimus* par le bétail. Elle est surtout appréciée par les ovins en été et au printemps. Sa consommation par les caprins est nettement inférieure à celle des ovins. Mais elle présente un pic en été. Cette espèce permet le maintien du poids des animaux, même si elle est distribuée seule. Elle permet également des gains de poids journaliers considérables chez les ovins, si elle est mélangée à l'*Opuntia*. [39]

Selon CHRIYAA et al l'inclusion de feuillage d'*Acacia cyanophylla* et les gousses *Medicago sp*, avec le régime de fourrage de faible qualité est comparable à l'inclusion du foin de luzerne. Ces résultats indiquent que l'amélioration des parcours dégradés par la plantation d'arbustes appétant et la gestion des pâturages *Medicago sp* pour produire suffisamment de gousses pour être pâturées pendant l'été, devrait réduire la nécessité de fournir aux moutons des suppléments riches en protéines coûteux pendant les périodes de pénurie alimentaire. [52]

Cette étude a été menée pour évaluer l'*Atriplex* (arroche) et *Acacia* complétée avec des grains d'orge concassés (GOC), seuls ou avec des graines écrasées de datte (GED) pour l'engraissement des agneaux Barki en croissance. Quarante agneaux (poids initial de $30,6 \pm 3,50$ kg), 6-8 mois d'âge ont été divisés en quatre groupes pour 140 jours. Le premier est le groupe témoin (GC) a été nourri au foin de bersim *ad lib* avec la GOC pour couvrir 100% de leur besoins énergétiques d'entretien (BE_e). Les trois autres groupes ont été nourris *ad lib*, sur feuilles fraîches et tiges succulentes de deux *Atriplex* et *Acacia* complété avec du GOC pour le régime A, 50%, plus 50% GOC GED pour le régime B ou 25% GOC plus 75% GED pour le régime C, respectivement. La consommation des agneaux nourris avec régimes A, B et C est légèrement supérieur DMI (g / jour / kg w^{0.75}) à celle de CG. La digestibilité apparente de la matière sèche et la matière organique pour les régimes A, B et C ont diminué ($P < 0,05$) par rapport au témoin CG qui portait principalement à des changements dans le type de fourrage. Au contraire, la protéine brute digestible (DCP%) a augmenté ($P < 0,01$) en raison du remplacement *Atriplex* et *Acacia* par le bersim en foin. Le gain moyen quotidien (g / jour) a diminué ($P < 0,01$) à la suite d'un changement du type de fourrage. La meilleure conversion alimentaire a été enregistrée pour le groupe témoin suivie par les régimes A et B sans différence significative. La rétention d'azote a diminué ($P < 0,05$) en changeant le type de fourrage [53].

CHAPITRE 3

METHODES D'ANALYSES FOURRAGERES

3.1. Analyses de qualité du fourrage

Afin d'évaluer la qualité fourragère un ensemble d'analyses générales doit être mené sur la composition botanique, la palatabilité, les nutriments et la digestibilité. La valeur nutritionnelle du fourrage est fonction de sa composition chimique, qui peut être déterminée au laboratoire afin d'évaluer la plupart des paramètres de qualité, tels que les nutriments et la digestibilité. Plusieurs techniques basées sur des analyses directes utilisant des solvants, des solutions acides ou basiques ou d'autres produits chimiques peuvent être appliquées à évaluer les différents paramètres des échantillons d'aliments [54].

La composition botanique du fourrage est un facteur important de la qualité de ce dernier. L'évaluation sensorielle peut être utilisée comme méthode d'appréciation afin d'identifier les plantes toxiques sur le terrain et éliminer le fourrage inapproprié [54].

Les analyses de laboratoire basées sur la chimie humide sont les méthodes d'analyse officielles approuvées par l'Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) et utilisé pour évaluer les éléments nutritifs dans le fourrage. Les principales caractéristiques mesurées sont : matière sèche, pH, titrable acidité, acides organiques, N soluble, ammoniac, fractions glucidiques (NDF, ADF, ADL, hémicelluloses, cellulose, amidon, sucres, et des hydrates de carbone non structuraux), les minéraux, la disponibilité des nutriments (digestion enzymatique, production de gaz *in vitro*) et les fractions d'azote (azote total, azote soluble, azote insoluble dans le détergent neutre, azote insoluble dans les détergents organique *in vitro*) [54].

3.1.1. Analyses de la qualité fourragère en utilisant des animaux

Pour combler les besoins nutritionnels quotidiens des ruminants, il est important qu'on leur fournisse la quantité et la qualité optimales d'aliments. De nombreuses méthodes de terrain sont disponibles pour évaluer la qualité du fourrage. Ces méthodes cherchent à définir la capacité du fourrage à favoriser la productivité des ruminants et sont utilisées principalement pour déterminer la valeur énergétique nutritive [54]. Le gain de poids vif, une mesure gravimétrique

simple, est utilisée pour développer et standardiser l'alimentation système. La mesure LWG se concentre sur la différence entre le démarrage et le poids final et peut montrer une variation significative d'un animal à l'autre, ainsi que d'un pâturage à un autre [54].

Une autre méthode utilisée pour évaluer la qualité du fourrage est le score de l'état corporel. Une mesure subjective de la quantité d'énergie métabolisable stockée dans un animal vivant [54]. Largement utilisé dans le bœuf et les bovins laitiers, cette méthode est basée sur l'évaluation de chaque animal en fonction de nombreuses échelles [54].

Les animaux sont également utilisés dans des expériences *in vivo*. Le choix du régime alimentaire est utilisé pour mesurer les éléments nutritifs digests et l'équilibre chez les animaux au pâturage, ainsi que les caractéristiques nutritionnelles et botaniques du fourrage pâturé [54]. La digestion d'un nutriment donné peut être mesurée en calculant différence (en kg) entre les nutriments consommés et les nutriments excrétés. Une autre méthode utilisée pour évaluer la digestibilité du fourrage en se fondant sur le mélange de marqueurs intestinaux indigestes dans les aliments pour animaux, les marqueurs sont récupérés dans les fèces [54].

Parmi les méthodes précises pour déterminer le régime, la sélection consiste à prélever des échantillons des fistules œsophagiennes ou ruminales (canules) des animaux. Des procédures similaires sont utilisées pour évaluer l'apport en indice de qualité du fourrage qui peut également être affecté par les caractéristiques des animaux.

Des études *in situ* sont menées afin d'identifier quels composants diététiques sont absents. Un exemple est la méthode connue sous le nom de «Technique du sac de nylon mobile» [54]. Il s'agit d'utiliser des échantillons d'aliments de sacs poreux, qui sont introduits au début du tractus gastro-intestinal et enlevés à l'extrémité distale.

Plusieurs méthodes ont été développées pour évaluer l'équilibre de l'animal lors de l'alimentation d'un fourrage et la balance azotée. La détermination du bilan énergétique repose sur la quantification de l'apport énergétique total (énergie brute) et toutes les sources de perte d'énergie telles que l'énergie fécale, l'énergie urinaire, l'énergie thermique et l'énergie gazeuse [54].

L'énergie des gaz peut être déterminée en mesurant l'émission de méthane que les ruminants produisent. L'établissement d'un bon équilibre azoté est basé sur la capture d'autant d'azote que possible dans le tissu ou les produits d'un animal. Afin d'évaluer le bilan azoté, il

est nécessaire de déterminer toutes les sources de perte d'azote (par exemple, fécale, urinaire, ammoniac éructé) et de soustraire cette perte de l'apport d'azote dans les régimes [54].

L'un des indicateurs métaboliques de la concentration élevée en azote est la quantité d'urée dans le sang, le lait et l'urine d'un animal.

Toutes ces analyses utilisant des animaux fournissent des informations spécifiques pouvant servir à établir des indicateurs de la valeur nutritive et de connaître l'apport nutritif.

3.1.2. Analyse de la qualité fourragère en utilisant des méthodes physiques

Ces méthodes se basent sur l'énergie nécessaire pour broyer un fourrage, elles permettent d'évaluer la digestibilité d'un fourrage qui dépend de sa résistance au broyage autrement dit de sa lignification. CHENOST ET GRENET (1971) et CHENOST (1996), ont mesuré l'énergie nécessaire à un broyage du fourrage, et ont montré qu'elle varie en sens inverse de la digestibilité et de l'ingestibilité de ce fourrage [55]. L'énergie nécessaire au broyage, appelée indice de fibrosité peut donner une meilleure prévision sur la digestibilité que celle de la cellulose brute ou d'N.D.F. L'inconvénient de cette méthode est le non reproductibilité due à la nécessité de plusieurs répétitions à cause des différents modes d'introduction de l'aliment et qui donnent beaucoup de variations [55].

3.2. La spectroscopie proche infrarouge outil d'identification des caractéristiques nutritives des plantes

3.2.1 Historique et origine de la spectroscopie

Historiquement, la découverte de la région proche infrarouge est attribuée à Sir WILLIAM HERSCHEL (astronome, 1738-1822) en 1800. Il a démontré qu'en déplaçant un thermomètre à alcool sur le spectre solaire, du violet vers le rouge, la température augmente et présente un maximum au-delà du rouge où l'œil ne discerne aucun éclaircissement. Herschel a donc montré que le spectre électromagnétique s'étendait au-delà du rouge vers les grandes longueurs d'ondes. De nombreuses expériences sur le proche infrarouge ont été conduites dans les années 1920, mais ce n'est qu'au milieu des années 1960 que la spectrophotométrie en proche infrarouge a été couramment utilisée. KARL NORRIS de l'United States Department of Agriculture (USDA) a identifié le potentiel de cette méthode analytique et a introduit son utilisation dans les pratiques industrielles. Il a notamment étudié l'influence de la température sur la mesure du taux de protéines et de l'humidité présente dans le blé par la SPIR [56].

En 1976, SHENK et son équipe sont parvenus à estimer par SPIR la qualité et la digestibilité des fourrages destinés à l'alimentation des ruminants [57].

Dans les années 1980, la spectroscopie NIR a commencé à se concentrer plus sur l'analyse chimique et au cours des 20 dernières années. Il est devenu un outil puissant pour les scientifiques, la recherche dans l'agriculture et l'industrie alimentaire et en pétrochimie et pharmaceutiques [57].

En Europe, la technique SPIR a été utilisée pour la première fois par Biston et ses collaborateurs en 1989, qui se sont concentrée sur le colza pour la détermination de l'humidité, des protéines et de l'huile. Cette étude a montré que la technique pouvait être adaptée pour une variété d'objectifs d'amélioration des plantes, tels que l'amélioration de la qualité du colza, ainsi que dans l'huile en industrie [54].

Au cours de la dernière décennie, la technique SPIR est devenue largement utilisée comme méthode analytique dans de nombreux domaines.

3.2.2 Principe

La spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) est une technique analytique basée sur le principe d'absorption des rayonnements (infrarouges) par la matière organique. On appelle « infrarouge » le rayonnement correspondant aux longueurs d'onde directement supérieures à celles du spectre de la lumière visible. Conventionnellement les limites du proche infrarouge se situent entre 800 et 2500 nm (fig. 3.1.). Cette absorption étant liée à la composition chimique des échantillons, on peut estimer cette dernière par la simple mesure de l'absorption de lumière par l'échantillon [58].

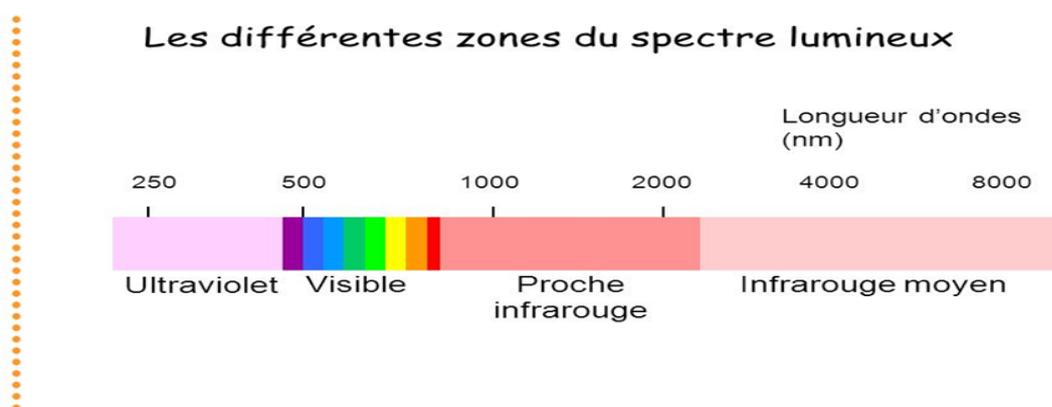


Figure 3.1 : les différentes zones du spectre lumineux

Cette mesure se fait avec un spectromètre soit en « transmission » (on mesure la lumière traversant un échantillon fin), soit en « réflexion » (on mesure la lumière réfléchie par un échantillon épais) [58].

La SPIR nécessite cependant une phase d'étalonnage (ou « calibration ») basée sur des mesures de référence obtenues au laboratoire (composition chimique, valeur alimentaire, etc.) et l'établissement des modèles mathématiques qui permettront de relier le spectre infrarouge au résultat de ces mesures [58].

La quantité d'énergie lumineuse (photons) absorbée, suit la loi de Beer-Lambert où l'absorbance est proportionnelle à la concentration du constituant [59].

L'absorption des rayonnements par les échantillons dépend de la composition de la matière organique [58].

La SPIR s'intéresse à ces molécules organiques, constituées d'atomes de Carbone, d'Oxygène, d'Hydrogène, d'Azote, ..., reliés entre eux par des liaisons chimiques covalentes.

Elle ne dose pas directement un constituant (eau, protéines, matières grasses, glucides, fibres...), mais quantifie le nombre de liaisons chimiques spécifiques du constituant (O-H pour l'eau, N-H pour les protéines, C-H pour les matières grasses, ...) (Fig. 3.2) [59].

Dans la pratique, ces constituants se retrouvent ensemble et le spectre d'un échantillon est la somme de toutes les absorptions élémentaires [59].

Au laboratoire d'alimentation animale du CIRAD, elle est utilisée pour estimer la composition chimique d'échantillons d'aliments, de fourrages, de produits (viande), de fèces (études de digestibilité) [59].

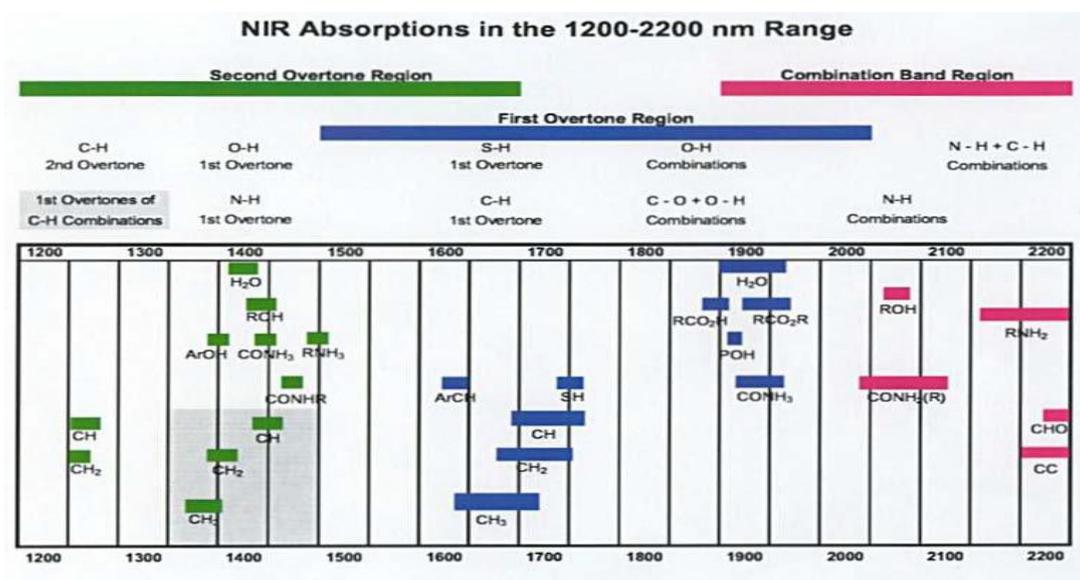


Figure 3.2 : Spectre d'absorption du SPIR

Cette technique a de nombreux avantages [58] :

- **Elle est rapide** : quelques minutes suffisent pour recueillir le spectre d'absorption d'un échantillon, qui servira à la prédiction de sa composition (à comparer avec la très longue durée d'une analyse de composition chimique, plusieurs jours)
- **Elle est non destructive** : l'échantillon est récupéré intact après analyse. Cette propriété est particulièrement importante pour des échantillons très peu abondants ou que l'on doit conserver pour des autres analyses.
- **Elle ne nécessite pas une grande quantité d'échantillon** : classiquement 4 à 5 grammes suffisent. Dans certaines conditions on peut même réaliser des spectres sur des quantités extrêmement faibles : moins d'un gramme d'échantillon voire une graine unique (ce qui est utile dans des études de génétique des plantes). La principale limite à la réduction des quantités est l'obtention d'un échantillon représentatif du produit à analyser (aliment, fourrage, etc.).
- **Elle est peu onéreuse et non polluante** : hormis l'investissement initial dans l'appareil et la constitution des « calibrations » pour chaque produit, le coût de passage des échantillons est très faible. Il faut simplement prévoir quelques analyses de référence au laboratoire pour vérifier que la calibration reste correcte au cours du temps et bien adaptée aux nouveaux échantillons. On pratique généralement environ 10% de telles analyses de contrôle.
- **Analyses au laboratoire, on line, sur le terrain** et possibilité de mise en réseaux des instruments [59].

Cependant il faut savoir [58] :

- Que la SPIR ne peut généralement pas être utilisée pour estimer les substances minérales, puisqu'elle est basée sur l'absorption du rayonnement par les molécules organiques.
- Que dans la plupart des cas les substances présentes à l'état de traces dans les échantillons ne peuvent pas être prédites par la technique car le signal spectral leur correspondant est trop faible.

Pour faire l'analyse, l'échantillon va être éclairé à différentes fréquences (ou longueurs d'onde) (fig. 3.3.). L'absorption de la lumière à chacune de ces longueurs d'onde constitue le « spectre » de l'échantillon. Ce spectre peut être constitué de plusieurs centaines de longueurs d'onde pour chacune desquelles on a mesuré l'absorption de la lumière [58].

Le spectre est caractéristique d'un échantillon car il regroupe des informations (quantité et caractéristiques) de chacun de ses constituants organiques (protéines, matières grasses, fibres, etc.) [58].

Cette richesse d'information constitue l'avantage et la difficulté de l'analyse SPIR : beaucoup d'informations sont présentes dans un spectre, mais elles sont complètement emmêlées. Pour surmonter cette difficulté il faut faire appel à des méthodes statistiques complexes, qui vont permettre de relier les spectres et les analyses chimiques : c'est la phase de « calibration » [58].

Chaque équation de calibration est spécifique d'un paramètre chimique pour une matière première donnée : ce travail doit donc être répété pour chaque nouvelle matière première [58].

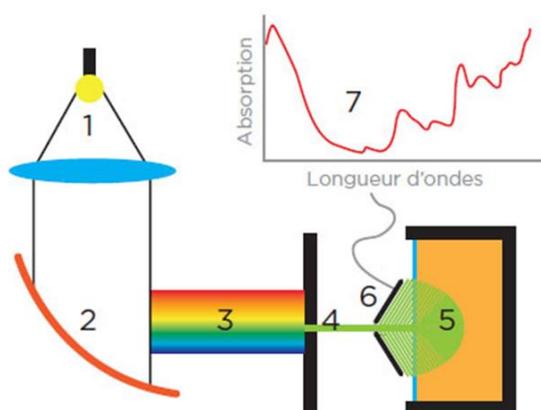


Figure3.3. : Illustration du fonctionnement d'un appareil NIR adaptée de van Kempen, (1996) [58]

Une lumière (1) est envoyée sur un miroir concave (2), qui la sépare selon ses différentes longueurs d'ondes (3).

Une longueur d'onde est sélectionnée (4) et traverse l'échantillon (5).

La quantité de lumière réfléchiée par l'ingrédient sera mesurée afin d'obtenir l'absorption correspondante à une longueur d'onde (6).

En bougeant l'orientation du miroir (2), différentes longueurs d'ondes seront sélectionnées afin de déterminer l'absorption de l'ingrédient pour chacune des longueurs d'ondes d'intérêt.

Un graphique (7), traduisant les longueurs d'ondes de l'ingrédient testé est ensuite produit, c'est ce qu'on appelle le spectre.

3.2.3. Déchiffrage d'une calibration

Une calibration est une régression linéaire entre les caractéristiques des échantillons (teneurs en constituants chimiques, etc.) et l'information « infrarouge » (valeurs de l'absorbance de la lumière à différentes longueurs d'onde) (fig. 3.4.). L'interprétation des résultats utilise donc les critères statistiques « classiques » pour évaluer la qualité d'une équation de régression linéaire [58].

La connaissance des critères principaux de caractérisation des modèles permet de juger rapidement de la qualité des calibrations présentées. L'exemple ci-dessous (calibration de paramètres de composition d'un fourrage) permet de voir le type de tableau synthétique utilisé pour décrire une calibration. Trois groupes d'informations complémentaires sont présentés (Fig. 3.5.) :

- La caractérisation de la population sur laquelle le modèle a été établie.
- La qualité de la régression,
- la validation, c'est-à-dire l'évaluation de la précision que l'on aura lors de l'utilisation pratique de la calibration [58].

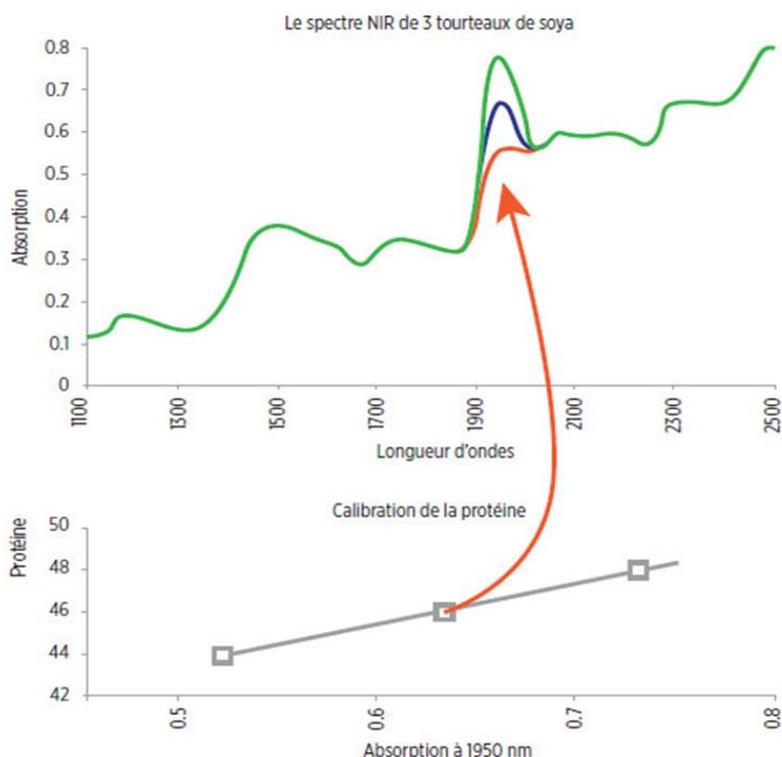


Figure 3.4. : Exemple fictif pour illustrer le principe de calibration adaptée de van Kempen, 1996 [58]

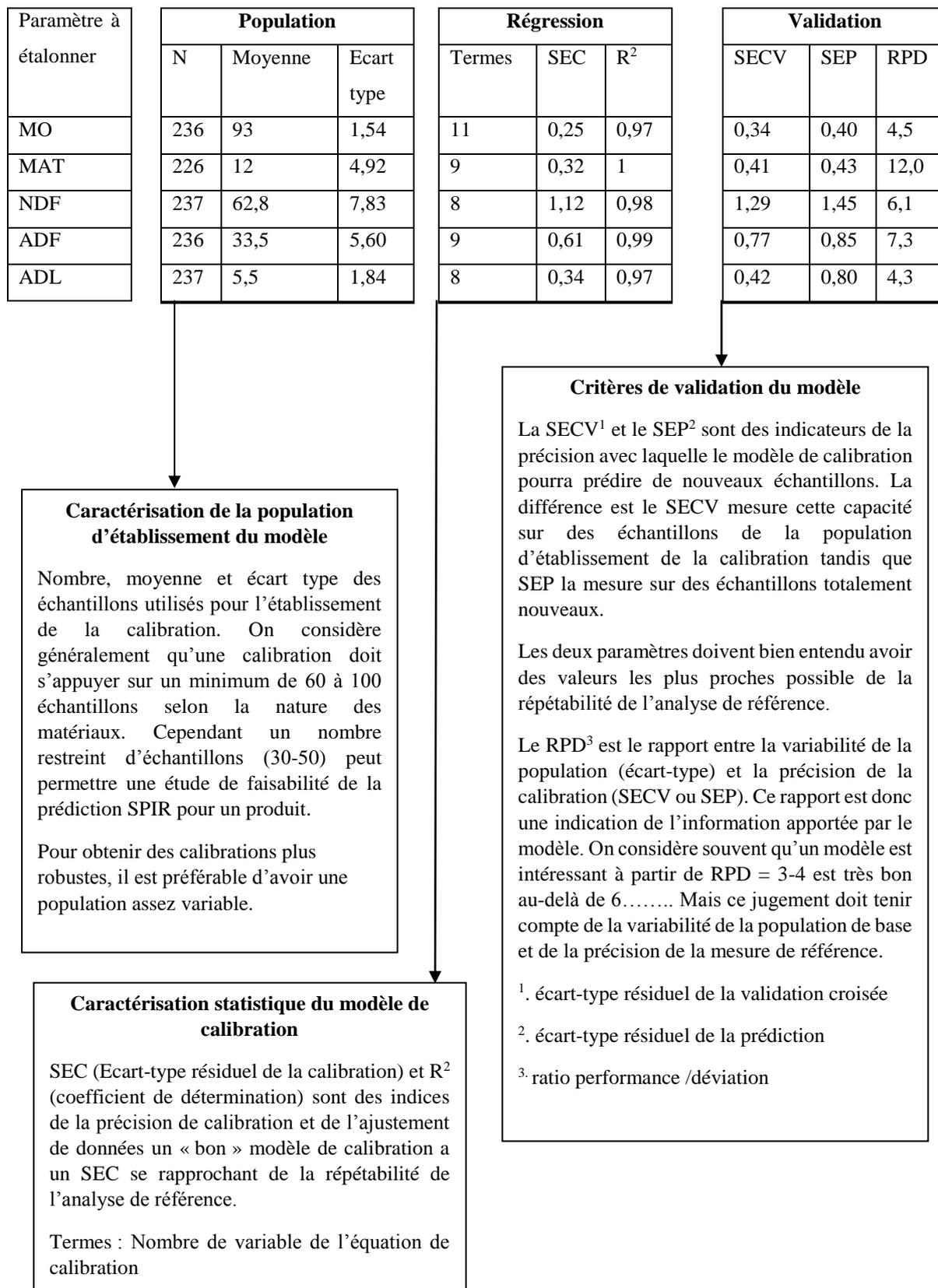


Figure 35. : Illustration des principaux critères de caractérisation du modèle de calibration. [58]

L'utilisation de modèle d'étalonnage SPIR a considérablement augmenté le nombre d'échantillons à analyser. Après l'obtention des spectres prétraités, l'équation d'étalonnage des constituants établie sur un nombre réduit d'échantillons est utilisée pour prédire les valeurs des autres échantillons. Toutefois, la qualité de prédiction des équations est évaluée pour apprécier le niveau de précision. Les paramètres d'évaluation de la qualité de l'équation de prédiction dans le cadre de certaines études antérieures sont présentés dans le Tableau 3.1. Selon Mbow *et al.*, (2013), l'étalonnage est satisfaisant quand R^2 est supérieur à 0,8 et approximatif quand R^2 est compris entre 0,5 et 0,7 [60].

Tableau 3.1 : Paramètres de qualité de l'équation de prédiction [60]

Auteurs	Paramètres	Azote (N)	NDF	ADF	ADL	Matière organique
Meuret <i>et al.</i> , (1993)	SEC	0,13	1,37	1,83	1,1	0,59
	R2	0,98	0,99	0,97	0,96	0,96
	SECV	0,15	2,11	2,5	1,66	0,66
Maillard <i>et al.</i> , (2005)	SEC	0,56	-	-	5,20	-
	R2	0,92			0,74	
	SECV	0,20			2,92	
Landeau <i>et al.</i> , (2006)	SEC	2,9	7,6	7,2	-	37
	R2	0,96	0,86	0,95		0,35
	SECV	5	8,9	10,7		39

SEC, R^2 : Erreur standard et R^2 d'étalonnage
SECV : Erreur standard de validation croisée

Les valeurs R^2 de l' N montrent que les équations d'étalonnage sont de qualité satisfaisant de même que celles de NDF et ADF. Cependant celles d'ADL, l'un des R^2 est satisfaisant l'autre approximatif. La matière organique (MO) a aussi une valeur de R^2 satisfaisante et l'autre est de mauvaise qualité [60].

Plusieurs travaux rapportés dans la littérature scientifique ont montré l'apport du SPIR dans la détermination de la qualité des régimes alimentaires des animaux et de matières premières incorporées dans l'aliment de bétail [60].

Elle constitue une alternative aux techniques d'analyse chimique pour sa contribution à prédire la qualité des fourrages à partir d'échantillon de fèces d'animaux et la consommation en matière sèche des moutons, de la composition botanique des régimes alimentaires de chèvre ainsi que la dégradabilité ruminale de la matière sèche [60].

MEURET *et al.*, (1993) ont utilisé la SPIR pour estimer la valeur nutritive des fourrages d'arbres et de lianes à différents stades de développement dans une zone méditerranéenne. [60]

Elle a été utilisée pour déterminer la valeur nutritive de feuilles d'arbustes à différents stades phénologiques en zone tropicale pour estimer la période idéale de leur récolte [60].

Elle est utilisée dans la détermination des régimes alimentaires des animaux sauvage par le suivi de l'azote et de la lignine contenu dans les fèces [46 60].

Le domaine d'utilisation de la SPIR n'est pas limité à la détermination de la qualité d'aliment de bétail, elle fait l'objet d'usage pour la discrimination de plantes. LECONTE *et al.* (1999) ont discriminé des variétés de ray-grass à l'aide de la SPIR sur leurs traits morphologiques [60].

3.2.4. Exemples d'applications

3.2.4.1. La valeur alimentaire des fourrages tropicaux

Se basant sur les milliers d'échantillons des collections du Cirad-emvt, il a été possible d'établir des calibrations pour les paramètres analytiques et la valeur alimentaire de nombreux fourrages tropicaux. Ainsi la mise au point de calibrations nouvelles peut s'appuyer sur une information déjà abondante [58].

La taille de la base de données permet aussi l'utilisation de « calibrations locales » : pour un échantillon donné. Il est possible de sélectionner des échantillons spectralement similaires dans la base, afin d'établir une prédiction réellement adaptée [58].

3.2.4.2. Les études de digestibilité

En alimentation animale, la digestibilité des fourrages et d'aliments constituent une information extrêmement importante. La SPIR permet dans certains cas une estimation de certains paramètres de digestibilité à partir des fèces des animaux [58].

Certaines études concernent l'alimentation des ruminants domestiques ou sauvages sur parcours. L'allègement du travail analytique apporté par la SPIR permet des protocoles d'étude plus complets, avec notamment un suivi de nombreux animaux dans l'espace et au cours du temps, alors que les méthodes d'analyse classiques n'auraient pas permis l'analyse des centaines (parfois milliers) d'échantillons impliqués dans ces études [58].

Dans un autre domaine, la SPIR a permis, de mesurer la digestibilité des aliments sur des centaines de volailles et de mettre en évidence la variabilité individuelle et l'héritabilité de ce paramètre [58].

3.2.4.3. La variabilité de la qualité des sous-produits de récolte

Des études de composition et de valeur alimentaire de sous-produits de récolte tel que le sorgho, ont été entreprises afin d'identifier la variabilité génétique de ces paramètres. En effet, à production de grains équivalente, la quantité et la qualité des tiges et des feuilles de sorgho peuvent varier considérablement d'où l'intérêt de prendre en compte ces facteurs dans la sélection des variétés. Mais ces études nécessitent un nombre très important de mesures, et l'utilisation de la SPIR permet donc une amplification des protocoles mis en place [58].

3.3. Avantages et inconvénients des analyses au laboratoire

Au cours de la dernière décennie, de nombreux chercheurs ont noté les avantages et les inconvénients des analyses de laboratoire, d'animaux et de spectrométrie (Tableau 3.2). Quand les méthodes spectroscopiques sont utilisées pour déterminer la composition chimique de l'aliment, il est encore nécessaire d'utiliser des méthodes analytiques de laboratoire et d'animal comme méthodes de référence. Les travaux réalisés par SHENK, WESTERHAUS, BARTON, MARTEN, MARTIN, MURRAY, DARDENNE et plusieurs autres chercheurs conduisent à l'utilisation large de la technique SPIR dans l'agriculture et l'industrie alimentaire, et les scientifiques l'acceptent comme technique analytique valide. La précision des méthodes spectrométrie doivent être évaluées par rapport aux résultats issus des analyses de laboratoire et la performance de l'alimentation animale [54].

Tableau 3.2 : Avantages et inconvénients des analyses de laboratoire [54]

Avantages et inconvénients	Analyse au laboratoire	Analyse sur animaux	Analyse par spectrométrie NIR
Avantages	plus grande objectivité et précision des résultats (O'Neill, 2006) ; plus visible grâce à la simplification et normalisation (Olteanu et al. 2005) ;	petite taille de l'échantillon nécessaire, permet des analyses fécales (Williams, 2000) ;	rapide, propre, facile, non polluant, non invasif, non destructif, nécessite préparation minimale d'échantillons et pas de produits chimiques, (Vazquez de Aldana, 1996 ; Manley et al. 2008) ;
	moins cher et ne nécessite pas d'animal fistulé comme inoculum donneur, (Getachew et al. 1998) ;	permet la mesure de la cinétique de fermentation (Williams, 2000) ; pas besoin de dispositifs sophistiqués (Johnson, 1966) ;	permet plusieurs analyses effectuées dans une opération, utilise la sélection de longueurs d'onde et traitements mathématiques pour l'étalonnage d'équation (Rotar et Carlier, 2011) ;
Inconvénients	laborieux, long, généralement cher et destructeur (Tilley et Terry, 1963 ; Jones et Hayward, 1975) ; résultats limités, univariés (Getachew et al. 1998), ne fournira pas des informations sur la cinétique de la digestion du fourrage (Getachew et al. 1998) ; influence des méthodes de traitement sur l'évaluation de la valeur nutritive (Krishnamoorthy et al. 1995) ; Polluant pour l'environnement (Engelsen et al. 2001) ;	cher, nécessite beaucoup de temps techniquement difficile (Corchan et al. 2007) ; un grand nombre d'animaux nécessaires pour un bon score d'état (Bastin, 2013) ; production de gaz nocifs pour la santé (Williams, 2000) ; augmente la quantité de manipulation requise, ajouter à l'animal le stress (van der Baan, 2008) ;	nécessite un personnel bien formé pour développer un nouvel étalonnage modèle, sensible au signal, besoin de maintenir kit d'étalonnage (Rotar et Carlier, 2011) ; coût élevé de l'appareil, la taille des particules peut influencer les spectres (Rotar et Carlier, 2011).

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 4

MATERIEL ET METHODES

L'objectif de l'étude est de déterminer la valeur nutritive des arbres et arbustes fourragers dans le semi-aride de la région de Djelfa. Des échantillons de ces substrats végétaux sont prélevés dans différents sites, afin de déterminer leurs caractéristiques nutritionnelles distinctives et d'évaluer leurs valeurs nutritives.

Ce travail, hormis son intérêt scientifique et zootechnique, peut aider les autorités concernées sur le choix des espèces d'arbres et d'arbustes potentiellement fourragers et la restauration des pacages dans des zones menacées de désertification.

4.1. Les zones de récolte

Les échantillons ont été récoltés dans quatre localités de la Wilaya de Djelfa : Mesrane, Mégismate, Djellal el Chergui et Ouled si Ahmed. Figure 4.1

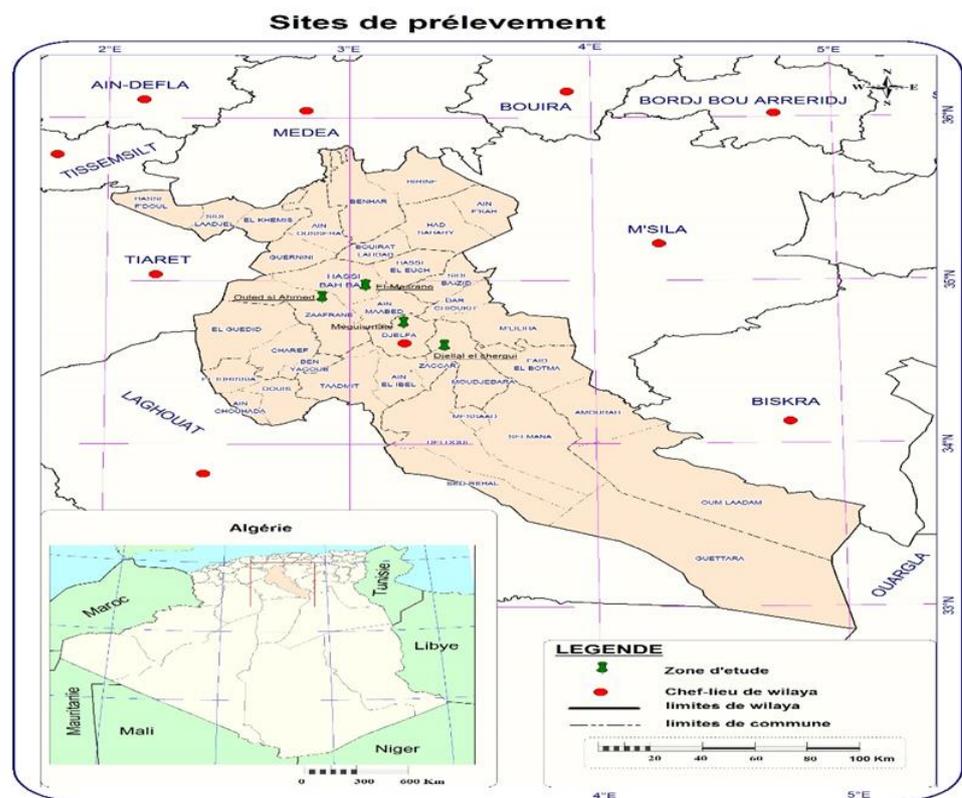


Figure 4.1 : Les sites de prélèvements d'échantillons d'arbres et d'arbustes fourragers

4.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de 06 échantillons d'arbres et 15 échantillons d'arbustes fourragers. Ils sont récoltés pendant quatre saisons de Janvier 2012 à Juillet 2013, à raison de deux prospections par saison. Tableau 4.2

Le total d'échantillons d'arbres et d'arbustes récoltés est de 102 échantillons.

L'échantillonnage est réparti par zone comme suit (certaines espèces se répètent dans différentes localités) :

- Neuf espèces d'arbustes et cinq espèces d'arbres fourragers proviennent d'El mesrane
- Deux espèces d'arbres et quatre espèces d'arbustes fourragers proviennent de Mégismate
- Une espèce d'arbres et deux espèces d'arbustes fourragers proviennent de Djellal Chergui
- Quatre espèces d'arbustes fourragers proviennent de Ouled si ahmed

Le tableau suivant présente la famille, le nom scientifique et le nom vernaculaire des espèces d'arbres et d'arbustes fourragers

Tableau 4.1 : Les espèces d'arbres et d'arbustes fourragers

Famille	Saisons				Nom scientifique	Nom vernaculaire
	A	H	P	E		
ARBRES						
Mimosacées	×	×	×		<i>Acacia nilotica</i>	Senet- Talhaia
Mimosacées	×	×		×	<i>Acacia saligna</i>	Senet- Talhaia
Mimosacées	×		×	×	<i>Acacia farnesiana</i>	Senet- Talhaia
Fabacées	×	×	×	×	<i>Gleditsia triacanthos</i>	Kharoub el kadeb
Anacardiées	×		×	×	<i>Pistacia atlantica</i>	Betoum
Fagacées	×	×	×	×	<i>Quercus ilex</i>	Beloute
ARBUSTES						
Fabacées	×	×	×	×	<i>Medicago arboréa</i>	El fasachojaira
Tamaricacées	×	×	×	×	<i>Tamarix africana</i>	Tarfa
Tamaricacées	×	×	×	×	<i>Tamarix articulata</i>	Ethle
Tamaricacées	×	×		×	<i>Tamarix galica</i>	Tarfa
Fabacées	×	×	×	×	<i>Retama retam</i>	Rtem
Cupressacées	×	×	×	×	<i>Juniperus oxycedrus</i>	Taga
Cupressacées	×	×	×	×	<i>Juniperus phoenica</i>	Rarrar
Chénopodiacées	×	×	×	×	<i>Atriplex halimus</i>	Guetaf
Chénopodiacées	×	×	×	×	<i>Atriplex canescens</i>	Guetaf américain
Chénopodiacées	×		×		<i>Atriplex nummularia</i>	Guetafaustalien
Solanacées	×	×	×		<i>Lycium arabicum</i>	Sekom
Rhamnacées	×		×	×	<i>Ziziphus lotus</i>	Sedra
Anacardiées	×	×	×	×	<i>Pistacia lentiscus</i>	El darw
Oléacées	×	×	×	×	<i>Phyliria angustifolia</i>	El guetam
Eléagnacées	×	×	×	×	<i>Eleagnus angustifolia</i>	Chalef

A : automne, H : hiver, P : printemps, E : été

D'autres espèces d'arbres et d'arbustes fourragers ont été prélevées au printemps 2016. Le prélèvement a été effectué dans la wilaya de Djelfa, dans le cordon dunaire à El Mesrane. Il s'agit d'arbres fourragers *Pistacia atlantica* Desf., d'*Acacia farnesiana* (L.) Willd et d'arbustes d'*Atriplex canescens* et *Medicago arborea*.

4.3. Méthodes

4.3.1. Récolte des échantillons d'arbres et d'arbustes fourragers

Les échantillons ont été prélevés dans les quatre localités de la région d'étude. La récolte consiste à couper la partie consommable (partie broutée par les animaux) sur chaque pied d'arbres ou touffe d'arbustes. Les parties prélevées concernent la fraction aérienne (Rameaux tendres et feuilles) de chacune de ces espèces, à raison d'une douzaine de poignées coupées à l'aide d'un sécateur.

Les échantillons récoltés sont rassemblés par espèce pour former un échantillon global. Chacun des 102 échantillons ainsi constitués a été séché à l'air libre dans une pièce à température ambiante, par contre les échantillons du printemps 2016 ont été séchés dans une étuve à une température de 50 °c.

4.3.2. Conditionnement et conservation des échantillons après récolte

A partir de l'échantillon global broyé (1 mm), on prélève finalement 1 000 g constituant l'échantillon destiné aux analyses mis dans un sac en papier hermétiquement fermé et identifié à l'aide d'étiquette portant le nom de l'espèce, date et lieu de récolte.

4.4. Analyses

4.4.1. Analyses chimiques

La composition chimique est réalisée par la méthode chimique ou par prédiction au SPIR.

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées sont celles de l'AOAC [61]. Elles concernent la détermination de la matière sèche, des matières azotées totales, celles des matières minérales et la cellulose brutes. Les analyses sont réalisées en trois répétitions. La teneur en matière organique est déduite par soustraction de la matière minérale (MO= 100 – MM). Les analyses chimiques sont réalisées au niveau du laboratoire d'analyses fourragères du département de Biotechnologie, de la faculté SNV, de l'Université de Blida -1-

La dégradabilité *in vitro* (méthode pepsine cellulase) ainsi que la composition chimique des échantillons d'arbres et d'arbustes fourragers ont été prédites par le SPIR au laboratoire

d'alimentation animale de l'unité mixte de recherche SELMET au CIRAD à Montpellier (France)

4.4.2. Analyse et mesure des spectres d'échantillons par le (SPIR)

L'acquisition des spectres a été réalisée sur spectromètre proche infrarouge (SPIR) Figure 4.2.



Figure 4.2: Le spectrophotomètre proche infrarouge [60]

Les échantillons en double ont été placés dans des coupelles préalablement bien nettoyées présentant 2 faces, l'une en quartz et l'autre face bouchée par une fermeture en carton recyclable bien identifié et adapté permettant de bien le compresser Fig. 4.3.



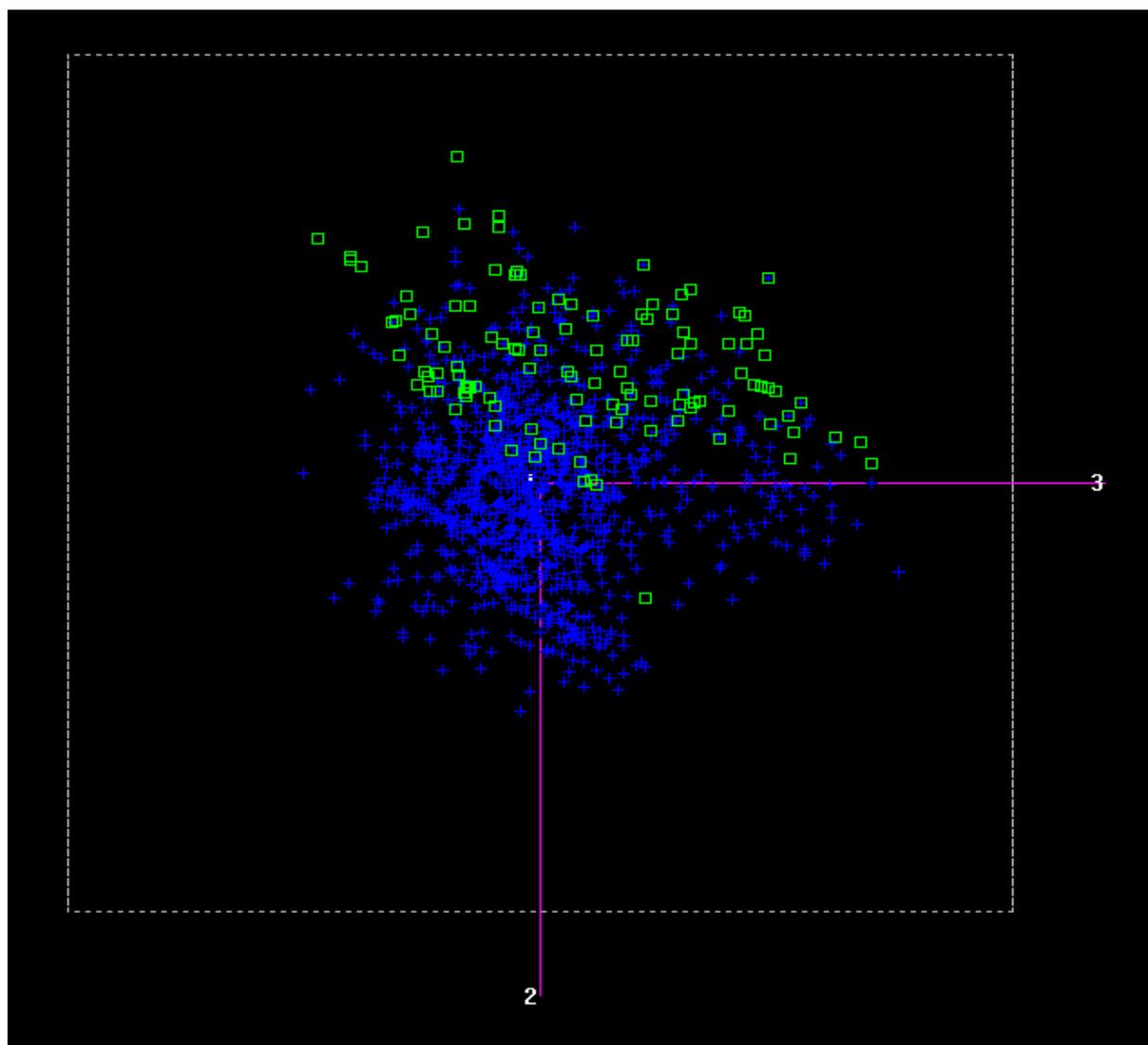
a : Coupelle en quartz vide b : Coupelle fermeture en carton c : Coupelles préparées

Figure 4.3 : Coupelles du SPIR

L'ensemble des coupelles est inséré sur le chariot du spectrophotomètre, la lecture se fait à travers la cellule en quartz.

Le traitement des données par Analyse en composantes principales (ACP) a permis de projeter les spectres dans la base existante et de calculer les distances de Mahalanobis (GH) et celle du plus proche voisin (NH). Voir Fig 4.4

Quelques résultats des échantillons après passage au SPIR jugés aberrants sont refaits sur la base d'analyse chimique en prenant la moyenne des 4 résultats du spectre.



(+) La base des données existantes dans le SPIR du CIRAD

(□) Projection des spectres des échantillons d'arbres et d'arbustes fourragers

Figure 4.4 : Projection ACP des échantillons d'analyse

Ces paramètres ont servi de base de sélection des échantillons sur lesquels les analyses chimiques ont été conduites. Les 117 échantillons qui ont eu des distances au-dessus de ces valeurs ont fait l'objet d'analyses chimiques pour enrichir la base de données et les valeurs ont servi également à l'étalonnage.

4.4.3 Analyses chimiques complémentaires

Les travaux d'analyses chimiques complémentaires ont été réalisés au Laboratoire de Nutrition Animale du CIRAD. Ils sont réalisés afin de calibrer les bases de données existantes CIRAD-INRA aux échantillons de garrigue méditerranéenne.

Les méthodes utilisées ont été celles du recueil de méthodes du CIRAD basées sur les méthodes AFNOR (CIRAD UMR SELMET, 2014). [62]

Les analyses concernées sont :

- Cendres totales (Matières minérales (MM)) : destruction de la matière organique par incinération ;
- Matière azotée totale (MAT) : méthode de Kjeldahl ($N \times 6,25$) ;
- Cellulose brute (CB) : méthode de Weende par Fibresac ;
- Constituants pariétaux : méthodes de VAN SOEST (AFNOR, 2008) : NDF (neutral detergent fiber), ADF (acid detergent fiber) (AFNOR, 2006), ADL (acid detergent lignin). [62]

La digestibilité des matières sèche et organique a été estimée par une méthode enzymatique (pepsine-cellulase) permettant de prévoir *in vitro* la digestibilité des aliments (Aufrère et Graviou, 1996). [62]

4.5 Prédiction de la composition chimique et détermination de la digestibilité

Pour la prédiction de la composition chimique, la base de données utilisée comprend des séries d'échantillons présentes au CIRAD concernant des parcours méditerranéens et tropicaux (notamment : Algérie, Mauritanie, Tunisie, Niger, France...). Les spectres sont étalonnés pour déterminer la composition chimique et la digestibilité pepsine cellulase, les résultats sont exprimés en % MS.

La distance de Mahalanobis (GH) entre nos échantillons et la base d'étalonnage était en moyenne de 1,62 (avec des extrêmes de 0,62 à 4,38). Si l'on considère qu'un échantillon est

atypique lorsqu'il a une distance GH >3, dans la mesure, 4 échantillons sont spectralement éloignés de la base des données du SPIR.

L'étalonnage est satisfaisant quand R^2 est supérieur à 0,8 et approximatif quand R^2 est compris entre 0,5 et 0,7.

Les performances des étalonnages sont satisfaisantes sur les R^2 pour tous les constituants obtenus. Les erreurs standard de prédiction (SECV, validation croisée) sont assez importantes pour certains paramètres les fibres NDF qui est de 4,14 et la digestibilité *in vitro* enregistre des valeurs de 4,62 et 5,44 respectivement pour SMS et SMO. Les résultats de la performance des étalonnages figurent au Tableau 4.2.

Tableau 4.2 : Les équations d'étalonnage

Constituants	N ¹	Moy ²	E.T ²	SEC ³	R ² (3)	SECV ⁴	RPD ⁵
MM	204	14,07	8,00	1,90	0,94	2,49	<u>3,21</u>
MAT	216	10,05	4,64	0,71	0,98	1,03	<u>4,5</u>
CBW	219	29,38	10,76	2,04	0,96	2,40	<u>4,5</u>
NDF	220	51,03	14,86	3,41	0,95	4,14	<u>3,6</u>
ADF	215	33,69	10,91	2,20	0,96	2,87	<u>3,8</u>
ADL	209	9,79	4,61	1,33	0,92	1,85	2,5
SMS	137	58,12	15,09	4,07	0,93	4,62	<u>3,3</u>
SMO	139	54,74	15,10	5,02	0,89	5,44	2,8

1N, Nombre d'échantillons

2Moy, E.T. : Moyenne et écart type de la population d'étalonnage

3SEC, R² : Erreur standard et R² d'étalonnage

4SECV : Erreur standard de validation croisée

5 RDP : Rapport entre la variabilité de la population (E.T) et la précision de la calibration (SECV)

Le rapport (E.T/SECV= RPD) est donc une indication de l'information apportée par le modèle. On considère souvent qu'un modèle est intéressant à partir de RPD = 3-4 est très bon au-delà de 6.

Plus ce rapport est élevé et meilleur est le modèle. Un rapport compris entre 2,5 et 3,0 permet de distinguer des groupes (bas, moyen, haut) ; un rapport supérieur à 3 autorise une utilisation analytique du modèle.

Le rapport RPD obtenu dans le tableau 4.2 indique que le modèle est intéressant, vu que le RPD est supérieur à 3 pour tous les paramètres sauf pour la lignine (ADL) et la digestibilité de la matière organique.

4.6. Calcul

4.6.1 Calcul des valeurs énergétiques et azotées

Les équations utilisées pour prédire les valeurs fourragères des feuilles des espèces arbustives à partir de leur composition chimique sont celles de MORRISSON [63], JARRIGE [64] et ANDRIEU et WEISS [65].

$$\text{dMO} = 91.7 - 1.48\text{CBo} \text{ (\%)} \text{ avec CBo en \%}$$

$$\text{UFL} = 0.840 + 0.001330 \text{ MATo} - 0.000832 \text{ CBo}$$

$$\text{UFV} = 0.762 + 0.001443 \text{ MATo} - 0.000946 \text{ CBo}$$

dMO : digestibilité de la matière organique, UFL : unité fourragère lait, UFV : unité fourragère viande, CBo : cellulose brut en % de MS, MATo : matière azotées totale en % de MS

L'estimation de la valeur azotée est réalisée selon les travaux de Jarrige [66] et de Guerrin et al. [67].

$$\text{DT} = 0.73 \text{ et } \text{dr} = 0.75 \text{ pour les fourrages verts}$$

$$\text{PDIA} = 1.11 \times \text{MAT} \times (1 - \text{DT}) \times \text{dr} ;$$

$$\text{PDIMN} = \text{MAT} \times [1 - 1.11 (1 - \text{DT})] \times \text{dr} ;$$

$$\text{PDIME} = 0.093 \text{ MOF avec MOF} = \text{MOD} - [\text{MAT} (1 - \text{DT})] \text{ avec MAT en g/kg de MS} ;$$

$$\text{PDIN} = \text{PDIA} + \text{PDIMN}$$

$$\text{PDIE} = \text{PDIA} + \text{PDIME}$$

MG : matière grasse en g/kg de MS, MOD : matière organique digestible en g/kg de MS, MOF : matière organique fermentescible du fourrage en g/kg de MS, DT : digestibilité théorique, dr : digestibilité réelle, PDIA : protéines digestible dans l'intestin d'origine alimentaire (en g/kg de MS), PDIN : protéines disponible dans l'intestin permise par l'azote disponible (en g/kg de MS), PDIE : protéines digestible dans l'intestin permise par l'énergie disponible (en g/kg de MS), PDIMN : protéines digestible dans l'intestin d'origine microbienne, permise par l'azote

dégradable (en g/kg de MS), PDIME : protéines digestible dans l'intestin d'origine microbienne, permise par l'énergie fermentescible (en g/kg de MS).

4.6.2. Calcul statistiques

Les analyses de données ont porté sur l'analyse de variance (ANOVA) qui consiste à faire l'analyse descriptive et la comparaison des variances traitées par le test de Turkey par le logiciel statistique le XL STAT 2014. Le traitement des données des résultats obtenus concernent ceux de la composition chimique, la digestibilité de la matière sèche et la matière organique ainsi que les valeurs énergétiques et azotées.

CHAPITRE 5

RESULTATS ET DISCUSSION

5.1 Les résultats de prédiction des échantillons d'espèces d'arbres fourragers par le SPIR

5.1.1 Prédiction de la composition chimique des feuilles et rameaux tendres des espèces d'arbres fourragers

La distance de Mahalanobis (GH) entre nos échantillons et la base de d'étalonnage était en moyenne de 1,67 (de 0,62 à 4,38). Si l'on considère qu'un échantillon est atypique lorsqu'il a une distance $GH > 3$, il y avait 3 échantillons de *Pistacia atlantica* spectralement éloignés de la base des données du SPIR. Dans des cas pareils, des analyses chimiques sont entreprises, dont les données sont enregistrées dans la base des données pour mieux ajuster puis prédire les valeurs données.

Les arbres étudiés présentent des teneurs en MS élevées. La plus élevée est celle de l'*Acacia fernasiana* avec une valeur de 94,15% par contre l'*Acacia saligna* présente le taux de MS le plus faible avec une valeur de 91,20%. La contenance en matière minérale analysée statistiquement montre trois groupes distincts. Ceux à teneur élevée représenté par le *Gleditsia triacanthos*, qui renferme un taux de 14,54 % MS. Néanmoins cette dernière est faible par rapport aux halophytes de la région comme les *Atriplex*.

Le second groupe à moyenne teneur en MM, où les espèces le représentant sont les plus nombreuses. Il est composé des trois espèces d'*Acacia*, du *Pinus halepensis* ainsi que le *Quercus ilex*. Les valeurs oscillent entre 8,42 et 10,68 % MS (tableau 3).

Le troisième groupe est celui des plus faibles teneurs en MM, celle du *Pistacia atlantica* dont la teneur est (4,29 % MS).

Rappelons que la teneur en MO est inversement proportionnelle à celle de la MM. La teneur en matière organique constituent 3 groupes. Le plus riche et l'unique dans son groupe est *Pistacia atlantica*, soit 95,7% MS. Le second groupe et le plus représenté est constitué les trois espèces d'*Acacia*, du *Pinus halepensis* et du *Quercus ilex*, avec des valeurs qui varient

entre 89,31 et 91, 57% MS. Le troisième groupe est représenté par une seule espèce le *Gleditsia triacanthos* 85,45% MS.

BOUFENNARA et al [78] trouve que les teneurs en matière organique de l'*Acacia nilotica* et de l'*Acacia saligna* sont de 92, 0% et 89, 9% de MS respectivement

La teneur en MAT est indicatrice de la qualité d'un fourrage. Le test statistique a montré 4 groupes distincts ou imbriqués. Parmi les sept espèces d'arbres fourragers étudiées, le genre *Acacia* est représenté dans le groupe des plus riches auquel s'ajoute le *Gleditsia triacanthos* ces valeurs ont pour extrêmes 19, 19 % MS et 12,79%. Si l'écart est important des valeurs du même groupe cela est dû à l'importance des écarts types dans la cause est la saison. Le groupe « b » regroupe *A. saligna*, *A. nilotica*, le *Gleditsia triacanthos* auquel s'ajoute le *Pistacia atlantica*. Cette observation permet par élimination d'indiquer que l'*A. farnesiana* est l'arbre le plus riche en MAT en trônant un seul groupe celui de « a ». Le groupe « c » regroupe le *Quercus ilex* et l'*Acacia nilotica* Le groupe « d » est celui du *Quercus ilex* 8,60% et du *Pinus halepensis* 5,13 %. Ce dernier est l'arbre le plus pauvre en MAT.

Les arbres fourragers appartenant à la famille des mimosacées contenant les trois espèces d'*Acacia* enregistrent des teneurs en cellulose brute de 24,03% MS, 15,50% MS et 14,93 % MS respectivement pour l'*A. farnesiana*, l'*A. saligna* et l'*A. nilotica*. La teneur en cellulose brute est départagée en quatre groupes distincts ou imbriqués. Le groupe des plus riches en CB est composé de l'*Acacia farnesiana* du *Pinus halepensis* et du *Quercus ilex* des valeurs qui varient entre 24,03% et de 27,53% MS. Les deux dernières espèces citées, sont les plus riches en cellulose brute, puisqu'elles appartiennent à un seul groupe celui de « a ». Alors que le *Gleditsia triacanthos* et l'*Acacia farnesiana* appartient aux groupes « b » dont les teneurs en cellulose varient entre 24,03% et 17,67% MS, le *Pistacia atlantica* 8,67% MS sont les moins pourvus en cellulose brute. Le groupe « c » est composé de l'*Acacia saligna*, *Acacia nilotica* et le *Gleditsia triacanthos* dont les valeurs oscillent entre 14,93 et 17,67% MS.

Ce paramètre indique les fibres totales des aliments et une prédiction de la quantité de la MS ingérée, lorsque les fibres NDF augmentent, la consommation volontaire de la MS diminue.

Les teneurs en fibres neutres sont constitués de trois groupes distincts. *Quercus ilex* se positionne comme le plus pourvu avec de 54,53 %MS, alors que le *Pistacia atlantica* est le plus dépourvu du lot d'arbres étudié soit 22,95%MS.

Les trois espèces d'*Acacia*, le *Pinus halepensis* ainsi que le *Févier de robinéa* possèdent des valeurs en NDF moyennes, qui varie entre 37,73% et 44,58% MS.

Concernant les fibres ADF, elles sont généralement reliées à la digestibilité et à la valeur énergétique du fourrage.

Les fibres au détergent acide (ADF) constituent trois groupes distincts ou imbriqués. Le premier groupe, ceux classés comme les plus pourvu en ADF sont *Quercus ilex* 34,16% ; *Pinus halepensis* (32,73%) et l'*Acacia nilotica* 26,79%. Alors que second groupe est composé des trois espèces d'*Acacia* auxquelles s'ajoutent le *Gleditsia triacanthos* et le *Pinus halepensis* avec des valeurs qui varient entre 25,19% et 26,79%. Le groupe « c » est composée d'un seul arbre, soit le *Pistacia atlantica* avec 11,74%.

Quant à la teneur en ADL, se compose uniquement deux groupes. Celui de « a » formé pratiquement de tous les arbres fourragers, leurs valeurs varient entre les extrêmes 12, 11 et 16,99, hormis le *Pistacia atlantica* qui enregistre la plus faible valeur soit 4,18. On observe que les feuilles et tiges de l'arbre sont les moins fibreux

MEBIROUK -BOUDECHICHE et al [75] , rapportent que les teneurs en MM, MAT, NDF, ADF et ADL de l'*Acacia dealabata* dans le région de Taraf sont de 4,23% , 13,91% , 41,78 % , 25,16% et 16,89% respectivement. Les valeurs de MM d '*Acacia dealabata* sont nettement inférieurs à nos résultats pour les trois espèces d'*Acacia* par contre les valeurs de MAT sont supérieures à celle d'*Acacia farnesiana* et *Acacia siligna* mais similaire pour *Acacia nilotica*.

Les teneurs en fibres neutres (NDF) d'*Acacia dealabata* sont légèrement supérieures aux teneurs obtenus pour *Acacia nilotica* et *Acacia siligna*.

Les teneurs en ligno-cellulose (ADF) des trois espèces d'*Acacia* sont identiques aux résultats trouvés par MEBIROUK-BOUDECHICHE et al [75] avec l'espèce *Acacia dealabata*.

Tandis que la teneur en lignine (ADL) trouvée pour l'*Acacia dealabata* est similaire à la valeur enregistrée pour *Acacia nilotica* mais supérieure aux teneurs obtenus pour les deux autres espèces d'*Acacia*

Les feuilles et rameaux d'*Acacia farnesiana* possède une teneur en matières azotées totales de 17,24% de MS. Cette valeur est proche à celle annonçait par Kadi et al [74]. pour l'*Acacia saligna*, qui est de 15,7%. Ces auteurs annoncent un intervalle de variation entre 5,95 et 25,2% pour les différentes espèces d'*Acacia*.

SELMI et al [41] trouvent des teneurs en MAT de 17,5% et MM de 8,2 % pour *l'Acacia cyanophylla* dans le Nord de la Tunisie. La teneur en MM des trois espèces étudiées est comparable à celle trouvée par Selmi et al, [75].

EL EUCH [31] trouve pour l'espèce *Acacia saligna* en Egypte des teneurs en MAT de 12,5 % cette valeur est inférieure à la nôtre par contre les teneurs en composés pariétaux NDF (58%), ADF (39,4%) et ADL (14,3%) sont nettement supérieures aux nôtres pour la même espèce.

PAPANASTASIS et al [79] présentent des teneurs en MAT (20,6%) pour le *Gleditsia triacanthos* supérieures à celle enregistrées dans notre étude pour la même espèce.

EMILE et al [80] obtiennent une teneur en MM de 6,3 % nettement inférieure à notre résultat avec la même espèce, par contre pour les MAT nous avons obtenus une valeur de 15,99% inférieurs à 20,6 % de MAT pour le *Gleditsia triacanthos*. Les mêmes auteurs trouvent pour les composés pariétaux 49,1 % NDF, 28,9 ADF% et 13,7 ADL%, ces valeurs sont similaires aux nôtres avec la même espèce.

L'Acacia farnesiana du site Bikita au Zimbabwe présente des valeurs en MM 8,6 % et 18,4% de MAT ; ces valeurs sont proches aux nôtres pour la même espèce. [81]

Aganga et al, [82] présentent des valeurs en MAT de 16,52% pour l'espèce *l'Acacia nilotica* supérieure à la nôtre avec la même espèce qui est de 12,79%. Les mêmes auteurs trouvent des valeurs nettement supérieures à nos résultats pour NDF 55,04% et 31,64% pour ADF avec la même espèce.

Les valeurs de composition chimique de *Quercus ilex* rapportées par KADI et al [74] sont supérieures à nos résultats avec la même espèce pour les MO et CB aux différents stades de prélèvements. Par contre pour les MM et les composés pariétaux (NDF, ADF et ADL), ils sont inférieurs aux nôtres. Alors que les teneurs en MAT sont comparables aux stades végétatifs et stade fruit.

Tandis que le *Quercus coccifera* prélevé à Taref présente des valeurs en MM de 7,42%, MAT 9,45%, CB 26% et NDF 53,41%, ces valeurs sont comparable à nos résultats avec l'espèce *Quercus ilex*.

BOUBAKER et al [76] trouvent pour *Quercus uber* et *Quercus coccifera* de 9,5%, 8,1 pour les MAT et 54,1%, 54,6 % MS pour ADF respectivement. Le *Quercus ilex* présente une teneur comprise dans l'intervalle de variation de ces espèces.

PAPANASTASIS et al [79] trouvent pour *Quercus suber* des teneurs en MAT (7%), NDF (55,1%) et ADL (36%) respectivement. On note que l'espèce étudiée de *Quercus ilex* possède une teneur en MAT et NDF similaire par contre il présente une teneur faible en ADL.

MEBIROUK-BOUDECHICHE et al [75] enregistrent chez *Pistacia lentiscus* des teneurs en MAT de 8,01% alors que l'espèce *Pistacia atlantica* enregistre une teneur nettement supérieure qui est 12,24% de MS.

Tableau 5.1 : Prédiction de la composition chimiques des feuilles et rameaux tendres d'arbres fourrager

	MS(%)	(%MS)							
		MM	MO	MAT	CBW	NDF	ADF	ADL	GH
<i>Acacia fernasiana</i>	94,15 a	10,62 b	89,37 b	19,19 A	24,03 ab	42,30 b	26,10 b	12,94 b	2,19
<i>Acacia saligna</i>	91,20 c	10,68 b	89,31 b	16,15 ab	15,50 cd	37,73 b	25,19 b	14,42 a	1,12
<i>Acacia nilotica</i>	92,86 b	10,35 b	89,64 b	12,79 abc	14,93 cd	38,97 b	26,79 ab	16,99 a	1,84
<i>Pinus halepensis</i>	93,75 a	10,39 b	89,60 b	5,13 d	27,53 a	44,58 b	32,73 ab	14,20 a	1,56
<i>Gleditsia triacanthos</i>	92,14 cb	14,54 a	85,45 c	15,99 ab	17,67 bc	41,28 b	26,68 b	12,11 a	1,68
<i>Quercus ilex</i>	92,99 b	8,42 b	91,57 b	8,60 cd	26,32 a	54,53 a	34,16 a	13,47 a	0,97
<i>Pistacia atlantica</i>	92,13 cb	4,29 c	95,70 a	12,24 bc.	8,67 D	22,95 c	11,74 c	4,18 b	3,78

MS : matière sèche ; MM : matières minérales ; MO : matière organique ; MAT : matières azotées totales ; CB : cellulose brute. NDF : neutral detergent fibre, ADF : acid detergent fibre, ADL : acid detergent lignin Sur une même colonne, GH : La distance de Mahalanobis, les valeurs portant une lettre identique sont comparables au seuil de 5%.

BOUBEKEUR et al [78], trouvent chez l'espèce *Pistacia atlantica* récoltée dans la région de Mesrane des teneurs en MM de 3,62%, 10,13% de CB et 10,81% de MAT. On note que la même espèce de notre essai a enregistré des teneurs en MM similaires alors que les teneurs en CB et MAT sont légèrement inférieures.

5.1.2. Prédiction de la dégradabilité invitro de la matière sèche et de la matière organique des feuilles et rameaux tendres des espèces d'arbres fourragers

La digestibilité de la MS est répartie sur deux groupes distincts. Le premier groupe est celui à digestibilité élevée, formé par les trois espèces d'*Acacia*, du *Pistacia atlantica* et du *Gleditsia triacanthos* dont les valeurs sont comprises entre 66,48 et 71,23%. Le second groupe représente les arbres à faible digestibilité de la MS. Ce sont le *Pinus halpensis* et le *Quercus ilex*, avec des valeurs qui varient entre 12,35 et 45,68.

La digestibilité de la MO est répartie en deux groupes. Ceux à digestibilité de la MO faible représenté par *Pinus halpensis* et le *Quercus ilex* dont les valeurs respectives 50,25 et 42,01%. Le groupe à forte digestibilité de la MO représenté par les trois espèces du genre *Acacia*, par le *Gleditsia triacanthos* et par le *Pistacia atlantica* qui a des valeurs qui varient entre 65,97% et 70,22%. La digestibilité de la MO est proportionnelle à celle de la MS.

Tandis que les valeurs de la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique les plus faibles sont enregistrées pour le *Quercus ilex* avec divMS (42,35 %) et divMO (42,01%), cela confirme la teneur la plus élevée en fibres ADF obtenus avec la même espèce (34,16%).

BOUBEKEUR et al [78] présentent une digestibilité de la matière organique de *Pistacia atlantica* de 76,15%, on note qu'il y a une différence 9 points par rapport à la valeur trouvée dans notre étude.

MEBIROUK-BOUDECHICHE et al [75] trouvent des valeurs de digestibilité de la matière organique du *Pistacia lentiscus* de 64,91%, cette valeur est légèrement inférieure à celle trouvée dans notre essai avec la même espèce de 3,51 points.

Tableau 5.2 : Digestibilité de la matière sèche et de la matière organique des échantillons d'arbres fourragers

	div.MS (%MS)	div.MO (%MS)
<i>Acacia fernasiana</i>	66,61 a	70,22 a
<i>Acacia saligna</i>	68,48 a	66,99 a
<i>Acacia nilotica</i>	63,29 a	65,97 a
<i>Pinus halepensis</i>	45,68 b	50,25 b
<i>Gleditsia triacanthos</i>	64,18 a	66,12 a
<i>Quercus ilex</i>	42,35 b	42,01 b
<i>Pistacia atlantica</i>	71,23 a	67,62 a

div.MS : Dégradabilité *in vitro* de la matière sèche, div.MO : Dégradabilité *in vitro* de la matière organique, Sur une même colonne, les valeurs portant une lettre identique sont comparables au seuil de 5%.

5.1.3 Prédiction des valeurs énergétiques et azotées des feuilles et rameaux tendres d'arbres fourragers

La teneur énergétique des feuilles et rameaux d'arbres fourragers soit en UFL ou en UFV a départagé les arbres en groupes distincts ou imbriqués. *Le Pistacia atlantica* et *l'Acacia saligna* présentent les valeurs les plus élevées en UFL et UFV avec des valeurs de (0,93 UF/kg de MS L, 0,86 UFV/kg de MS) et (0,93 UFL/kg de MS et 0,85 UFV/kg de MS) respectivement.

Les valeurs les plus faibles d'UFL et UFV sont enregistrées par l'espèce *Quercus ilex* avec des valeurs de 0,71 UFL/kg de MS et 0,61 UFV/kg de MS.

On observe que toutes les espèces d'arbres fourragers présentent une bonne valeur énergétique

MEBIROUK- BOUDECHICHE et al [75] rapportent que la valeur fourragère de *Pistacia lentiscus* est de 0,67 UFL et 0,58 UFV/kg de MS. Les deux valeurs énergétiques de *Pistacia lentiscus* sont nettement inférieures à celle de *Pistacia atlantica* observée dans cet essai.

AUDRU et al [21] rapportent que la valeur énergétique d'*Acacia nilotica* récolté à Djibouti en automne est de 0,80 UFL /kg de MS, elle est inférieur à celle obtenue par *l'Acacia nilotica* dans notre essai.

SELMI et al [41] ont obtenu des valeurs énergétiques de 0,94 UFL / kg de MS pour *l'Acacia cyanophylla*, cette valeur est proche au résultat obtenu pour *l'acacia saligna* dans cette étude.

La valeur énergétique de *l'Acacia horrida* et *Quercus coccifera* sont de 0,50 UFL/Kg de MS, 0,42 UFV/Kg de MS et 0,69 UFL/Kg de MS, 0,60 UFV/Kg de MS respectivement. [75]

Les valeurs de *l'Acacia horrida* sont nettement inférieures aux valeurs trouvées par les trois espèces d'acacia de notre essai. Par contre les valeurs de *Quercus coccifera* sont similaires aux valeurs obtenues avec *Quercus ilex* dans notre étude.

BOUBEKEUR et al [78] trouvent des valeurs énergétiques de *Pistacia atlantica* de 0,90 UFL/kg de MS, 0,82 UFV/kg de MS et *l'Acacia farnasiana* de 0,83 UFL/kg de MS, 0,74 UFV/kg de MS. On note que ces deux valeurs sont proches à ceux trouvées dans notre étude avec le *Pistacia*, par contre pour les valeurs de *l'Acacia farnasiana* elles sont nettement inférieures à nos résultats avec la même espèce.

Les protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote (PDIN) sont réparties en trois classes. Les arbres fourragers les plus riches en protéines digestibles dans l'intestin sont *Acacia farnasiana*, *Acacia saligna*, *Acacia nilotica*, *Gleditsia triacanthos* et le *Pistacia atlantica*, avec des valeurs qui varient entre (143,94 g et 85,87 g de PDIN). La seconde classe composée du *Pinus halepensis*, *Acacia saligna*, *Acacia nilotica*, le *Pistacia atlantica* et le *Gleditsia triacanthos* dont les valeurs varient entre (84,6 et 120,20 g de PDIN). La classe la moins riche en PDIN est composée du *Quercus ilex*, le *Pistacia atlantica*, *Acacia nilotica* et le *Pinus halpensis* dont les valeurs oscillent entre (66,12 et 91,82 g PDIN). Quant à leur teneur en protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie (PDIE) est comparables chez les sept arbres fourragers étudiés les valeurs varient entre les extrêmes 95,73g et 111,40g de PDIE.

Les trois espèces d'Acacia, le *Gleditsia triacanthos* et le *Pistacia atlantica* sont tous des arbres potentiels à intérêt fourrager. Ainsi *l'acacia farnasiana* trône comme l'arbre le plus intéressant par ses classes distinctives en aucun cas imbriqué, pour les différents paramètres étudiés.

Tableau 5.3 : Prédiction des valeurs énergétiques et azotées des feuilles et rameaux tendres des espèces d'arbres étudiés

	UFL	UFV	PDIN	PDIE
<i>Acacia farnasiana</i>	0,90 a	0,81 a	143,94 a	111,10 a
<i>Acacia saligna</i>	0,93 a	0,85 a	120,20 ab	106,03 a
<i>Acacia nilotica</i>	0,87 ab	0,78 ab	85,87 abc	97,22 a
<i>Pinus halepensis</i>	0,78 bc	0,68 bc	84,60 bc	95,73 a
<i>Gleditsia triacanthos</i>	0,91 a	0,83 a	119,94 ab	111,40 a
<i>Quercus ilex</i>	0,71 c	0,61 c	66,12 c	102,70 a
<i>Pistacia atlantica</i>	0,93 a	0,86 a	91,82 abc	104,87 a

UFL= unité fourragères lait ; UFV = unités fourragères viande, PDIE : protéines digestibles dans l'intestin permis par l'énergie ; PDIN : protéines digestibles dans l'intestin permis par l'azote ; Sur une même colonne, les valeurs portant une lettre identique sont comparables au seuil de 5%.

SELMI et al [41] trouvent pour l'*Acacia cyanophylla* 127g de PDIN et 82 gr de PDIE.

La valeur protéique d'*Acacia farnasiana* est supérieure à celle d'*Acacia cyanophylla* par contre cette dernière est supérieure à celles d'*Acacia saligna* et l'*Acacia nilotica*. Alors que les PDIE de l'*Acacia cyanophylla* sont inférieurs à nos résultats pour les trois espèces d'*Acacia*.

L'*Acacia farnasiana* et *Pistacia atlantica* enregistrent des valeurs de protéines digestibles dans l'intestin de (129,28 g de PDIN, 75,67 g de PDIE) et (81,08 g de PDIN, 89,84 g de PDIE) respectivement [78]. Les valeurs protéiques digestibles dans l'intestin obtenues de l'*Acacia farnasiana* de notre étude sont supérieures de 14,66 points pour PDIN et 35,43 points pour PDIE. On note aussi que l'espèce de *Pistacia atlantica* présente des valeurs de protéines digestibles dans l'intestin supérieures de 10,74 points pour les PDIN et de 15,03 points pour les PDIE. Insistant sur le fait que les PDIN sont limitantes et ceci telle qu'elle soit la supériorité des PDIN.

5.2. Les résultats de prédiction des échantillons d'espèces d'arbustes fourragers par le SPIR

5.2.1. Prédiction de la composition chimique des feuilles et rameaux tendres des espèces d'arbustes fourragers

La distance de Mahalanobis (GH) entre nos échantillons et la base de d'étalonnage était en moyenne de 1,61 (de 0,86 à 2,3). Tous les échantillons présentés dans le tableau 3 ont obtenus des valeurs de (GH) inférieurs à 3 cela indique que tous les échantillons d'arbustes fourragers sont proches de la base des données existantes dans le SPIR (Tableau 5.4).

La composition chimique des plantes fourragères étudiées est présentée dans le tableau 5.4, exprimée en pourcentage de la matière sèche. Toutes les espèces d'arbustes fourragers sont caractérisées par des teneurs élevées en matière sèche. Les taux de matières minérales obtenus révèlent que les espèces présentant des valeurs élevées sont les *Atriplex*, le *Lycium arabicum* et le *Tamarix articulata* avec des valeurs de (18 -20 %), 22,47% et 19,67 % respectivement. On peut considérer que le *Lycium arabicum* est l'espèce arbustive la plus riche en MM comparativement aux autres espèces étudiées. Par contre les deux espèces de Genévriers, *Phylaria angustifolia* et *Retama retam* enregistrent des taux faibles en MM avec des valeurs de (3,50-5,33%), 5,76 % -6,08 %.

Les teneurs élevées en Matières azotées obtenues sont en faveur des trois espèces d'*Atriplex* (18-19 %) et le *Medicago arborea* (19,11%) ; on observe que le *Lycium arabicum* est l'espèce la plus riche en MAT avec une valeur de 24,34%. Les valeurs les plus faible en MAT sont représentés par les deux espèces de Genévriers, le *Pistacia lentiscus* et le *Tamarix galica* avec des valeurs de (5-6%), 7,72% et 8,89 % respectivement.

Le pourcentage de cellulose brute le plus élevé est enregistré pour le *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea* et *Elagnus angustifolia* avec des valeurs de 30,25%, 24,20% et 23,73% respectivement, l'arbuste le moins riche en CB est le *Lycium arabicum* (9,82 %).

En ce qui concerne les fibres, représentés par les fibres aux détergents neutres (NDF), ligno-cellulose (acid detergent fiber) (ADF) et lignine (acid detergent lignin) (ADL), on constate que le NDF qui indique les fibres totales des aliments et une prédiction de la quantité de matière sèche ingéré. Les espèces arbustives les plus fibreuses sont les deux espèces de genévriers, *Elagnus angustifolia* et *Retama retam* avec des valeurs de (40% - 50 %), 43,88 % et 49,79 % respectivement. Alors que ADF reliés à la digestibilité et à la valeur énergétique du fourrage, on constate que le taux le plus élevés est de (32% - 40%) pour les

deux genévriers, 37,26 % pour *Retama retam*. L'*Atriplex canescens* (13,21%), présente une teneur faible en ADF.

Pour les ADL, on notera que les valeurs de lignine les plus élevées sont enregistrées pour le *Juniperus oxycedrus* (22,67%), *Juniperus phoenicea* (18,03 %), *Retama retam* (17,96%) et *Pistacia lentiscus* (16,72 %). Tandis que L'*Atriplex canescens*, *Elagnus angustifolia*, *Medicago arborea* et *Ziziphus lotus* contiennent des taux en ADL faibles de 5,93 %, 7,30%, 6,89 % et 8,15 % respectivement. L'arbuste le moins riche en fibres est le *Lycium arbicum* avec des taux de 27,38 % NDF, 12,88% ADF et 4,50 % d'ADL.

Il en ressort du tableau 5.4 que nous pouvons classer les arbustes fourragers comme suit :

- Un premier groupe caractérisé par une teneur élevée en MAT (de 15 à 25%) et une teneur faible en CB (10 à 20%) ; ce groupe est constitué par les trois espèces d'*Atriplex*, *Lycium arbicum*, *Medicago arborea* et *Ziziphus lotus* ;
- Un deuxième groupe caractérisé par une teneur moyenne en MAT (10 à 15%) et une teneur élevée en CB (20 à 25%) ; ce groupe est constitué de *Phylaria angustifolia*, *Retama retam*, *Tamarix articulata* et *Tamarix galica* ;
- Un troisième groupe représenté par les Genévriers (*Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*,) est caractérisé par une faible teneur en MAT (5 à 9 %) et une richesse en composées pariétaux.

L'*Atriplex halimus*, et l'*Atriplex nummularia* possèdent une teneur en MAT, NDF et ADL de (14,6% et 22,1%), (31,2% et 36,9%) et (13,1% et 13,7 %) respectivement. [79]

YAKOOB [79] a réalisé une évaluation "in vitro" de la dégradation des principaux fourrages des zones arides dans la région de Biskra, parmi les espèces étudiées l'*Atriplex halimus* qui est composée de 22,24% de MM, 13,14% de MAT, 44% de NDF, 28,73% ADF et 8,11 ADL. Nos résultats obtenus avec l'*Atriplex halimus* sont supérieurs pour le MAT (19,14%) et la lignine (10,26%) par contre pour les autres composants chimiques ; ils sont inférieurs avec MM (19,28 %), NDF (35,98 %) et ADF (18,93 %).

Tableau 5.4 : Prédiction de la composition chimique des feuilles et rameaux tendres des espèces d'arbustes fourragers

	MS(%)	(%MS)							
		MM	MO	MAT	CBW	NDF	ADF	ADL	GH
AN	93,26 c d e	18,40 def	81,59 abc	18,56 cdef	14,56 Abc	37,13 bcd	20,61 b	11,65 cdef	1,44
AC	93,35 c d e	20,05 f	79,94 a	19,62 Ef	11,33 ab	26,96 a	13,21 a	5,93 Ab	1,79
AH	93,51 c d e	19,28 ef	80,71 ab	19,14 Def	15,18 abc	35,98 bcd	18,93 ab	10,26 bcde	2,22
EA	94,13 De	8,85 ab	91,14 efg	15,40 bcde	23,73 efg	43,88 de	24,96 b	7,30 abcd	1,95
JP	93,76 De	7,12 a	92,87 fg	6,65 Ab	24,20 fg	40,42 cd	32,58 cd	18,03 gh	1,77
JO	93,90 De	3,50 a	94,66 g	5,33 A	29,09 gh	48,40 e	39,59 e	21,70 h	1,54
LA	93,07 Cd	22,47 f	77,52 a	24,34 F	9,82 a	27,39 ab	12,88 a	4,50 a	1,02
MA	91,94 Ab	12,77 bcd	87,22 cde	19,11 Def	20,30 cdef	33,15 abc	20,55 b	6,89 abc	1,87
PA	94,31 E	5,76 a	94,23 g	10,98 abc	23,03 defg	37,35 cd	26,52 bc	11,24 cde	2,30
PL	93,07 Cd	6,82 a	93,17 fg	7,72 ab	13,72 abc	39,34 cd	26,54 bc	16,72 fg	1,31
RR	93,92 De	6,08 a	93,91 g	14,26 bcde	30,60 h	49,79 e	37,26 de	17,96 gh	0,86
Tar	91,22 A	19,67 f	80,32 a	12,04 bcd	17,71 cde	35,76 bcd	22,30 b	12,05 def	1,38
TG	91,56 Ab	14,33 cde	85,66 bcd	9,89 ab	15,95 bc	33,68 abc	20,52 b	12,12 def	1,41
TA	91,62 Ab	14,27 cd	85,72 cd	10,92 Ab	17,44 cd	37,35 cd	22,04 b	12,25 ef	1,29
ZL	92,42 Bc	11,87 abc	88,12 def	17,52 bcdef	14,14 abc	34,10 abcd	19,38 ab	8,15 abcde	1,44

AN : *Atriplex nummularia*, AC : *Atriplex canescens*, AH : *Atriplex halimus*, EA : *Elagnus angustifolia*, JO : *Juniperus oxycedrus*, JP : *Juniperus phoenicea*, LA : *Lycium arabicum*, MA : *Medicago arborea*, PA : *Phillyrea angustifolia*, PL : *Pistacia lentiscus*, RR : *Retama retam*, TA : *Tamarix africana*, TAr : *Tamarix articulata*, TG : *Tamarix galica*, ZL : *Ziziphus lotus*, MS : matière sèche ; MM : matières minérales ; MO : matière organique ; MAT : matières azotées totales ; CB : cellulose brute .NDF : neutral detergent fibre, ADF : acid detergent fibre , ADL : acid detergent lignin Sur une même colonne, GH : La distance de Mahalanobis, les valeurs portant une lettre identique sont comparables au seuil de 5%.

OUADI [15] donne des résultats de la composition chimique de l'*Atriplex halimus* pour les MM (25,68%), MAT (2,86%), CB (20,17%), NDF (72,91%), ADF (5,2%) et ADL (17,19%) dans la région de Tébessa., ces résultats sont nettement supérieurs à nos résultats avec la même espèce pour les MM (19,24%), NDF (35,98%), ADL (10,26%) et CB (15,18 %) alors que pour les MAT (19,14%) et ADF (18,93%), ils sont nettement inférieurs.

BOUSSAID et al (2001) ont obtenu une teneur en MAT et CB des feuilles verte d'*Atriplex halimus* de 15,1% et 15,4% respectivement. L'*Atriplex halimus* de notre essai possède une valeur MAT de 19,14% et CB de 15,18%, on note que les MAT sont supérieurs de 4 points alors que le CB est similaire. [84]

KADI et al [74] rapportent que BOUFENARA (2012) trouve pour l'*Atriplex halimus* de la région de Bousaada et Djelfa possède des teneurs en MM de 19,55%, 15,35% de MAT, 36% NDF, 18,13% ADF et 5,99 % ADL. Ces résultats sont proches aux nôtres avec la même espèce pour les MM, NDF et ADF alors que pour les autres paramètres on notera que les teneurs en MAT et ADL sont supérieures de 4 points et de 5 points respectivement.

BOUFENARA et al (2012) présente pour l'*Atriplex halimus* dans la région de Bousaada des teneurs en MAT de 15,36 %, 36% de NDF, 18,1% ADF et 5,99% ADL [74]. Ces résultats sont inférieurs à nos teneurs trouvées avec la même espèce pour les MAT et ADL, pour les NDF et ADF les teneurs sont similaires.

L'*Atriplex halimus* du Sud -Est Algérien possède des teneurs nettement supérieures aux nôtres en MM de (21,5 %, 28,5 % et 28,8 %), en MAT de (13,1%, 14,8% et 9,4%), en NDF (49,9%, 46,4% et 48,9%), en ADF (27,7%, 24,3% et 33,7%) et ADL (10,8%, 10,2% et 10,5 %) respectivement pendant le mois de Mars, Mai et Juin [74]. Ces valeurs en MAT sont inférieures à notre résultat avec l'espèce d'*Atriplex halimus* de 5 points mais supérieur pour l'*Atriplex nummularia* de 4 points. Alors que pour la valeur en NDF pour l'*Atriplex halimus* est inférieure de 4 points par rapport à notre résultat, par contre l'*Atriplex nummularia* enregistre une valeur similaire à la nôtre. Pour les taux en ADL des deux espèces d'*Atriplex* ont des valeurs supérieures aux nôtres.

Des teneurs en MAT et CB pour l'*Atriplex halimus* sont de 6,06% et 13% respectivement, ces valeurs sont nettement inférieures aux nôtres [74].

SELMI et al [41] trouvent des teneurs en MAT et MM pour *l'Atriplex halimuset Medicago arborea* de 20,4 %, 16,2% et 25,7%, 8,6 % respectivement dans le Nord de la Tunisie.

L'arbuste *Medicago arborea* présente des valeurs en CB et MAT de 21,08 % et 17,50% respectivement [1]. La valeur en CB est proche à la nôtre par contre la valeur en MAT est inférieure de 2 points par rapport à celle trouvée lors de notre essai avec la même espèce.

PAPANASTASIS et al [79] trouvent pour *Medicago arborea* des teneurs en MAT (15,5%), NDF (43,3%) et ADL (9%) ; on note que l'espèce étudiée possède une teneur en MAT supérieure de 4 points, par contre les taux en NDF et l'ADL sont inférieures de 10 points et 3 points respectivement.

La teneur en MM de *Medicago arborea* et MAT de *l'Atriplex halimus* sont comparable à celles trouvées par Selmi et al, [41] par contre les teneurs en MM de *l'Atriplex halimus* et MAT de *Medicago arborea* sont inférieures de 6 points et de 3 points respectivement. Les valeurs de NDF et ADF de *l'Atriplex halimus* et de *Medicago arborea* sont de (40,5%, 23,3%) et (50,7%, 33,5%) respectivement, on remarque que ces valeurs sont nettement supérieures à nos résultats avec les mêmes espèces.

BOUAZZA et al [25] trouvent lors de l'évaluation de la valeur nutritive des arbustes fourragers du semi-aride et aride Algérien pour *l'Atriplex halimus* des teneurs en MAT, NDF, ADF et ADL de 15,66%, 25,3%, 11,3% et 4,74% respectivement.

Lors d'une étude faite sur la composition chimique des parcours sahariens du sud est Algérien CHEHMA et YUCEF [77] obtiennent pour *Retama retam*, *Tamarix articulata* et *Tamarix galica* des teneurs en MM de 4,57%, 18,52% et 25,21% respectivement. La teneur en MAT avec les mêmes espèces arbustives sont de 11,53%, 8,52% et 8,31% respectivement. Le taux en CB, NDF, ADF et ADL pour les mêmes espèces sont de 34,37%, 51,44%, 39,24% et 17,86% pour *Retama retam* ; 19,03%, 32,96%, 21,25% et 8,89% pour *Tamarix articulata* et 18,87 %, 34,43 %, 23,09% et 9,70% pour *Tamarix galica* respectivement. Nos résultats obtenus pour *Retama retam* sont supérieurs à ceux de CHEHMA et YUCEF [77] de 2 points pour MM et de 3 points pour MAT, par contre pour les taux en CB, NDF, ADF et ADL, on notera que les valeurs sont supérieures aux nôtres hormis pour la valeur en lignine qui est similaire.

Des teneurs en MM ont été trouvés de 2% et 26,77% pour CB pour *Retama retam* de la région de Biskra [86]. Ces deux valeurs sont nettement inférieures à nos résultats pour la même espèce.

L'arbuste *Retama retam* à Béchar et Tindouf enregistrent des valeurs 4,81 % de MM, 9,82% de MAT et 38,01 % de CB [74]. Ces valeurs sont inférieures aux nôtres pour le même arbuste pour le MM et MAT mais supérieures à nos résultats pour le CB.

La composition chimique de *Retama retam* de notre étude est de 6,08% de MM, 14,26% de MAT, 30,60% de CB, 49,79% de NDF, 37,26% ADF et 17,96% d'ADL. Nos résultats sont nettement supérieurs à ceux de BOUFENARA (2012) pour les minéraux et les protéines avec le même arbuste dans la région de Bousaada et Djelfa alors que pour les composés pariétaux, nos valeurs sont inférieures aux résultats du même auteur. [74].

Le *Retama retam* enregistre des teneurs en MM, MAT et CB de 5,16%, 9,62% et 27,26% respectivement [74]. Nos valeurs obtenues pour la même espèce sont supérieures.

L'arbuste *Tamarix africana* de la région de Biskra présente des valeurs de 16,99 % de MM, 10,99% de MAT, 45,07% de NDF, 27,10% ADF et 9,80% ADL. [40].

L'arbuste *Tamarix africana* du Sud-Est de Biskra enregistre des teneurs de 1,04 % en MM, 13,9 % de MAT, 44% de NDF, 26,9% ADF et 8,71% ADL. [74].

On note que nos résultats obtenus avec la même espèce présentent pour les teneurs en MAT, NDF et ADF des valeurs inférieures à ceux obtenus par Haddi et al, (2009) alors que celles de MM et ADL sont nettement supérieures à celle obtenu par les mêmes auteurs [74].

La composition chimique de *Tamarix gallica* dans la région de Béchar et Tindouf enregistre des teneurs en MM de 22,99%, 6,71% MAT et 21% de CB [74]. Ces résultats sont nettement supérieurs aux nôtres pour les taux en MM et CB par contre ils sont inférieurs de 3 points à nos résultats pour MAT.

La même espèce au Sud-Ouest Algérien enregistre des teneurs en MM de 29,33%, 5,9% de MAT et 20,48% de CB [74]. Les résultats obtenus pour la même espèce sont nettement inférieurs aux nôtres pour les taux en MM et CB par contre ils sont supérieurs à nos résultats pour MAT de 4 points

ROGOSIC et al [49] enregistrent des valeurs en MAT et en ADL pour l'espèce *Pistacia lentiscus* de 7,8% et 17,9%. Ces valeurs sont similaires à celle qu'on a trouvée pour la même

espèce. Par contre pour les teneurs en CB et autres composés pariétaux, les valeurs sont supérieures à nos résultats.

Une évaluation de la digestibilité de certains arbustes méditerranéens par des techniques *in vitro* a permis d'obtenir pour la composition chimique de *Phillyrea angustifolia* et *Pistacia lentiscus* des valeurs en MO de 95,3% et 94,6 %, des teneurs en MAT de 11% et 6% , des taux en NDF de 44,5 % et 43,3%, des teneurs en ADF de 35,4 % et 25,2 % ainsi que la lignine qui est de 26 % et 24 % respectivement [38].

SELMI et al [41] donnent des valeurs de la composition chimique de *Pistacia lentiscus* de 7,6% de MAT, 5,7% de MM, 94,3 % de MO, 10,4 % de CB, 40% d'NDF et 30,3% ADF.

Les résultats de matières azotées totales, de la matière minérale et de la matière organique sont similaires à nos résultats avec la même espèce étudiée avec des valeurs de 7,73%, 6,82% et 94,23% respectivement.

Par contre pour les composés pariétaux et la cellulose brute on notera que CB de l'espèce étudié est supérieur à celle trouvée par SELMI et al [41] de 3 points et inférieure pour ADF de 3 points, alors que la valeur obtenue pour NDF est similaire à la nôtre (39,34 %).

BOUBAKER et al [76] trouvent pour deux espèces arbustives du Nord-Ouest de la Tunisie des teneurs en MAT, en MM, en NDF et ADF de *Phillyrea angustifolia* de 4,1%, 7% 43,3% et 33,1 % de MS respectivement. Nos résultats de la composition chimique avec la même espèce indiquent que la teneur en MM est proche.

Alors que la teneur en MAT est supérieure de 3 points par contre les teneurs en NDF et ADF leurs sont inférieures.

Le *Pistacia lentiscus* présente des teneurs en MAT (5%), en MM (7,8%), en NDF (39,4 %) et en ADF (30,6%) [74].

En comparant nos résultats de la même espèce la teneur en MM est proche alors que la teneur en MAT et NDF sont identique par contre les teneurs en ADF sont inférieures de 4 points.

Le *Pistacia lentiscus* présentent des teneurs en MAT de 9,95% et 25,15% de CB. [5] Alors que cette même espèce étudiée présente des teneurs en MAT et CB de 7,8 % et 13,72 % respectivement.

Les valeurs obtenus de *Lycium arbicum* sont pour les MM (5,76%), MAT (10,98%), NDF (37,35%), ADF (26,25%) et ADL (11,24%) , ces résultats sont similaires pour MM mais supérieurs pour les MAT, par contre ils sont inférieurs pour les NDF, ADF et ADL à ceux obtenus par Mebirouk -Boudechiche et al, (2015). Ces derniers trouvent les MM (4,10%), MAT (7,76%), NDF (49,32%), ADF (33,13%) et ADL (20%) avec la même espèce dans la région de Taraf.

On note que nos résultats obtenus avec la même espèce présentent pour les MM, NDF et ADF des valeurs inférieures à ceux obtenus par Arab et al, [40]. alors que celle de MAT est similaire par contre pour notre valeur d'ADL est supérieure à celle obtenue dans leur essai.

ARBOUCHE et al (2012) présentent pour les deux espèces de genévrier prélevés par *Gazella cuvieriogilby* au niveau du djebel metlili ; une composition chimique de *Juniperus oxycedrus* et *Juniperus phoenicea* à différents stades phénologiques (Végétatif, Débourrement, floraison et fruit) respectivement des teneurs en MAT(4,1%,7,2%,11,5% et 9,5%), des teneurs en CB (29,7%, 30,6%,32% et 46,4%) et des taux en MO (97,7%,96,3%,96,7% et 98,1%) pour *Juniperus oxycedrus*. Par comparaison à nos résultats avec le même arbuste on notera que toutes ces valeurs sont supérieures aux nôtres.

Tandis que celle de *Juniperus phoenicea* la composition chimique est pour les MAT de (11,8%,11,6%,12,5% et 1,6%), en CB (27,1%,17,2%,18,9% et 31,6%) et une teneur en MO de (97,3%,95,8%,95,7% et 97,1%). Ces valeurs sont supérieures par rapport à nos résultats pour le CB au stade végétatif et fruit, mais inférieur au stade débourrement et floraison alors que pour la teneur en MAT on notera que sauf le stade fruit est inférieur au notre. Enfin la teneur en MO elle est supérieure à la nôtre.

Pour le *Zizyphus lotus* pulpe et amande dans les Aurès Algérien enregistrent des teneurs en MM de (3,2%, 3,12%), en MAT (1,18%, 14,22 %) et en CB (4,84%, 16,57%) respectivement [74]. Ces valeurs sont nettement inférieures à nos résultats avec la même espèce pour les MAT et les MM, pour les teneurs en CB, on note que *Zizyphus lotus* amande possède une valeur supérieure à la nôtre.

5.2.2. Dégradabilité *in-vitro* de la matière sèche et de la matière organique des arbustes fourragers

Le *Lycium arabicum* enregistre la valeur la plus élevée en divMS (87,43%) et (83,62%) pour le divMO suivie par *Atriplex canescens* avec des taux de 78,82% et 73,16 % respectivement. Le *Medicago arborea* et *Zizyphus lotus* présentent également des valeurs en divMS et divMO élevées de (73,70%, 71,77%) et (72,62%, 71,43%) respectivement.

Tandis que les valeurs de la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique les plus faibles sont enregistrées pour le *Juniperus oxycedrus* avec divMS (41,58 %) et divMO (47,19%) suivi par le *Juniperus phoenicea* avec divMS (48,57%) et divMO (54,68%).

Retama retam possède aussi des valeurs de divMS et divMO faibles avec des taux de (53,66%) et (54,78%) respectivement, cela confirme la teneur la plus élevée en fibres ADF obtenue pour les deux espèces de genévrier et *Retama retam*.

La digestibilité *in vitro* de la matière sèche de *Retama retam*, *Tamarix articulata* et *Tamarix galica* de (50,7 %, 57,3% et 57,8 %) pour divMS tandis que le divMO est de (54,9 %, 57% et 57,6%) respectivement. [88] ; nos résultats de la digestibilité *in vitro* des mêmes espèces sont nettement supérieurs.

La digestibilité *in vitro* de la matière sèche est de 0,681g et 0,523g pour *Phillyrea angustifolia* et *Pistacia lentiscus* respectivement. [38]

Nos résultats de la digestibilité *in vitro* de la matière sèche de *Phillyrea angustifolia* (57,74%) est inférieure à celle trouvée par Ammar et al [38] par contre la divMS obtenue pour *Pistacia lentiscus* (59,47%) est supérieure à celle trouvée par le même auteur.

L'arbuste *Tamarix africana* de la région de Biskra présente des valeurs de divMO de 57,48 % [40]. Cette valeur est similaire à notre résultat pour la même espèce.

La digestibilité de la matière organique pour *Pistacia lentiscus* est de 64,91% [5]. Cette valeur est supérieure à la nôtre de 6 points.

Tableau 5.5 : Prédiction de la dégradabilité *in-vitro* de la matière sèche et de la matière organique des arbustes fourragers

	div MS (%MS)	div MO (%MS)
<i>Atriplex nummularia</i>	67,20 cdef	65,87 bcde
<i>Atriplex canescens</i>	78,82 fg	73,16e
<i>Atriplex halimus</i>	68,95 cdef	68,01 cde
<i>Eleagnus angustifolia</i>	62,13 bcd	65,63 bcde
<i>Juniperus phoenica</i>	48,57 a	54,68a
<i>Juniperus oxycedrus</i>	41,58 a	47,19a
<i>Lycium arabicum</i>	87,43 g	83,62 f
<i>Medicago arboréa</i>	73,70 ef	71,77 de
<i>Phyliria angustifolia</i>	57,74 abc	63,16 abcd
<i>Pistacia lentiscus</i>	59,47 abcd	58,44abc
<i>Retama retam</i>	53,66 ab	54,78 a
<i>Tamarix articulata</i>	66,56 cde	59,39abc
<i>Tamarix galica</i>	62,26 bcde	58,71 abc
<i>Tamarix africana</i>	62,23 bcd	57,55 ab
<i>Ziziphus lotus</i>	72,62 def	71,43 de

divMS : Dégradabilité *in vitro* de la matière sèche, divMO : Dégradabilité *in vitro* de la matière organique, Sur une même colonne, les valeurs portant une lettre identique sont comparables au seuil de 5%.

5.2.3 Valeurs énergétiques et azotées des espèces d'arbustes fourragers

Le *Lycium arabicum* enregistre la valeur énergétique la plus élevée (1,15 UFL) et (1,09 UFV) suivie par l'*Atriplex canescens* et l'*Atriplex halimus* avec des valeurs de 1,06 UFL, 0,95 UFV et 1 UFL, 0,92 UFV respectivement.

Le *Medicago arborea* et *Zizyphus lotus* présentent également des valeurs élevées de (0,93UFL, 0,85UFV) et (0,97 UFL, 0,89 UFV) respectivement. Les valeurs les plus faibles d'UFL et UFV sont enregistrées pour l'espèce *Juniperus oxycedrus* avec des valeurs de 0,65 UFL/kg de MS et 0,55 UFV/kg de MS.

On note qu'une dizaine d'espèces d'arbustes fourragers présentent une bonne valeur énergétique. Ils présentent des valeurs énergétiques aussi intéressantes que celle des graines cultivées.

Les arbustes fourragers les plus riches en protéines digestibles dans l'intestin dans notre étude sont le *Lycium arabicum* (183,57 gr de PDIN, 117,27 gr de PDIE), suivi par les trois espèces d'*Atriplex* puis le *Medicago arborea*.

Tableau 5.6 : Prédiction des valeurs énergétiques et azotées des espèces d'arbustes fourragers

	UFL	UFV	PDIN	PDIE
<i>Atriplex nummularia</i>	0,99 cdef	0,92 bcde	139,22 defg	104,64 bc
<i>Atriplex canescens</i>	1,06 ef	0,95 de	147,19 fg	109,05 bc
<i>Atriplex halimus</i>	1,00 def	0,92 cde	143,56 efg	104,96 bc
<i>Eleagnus angustifolia</i>	0,84 bcd	0,75 bcd	115,55 bcdef	115,52 bc
<i>Juniperus phoenica</i>	0,81 bc	0,72 b	49,41 ab	92,67 ab
<i>Juniperus oxycedrus</i>	0,65 a	0,55 a	39,98 a	87,37 a
<i>Lycium arabicum</i>	1,15 ef	1,09 e	183,57 g	117,27 c
<i>Medicago arborea</i>	0,93 bcde	0,85 bcd	142,23 defg	109,45 bc
<i>Phyliria angustifolia</i>	0,79 abc	0,69 ab	82,33 bc	98,17 ab
<i>Pistacia lentiscus</i>	0,82 bcd	0,74 bc	57,90 ab	92,98 ab
<i>Retama retam</i>	0,77 ab	0,67 ab	106,96 bcde	110,83 bc
<i>Tamarix articulata</i>	0,85 bcd	0,77 bcd	90,31 bcd	90,10 ab
<i>Tamarix galica</i>	0,87 bcd	0,79 bcd	92,94 bcde	95,60 ab
<i>Tamarix africana</i>	0,84 bcd	0,75 bc	81,94 bc	92,53 ab
<i>Ziziphus lotus</i>	0,97 bcdef	0,89 bcde	131,50 cdefg	108,21 bc

UFL= unité fourragères lait ; UFV = unités fourragères viande, PDIE : protéines digestibles dans l'intestin permis par l'énergie ; PDIN : protéines digestibles dans l'intestin permis par l'azote ; Sur une même colonne, les valeurs portant une lettre identique sont comparables au seuil de 5%.

Des valeurs énergétiques de *Retama retam* sont de 0,64 UFL et 0,53 UFV et les valeurs protéiques sont de 67 g de PDIE/ kg de MS et 60 g PDIN/kg de MS [74]. Ces valeurs sont nettement inférieures à nos résultats avec la même espèce.

Retama retam de la région de Béchar et Tindouf possède des valeurs énergétiques de 0,64 UFL et 0,54 UFV. Les valeurs protéiques sont de 75,46 g de PDIE/ kg de MS et 61,96 g PDIN/kg de MS [74].

Les valeurs énergétiques enregistrées pour *Retama retam* dans la région de Bousaada et Djelfa sont de 0,66 UFL et 0,55 UFV. Les valeurs protéiques sont de 72 gr de PDIE et 68 gr de PDIN [74].

Les résultats de la valeur énergétique et azotée obtenues avec *Retama retam* dans la région de Béchar, Tindouf, Bousaada et Djelfa cités ci- dessus sont nettement inférieurs à nos résultats.

L'Atriplex halimus du Sud-Est Algérien possède des valeurs énergétiques de (0,88 UFL, 1,11UFL et 0,71 UFL) et (0,81 UFV, 1,08 UFV et 0,62 UFV). Les valeurs protéiques sont de (77 g de PDIE, 85 gr PDIE et 59g PDIE) et (82 g de PDIN, 93 g PDIN et 59 gr PDIN) respectivement pendant le mois de Mars, Mai et Juin [74].

Les valeurs protéiques enregistrées pour l'*Atriplex halimus* de notre étude sont nettement supérieures à celles trouvées par les auteurs cité ci-dessus par contre les valeurs énergétiques, elles leurs sont proches.

Des valeurs énergétiques pour l'*Atriplex halimus* dans la région sud-Est de Biskra de 0,89 UFL et 0,82 UFV. Les valeurs protéiques sont de 77 g de PDIE et 83 g de PDIN [74]. Ces valeurs sont nettement inférieures aux nôtres

Des valeurs énergétiques de l'*Atriplex halimus* de 1,04 UFL et 1 UFV. Les valeurs protéiques sont de 89 g de PDIE/ kg de MS et 96 g PDIN/kg de MS. [74]

Le *Pistacia lentiscus* présente des valeurs énergétiques de 0,67 UFL et 0,58 UFV, ces deux valeurs sont inférieures aux nôtres avec la même espèce qui possède 0,82 UFL et 0,74 UFV. [5]

Tamarix gallica de la région de Béchar et Tindouf possède des valeurs énergétiques de 0,57 UFL et 0,50 UFV. Les valeurs protéiques sont de 59,78 g de PDIE/ kg de MS et 42,32 g PDIN/kg de MS [74]. Ces valeurs énergétiques et azotées de *Tamarix gallica* sont inférieures aux nôtres avec le même arbuste dans la région de Djelfa.

Des valeurs énergétiques de *Tamarix gallica* du Sud-Est de Biskra sont de 0,90 UFL et 0,83 UFV. Les valeurs protéiques sont de 82 g de PDIE/ kg de MS et 87 g PDIN/kg de MS. [74]

Des valeurs énergétiques de *Tamarix gallica* au Sud-Ouest Algériende sont de 0,57 UFL et 0,50 UFV. Les valeurs protéiques sont de 48 g de PDIE/ kg de MS et 37 g PDIN/kg de MS.

L'arbuste *Tamarix africana* de la région de Biskra présente une valeur énergétique de 0,53 UF, cette valeur est inférieur à la nôtre avec la même espèce de 0,34 points. [40]

Le *Zizyphus lotus* pulpe et amande dans les Aurès Algérien enregistrent des valeurs énergétiques de (0,51 UFL et 0,40 UFV) et (0,84 UFL, 0,77 UFV) respectivement [74].

Les valeurs protéiques trouvées par le même auteur sont de (43 g de PDIE/ kg de MS, 87g PDIE/ kg de MS et (7 g PDIN/kg de MS, 89 g PDIN/kg de MS) respectivement [74].

Nos résultats de valeurs énergétiques et protéiques obtenus pour *Zizyphus lotus* dans la région de Djelfa sont nettement supérieurs avec des valeurs de 0,97 UFL, 0,89 UFV et 131,50 g PDIN/ kg de MS, 108,21 g PDIE/kg de MS.

5.3. Discussion général

L'objectif assigné à cette étude est de déterminer les caractéristiques nutritionnelles des arbres et arbustes fourragers dans le semi-aride de la région de Djelfa et de prédire leurs valeurs énergétiques et azotées ainsi que leurs digestibilités afin de les valoriser comme ressource alternative alimentaire intéressante en période de sécheresse en fin d'été et en début d'automne.

Les arbres et arbustes fourragers présentent un intérêt multiple dans ces régions, elles peuvent lutter contre la désertification par fixation des dunes, atténuer les effets de la sécheresse, permettre la fixation des sols, améliorer la restauration de la végétation et la récupération des terres de parcours ainsi que l'exploitation par la population locale de ces deux ressources fourragères pour des usages médicaux, alimentaires et parfois vétérinaires.

Pour la prédiction de nos fourrages ligneux, les performances des étalonnages sont satisfaisantes sur les R^2 pour tous les constituants obtenus mais les erreurs standard de prédiction (SECV, validation croisée) sont assez importantes pour certains paramètres ; les fibres NDF qui est de 4,14 et la digestibilité *in vitro* enregistrent des valeurs de 4,62 et 5,44 respectivement pour SMS et SMO. Les résultats de la performance des étalonnages figurent au Tableau 4.2.

ANDUEZA et al [68] obtiennent pour la prédiction de la composition chimique et de la digestibilité *in vitro* de *Atriplex halimus* par le SPIR, les R^2 pour MAT (0,93), les cendres (0,87), NDF(0,94), ADF(0,91) et ADL(0,87) ; Ces valeurs sont proches aux nôtres pour les mêmes constituants.

Le coefficient de détermination de nos fourrages ligneux obtenus sont supérieures à ceux de MBOW et al [69] qui trouvent pour une prédiction de la qualité fourragère des feuilles de *Sterculia setigera* par le SPIR des R^2 pour MAT (0,63), le CB (0,11), NDF(0,65), ADF(0,61) et ADL(0,41)

La différence en teneur de CB entre les d'*Acacia farnesiana* et *Pistacia atlantica* peut être due à la présence des épines au niveau des rameaux d'*Acacia farnesiana*. Ces épines ramènent une forme de résistance contre la sécheresse.

Les feuilles d'arbre appartenant à la famille Mimosoideae sont plus riches en azote que celles de la famille des Anacardiaceae. La valeur UFL de *Pistacia atlantica* est intéressante et donc permet l'exploitation efficace de ses feuilles et rameaux par les ruminants. Ces derniers peuvent être utilisés comme source énergétique aux vaches, chevrettes et brebis productrices de lait.

On suppose que la digestibilité de la matière organique d'*Acacia farnesiana* est très faible car ils possèdent des épines qui ne sont pas facilement digestible.

Selon ROBYN DYNES et ANTHONY SCHLINK [70], la faible digestibilité de l'*Acacia farnesiana* peut être liée à sa forte teneur en tannin en lignine et en cellulose brute présentes dans les feuilles et les rameaux.

La digestibilité de la matière organique de *Pistacia atlantica* est aussi intéressante que celle d'un fourrage annoncée par DEMARQUILLY et WEISS [71], pour les feuilles du Trèfle violet (2ème cycle à 35 jours) et de Ray-grass d'Italie au même stade soient 76,0% et 71,0% respectivement.

La différence de protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire chez les deux espèces et due à la teneur en matière azotées totales de chaque espèce.

Les deux espèces d'arbres fourragers sont plus riches en PDIN que les fourrages spontanés de Graminées cités par BENCHERCHALI et HOUMANI [72], dont les valeurs oscillent entre 44 et 64 selon les stades de récolte. Il est à signaler que la valeur de PDIN est positivement corrélée à la teneur en MAT d'une espèce. Prenant en compte la valeur PDIN d'*Acacia farnesiana*, on peut suggérer que les feuilles et rameaux peuvent être utilisés comme source d'azote aux herbivores et particulièrement des petits ruminants, pendant les périodes de sécheresse. On remarque que la valeur des protéines digestibles dans l'intestin permise par l'énergie est inférieure à la valeur protéines digestibles dans l'intestin permise par l'azote PDIN chez l'*Acacia farnesiana*.

Le taux en MM obtenu chez l'*Atriplex canescens* de 18,71% de MS est élevé par rapport à celui de *Medicago arborea* qui est de 12,70% de MS. Les *Atriplex* sont connus pour être des plantes halophytes. Pour le *Medicago arborea*, la teneur en MM enregistré par LE HOUEROU [73] est de 14% de la MS.

La teneur élevée en MAT d'un fourrage est indicatrice de sa qualité. Cependant la majorité des fourrages spontanés ou les ligneux fourragées en Algérie sont connus par leur

carence azotée. D'après les résultats enregistrés, on observe que la teneur en MAT de l'*Atriplex canescens* est plus faible avec 12,25% de MS par rapport à celle de *Medicago arborea* avec une valeur de 16,27% de MS. Ce qui est tout à fait logique car cette dernière espèce appartient à la famille des Légumineuses connues d'être des fixatrices d'azote. Leur teneur en ce principe primaire diffère significativement l'une de l'autre.

La richesse d'un fourrage en fibre est inversement proportionnelle à sa contenance en azote. Il ressort que l'*Atriplex canescens* à une teneur élevée par rapport à celle de *Medicago arborea* qui sont respectivement de 27,50 % et 20,25% de MS.

Le *Medicago arborea*, celle rapporté par LE HOUEROU [73], montre une teneur de 32,5 % MS.

Hormis la teneur azoté indicatrice de la qualité d'un fourrage s'ajoute sa richesse en unité fourragère, le *Medicago arborea* présente une valeur énergétique de 0,88 UFL/ kg de MS cette teneur est statistiquement différente et élevée par rapport à celle de l'*Atriplex canescens* qui est de 0,79 UFL/kg de MS.

De plus hautes valeurs sont annoncées par Kadi et Zirmi-Zembri [74], pour cette même espèce où aussi de faibles variations saisonnières sont observées variant entre 0,95 et 1 UFL/kg de MS.

Les protéines vraies réellement digestibles dans l'intestin permises par l'azote (PDIN), le *Medicago arborea* présente une teneur de 101,65 g/kg MS, plus élevée et hautement significative à celle l'*Atriplex canescens* avec 76,53 g/kg MS. Cette dernière présente des valeurs qui varient entre 107 et 126 g de PDIN /kg de MS selon la publication de KADI et ZIRMI-ZEMBRI, [74].

Les protéines vraies réellement digestibles dans l'intestin permises par l'énergie (PDIE) sont de 20,40 g/kg MS pour l'*Atriplex canescens* et de 27,10 g/Kg MS pour le *Medicago arborea*. Ces valeurs plus élevées en différentes protéines digestibles et en unité fourragère, revient à la richesse du *Medicago arborea* en MAT et en MO comparativement à l'*Atriplex canescens*. Cette dernière présente des valeurs qui varient entre 96 et 116 g de PDIE/kg de MS les variations sont indiquées saisonnières par KADI et ZIRMI-ZEMBRI, [74].

Les résultats de la prédiction de la composition chimique et la dégradabilité *invitro* des arbres et arbustes fourragers de la région de Djelfa sont riche en MM pour 5 arbres sur 7 qui

dépasse les 10% MS alors que pour les arbustes on note que la majorité présente des taux élevés dépassant les 10% MS (9 arbustes sur 15)

Selon SPEARS (1994) la concentration en éléments minéraux des plantes varie fortement avec le type de sol, le climat et le stade de la maturité. [5]

L'arbre et l'arbuste les plus pauvres en MM sont *Pistacia atlantica* et *Juniperus oxycedrus*.

L'acacia farnesiana, *acacia saligna* et le *Gleditsia triacanthos* sont les plus riches en MAT dépassant les 12 % de MS leur richesse peut être attribué à la faculté de ces fourrages à fixer l'azote atmosphérique grâce à leurs nodosités par contre 10 arbustes sur 15 dépassent les 12 % de MS parmi eux les meilleurs valeurs sont obtenus par le *Lycium arabicum* et les trois espèces d'atriplex, le *Medicago arborea* ainsi que le *zizyphus lotus*

L'arbre la moins riche en MAT est le *Pinus halepensis* (5,13% MS), les espèces arbustives pauvres en MAT sont les deux espèces de genévriers, *Tamarix galica* et *Pistacia lentiscus*.

Les ressources arborées les plus fibreux représentés par (NDF) sont *Pinus halepensis* (44,58% MS) et *Quercus ilex* (54,53% MS); ces valeurs sont comparables à celles rapportées par MEBIROUK-BOUDECHICHE et al [75] qui trouvent une moyenne de 48,04 % MS

Les arbres fourragers les plus fibreux en ligno-cellulose (ADF) sont enregistrées pour le *Pinus halepensis* (32,73 % MS) et *Quercus ilex* (34,16% MS). Ces valeurs sont inférieures à ceux de BOUBAKER et al [76] qui enregistrent 54,1%, 54,6 % MS pour ADF de *Quercus uber* et *Quercus coccifera* respectivement.

Les arbustes fourragers riches NDF sont les deux espèces de genévrier (50 %, 40,42%) et le *Retama retam* (49,79%), cette valeur est proche à celle de CHEHMA et YUCEF; [77] qui enregistrent une valeur d'NDF de 51,44 % pour *Retama retam* dans des parcours sahariens du sud Est algérien.

Quant aux teneurs en lignine (ADL) des espèces arborés, elle varie de 4,18% pour *Pistacia atlantica* à 16,99% pour *Acacia nilotica* alors que les espèces arbustives présentent une variation de 5,93% pour *Atriplex canescens* et 22,67% pour *Juniperus oxycedrus* ce qui pourrait engendrer une diminution de leur digestibilité.

Les arbres et arbustes fourragers qui présentent des valeurs élevées en NDF, ADF et ADL peuvent entraîner une diminution de leurs digestibilités et des valeurs énergétiques faibles.

Le groupe à forte digestibilité de la MO représenté par les trois espèces du genre *Acacia*, par le *Gleditsia triacanthos* et par le *Pistacia atlantica* qui a des valeurs qui varient entre 65,97% et 70,22%. La digestibilité de la MO est proportionnelle à celle de la MS.

Tandis que les valeurs de la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique les plus faibles sont enregistrées pour le *Quercus ilex* avec SMS (42,35 %) et SMO (42,01%), cela confirme la teneur la plus élevée en fibres ADF obtenus avec la même espèce (34,16%).

Les valeurs de la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique les plus faibles sont enregistrées pour le *Juniperus oxycedrus* avec SMS (41,58 %) et SMO (47,19%) suivie par le *Juniperus phoenicea* avec SMS (48,57%) et SMO (54,68%).

Retama retam possède aussi des valeurs de SMS et SMO faibles avec des taux de (53,66%) et (54,78%) respectivement ; cela confirme la teneur la plus élevée en fibres ADF obtenus avec les deux espèces de genévrier et *Retama retam*.

Le *Lycium arabicum* enregistre la valeur énergétique la plus élevée (1,15 UFL) et *Juniperus oxycedrus* consigne la valeur la plus faible (0,65 UFL) cette valeur confirme les valeurs élevées en composés pariétaux de la même espèce.

Le *Pistacia atlantica* et l'*Acacia saligna* présentent les valeurs les plus élevées en UFL avec des valeurs similaires qui est de (0,93 UFL/kg de MS) alors que la valeur la plus faible est enregistrée par *Quercus ilex*.

Toutes les espèces d'arbres et d'arbustes fourragers présentent de bonnes valeurs énergétiques certaines espèces arbustives dépassent 1 UFL.

Les arbres fourragers les plus riches en protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote (PDIN) sont *Acacia farnasiana*, *Acacia saligna*, *Acacia nilotica*, *Gleditsia triacanthos* et le *Pistacia atlantica*, avec des valeurs qui varient entre (143,94 g et 85,87 gr de PDIN).

Quant à leur teneur en protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie (PDIE) est comparable chez les sept arbres fourragers étudiés les valeurs varient entre les extrêmes 95,73g et 111,40g de PDIE.

Les trois espèces d'Acacia, *Gleditsia triacanthos* et le *Pistacia atlantica* sont toutes des arbres potentielles à intérêt fourrager. Ainsi l'*acacia farnasiana* trône comme l'arbre le plus intéressant par ses classes distinctives en aucun cas imbriqué, pour les différents paramètres étudiés.

Les arbustes fourragers les plus riches en protéines digestibles dans l'intestin dans notre étude sont le *Lycium arabicum* (183,57 gr de PDIN, 117,27 gr de PDIE), suivi par les trois espèces d'Atriplex puis le *Medicago arborea*.

Il en ressort des résultats obtenus pour les deux ressources arborés et arbustives que l'*Atriplex nummularia*, *Atriplex canescens*, *Atriplex halimus*, *Elagnus angustifolia*, *Lycium arabicum*, *Medicago arborea*, *Phillyrea angustifolia*, *Tamarix africana*, *Tamarix articulata*, *Tamarix galica*, *Ziziphus lotus*, *Acacia saligna*, *Acacia nilotica*, *Gleditsia triacanthos* et *pistacia atlantica* se définissent par des MAT supérieurs à 10% MS et des taux de NDF inférieurs à 40% MS.

Par contre *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*, *Retama retam*, *Tamarix galica*, *Pinus halepensis* et *Quercus ilex* se caractérisent par des MAT inférieur à 10% et une teneur en NDF supérieur à 40%.

Ces résultats devront être complétés par des mesures de la concentration en tannins, qui pourraient dégrader de façon significative la valeur alimentaire des fourrages ligneux.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives

L'objectif de cette étude a consisté à caractériser les arbres et arbustes fourragers par leurs apports nutritifs à partir d'une d'analyse ou des prédictions de leurs compositions chimiques.

La prédiction de la composition chimique et la dégradabilité *in-vitro* de la matière sèche ainsi que celle de la matière organique des arbres et arbustes fourragers à parti du SPIR est bonne pour les raisons :

- Que la distance de Mahalanobis (GH) obtenue pour les ressources fourragères est inférieure à 3.
- La concordance entre les résultats obtenus par la méthode chimique ou par le SPIR pour certains arbres ou arbustes fourragers.

D'après la prédiction de la composition chimique et la dégradabilité *in-vitro* de la matière sèche ainsi que celle de la matière organique des arbres et arbustes fourragers à parti du SPIR, ils en ressortent que **les caractéristiques nutritionnelles distinctives** des arbres et arbustes fourragers a permis de les classer comme suit :

- Un premier groupe caractérisé par des bonnes teneurs en MAT (de 12 à 19%) et une teneur faible en CB (de 8 à 24 %) ; ce groupe est constitué par *L'Acacia fernasiana*, *Acacia nilotica*, *Acacia saligna*, le *Gleditsia triacanthos*,, *Pistacia atlantica*;
- Un deuxième groupe caractérisé par une teneur faible en MAT (5 à 8%) et une teneur élevée en CB (26 -28%) ; ce groupe est constitué de *Pinus halpensis et Quercus ilex*.

Pour les arbustes fourragers, on peut les classer ainsi :

- Un premier groupe caractérisé par une teneur élevée en MAT (de 15 à 25%) et une teneur faible en CB (10 à 20%) ; ce groupe est constitué par les trois espèces d'*Atriplex étudiées*, *Lycium arbicum*, *Medicago arborea et Ziziphus lotus* ;
- Un deuxième groupe caractérisé par une teneur moyenne en MAT (10 à15%) et une teneur élevée en CB (20 à 25%) ; ce groupe est constitué de *Phylaria angustifolia*, *Retama retam*, *Tamarix articulata et Tamarix galica* ;

- Un troisième groupe représenté par les Genévriers (*Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*,) est caractérisé par une faible teneur en MAT (5 à 9 %) et une richesse en composées pariétaux.

Parmi les arbres fourragers étudiés, le *Pistacia atlantica*, l'*Acacia saligna* et le *Gleditsia triacanthos* sont les plus énergétiques.

Les arbres fourragers les plus riches en protéines digestibles dans l'intestin sont *Acacia farnasiana*, *Acacia saligna* et *Gleditsia triacanthos*

Les valeurs de la digestibilité de la matière organique les plus élevées sont en faveur des trois espèces du genre *Acacia*, le *Gleditsia triacanthos* et le *Pistacia atlantica*.

Le *Lycium arabicum*, l'*Atriplex canescens*, l'*Atriplex halimus*, *Medicago arborea* et *Ziziphus lotus* sont les arbustes les plus énergétiques.

Les arbustes fourragers les plus riches en protéines digestibles dans l'intestin dans notre étude sont le *Lycium arabicum*, les trois espèces du genre d'*Atriplex* et le *Medicago arborea*

Le *Lycium arabicum* enregistre la valeur la plus élevée en divMS et en divMO suivi par l'*Atriplex canescens*, *Medicago arborea* et *Ziziphus lotus*.

Le *Lycium arabicum*, les trois espèces du genre *Atriplex*, le *Medicago arborea* ainsi que le *zizyphus lotus* sont les arbustes les plus nutritifs.

La prédiction de la composition chimique et l'estimation des valeurs nutritives des arbres et arbustes fourragers, ont révélé l'importance de ces ligneux fourragers comme ressources naturelles en alimentation animale.

A l'issue de l'étude de la valeur nutritive de quelques arbres et arbustes fourragers dans la région de Djelfa, nous a permis d'avoir une connaissance sur le potentiel nutritif des différentes ressources des parcours arbustifs et milieux forestiers de cette région.

Le recours à ces arbustes fourragers peut constituer une partie importante et souvent indispensable dans l'alimentation des ovins et caprins dans la région de Djelfa, surtout en période de soudure.

Il serait recommandé d'entreprendre la plantation de ces arbres et arbustes en proposant un tri de ceux les plus riches en valeur nutritive.

L'*Acacia farnesiana* serait l'arbre fourrager le plus intéressant à boiser dans ces régions steppiques.

Le *Lycium arabicum*, les trois espèces du genre *Atriplex*, le *Medicago arborea* ainsi que le *Zizyphus lotus* sont intéressants à valoriser et à planter.

Afin d'optimiser les résultats obtenus et faciliter le travail des nutritionnistes, des équations de régression spécifiques aux arbres et arbustes fourragers sont à établir ultérieurement dans des publications prévues dans ce sens.

L'utilisation de ces ressources fourragères devrait être envisagée dans des essais de digestibilité et de croissance sur ovins et caprins

Il serait souhaitable de poursuivre cet axe afin d'approfondir les connaissances sur les facteurs antinutritionnels contenus dans ces arbres et arbustes fourragers, comme les tannins et les phénols totaux afin de pouvoir y remédier pour une meilleure utilisation de ces ressources.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. Nefzaoui, A., et Chermiti, A., Place et rôles des arbustes fourragers dans les parcours des zones arides et semi-arides de la Tunisie, (1991), Options méditerranéennes, CIHEAM-IMAZ- série séminaire n°16, 119-125

ressources.ciheam.org/om/pdf/a16/91605054.pdf

2. Houmani, M., et Bencherchali, M., Bilan énergétique des herbivores en Algérie - Apport énergétique des sous-produits. Premier Congrès International sur «l'Aide à l'Agriculture Algérienne » Annaba, (22 au 25 Novembre 2011).

3. Djoudi, S., et Serraye, S., L'effet d'un aménagement pastoral sur la régénération naturelle et l'offre fourragère, cas du périmètre pastorale de Louibed (commune d'El Gueddid.W.de Djelfa), (2008), Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie pastorale. Centre universitaire Ziane Achour, 41-43

4. Naggar, M., Eléments de base d'une stratégie de sylvo-pastoralisme en Afrique du Nord. (2000), Options méditerranéennes, série A, n° 39, 191-202

om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI00036

5. Mebirouk-Boudechiche, L., Cherif, M., Boudechiche, L., Sammar, F., Teneurs en composés primaires et secondaires des feuilles d'arbustes fourragers de la région humide d'Algérie, (2014). Revue Méd. Vét., 165, 344-352.

https://www.revmedvet.com/2014/RMV165_344_352.pdf

6. Boukhari, Y., Etude de l'impact des pratiques culturelles sur l'évolution des sols des écosystèmes steppiques de l'Algérie, (2016), Thèse de Doctorat en sciences .Université Mustapha Stambouli de Mascara, 4-6.

[https:// www.dspace.univ-mascara.dz:8080/jspui/handle/123456789/216](https://www.dspace.univ-mascara.dz:8080/jspui/handle/123456789/216)

7. Le Houérou, H.N., Bioclimatologie et biogéographie des steppes aride du nord en Afrique, (1995) Option méditerranéenne. Série B, n°10 CIHEM, 11-95

<https://www.om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI951183>

8. Hadbaoui, I., Les parcours steppiques dans la région de M'sila : Quelle gestion pour quel avenir ? (2013), Mémoire de Magister. Université Kasdi Merbah Ouargla, 4-8

https://bu.univ-ouargla.dz/HADBAOUI_Ilyes.pdf?idthese=3092

9. Guerzou, A., Aspects de la bio écologie adaptative du grand corbeau *Corvus corax* dans quelques milieux en Algérie : Alimentation et reproduction, (2013), Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. Ecole nationale supérieure d'agronomie. El Harrach ALGER, 6-7.

10. Cherfaoui, T., Etude de la croissance et de l'accroissement du pin d'Alep dans la forêt Senalba Gharbi (Djelfa) (2017), Mémoire de Master en Aménagement et gestion des forêts. Université de Tlemcen.

<https://www.dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/12027/1/CHERFAOUI.pdf>

11. Anonyme, Agence nationale d'intermédiation et de régulation foncière (ANIREF) Rubrique Monographie Wilaya de Djelfa, (2011) p 4.

www.aniref.dz/monographies/ar/djelfa.pdf

12. Djaballah, F., Effet de deux méthodes d'aménagement « Mise en défens et plantation » sur les caractéristiques floristiques et nutritives des parcours steppiques de la région de Djelfa. (2008), Mémoire de magister en Agronomie saharienne. Université Kasdi Merbah Ourgla,

https://bu.univ-ouargla.dz/Djaballah_Fatima.pdf?idthese=87

13. Masiga, M J., Détermination de la valeur nutritive de quelques arbres fourragers cas de *pistacia atlantica* desf. et *acacia farnesiana* (L.) willd. (2016), Mémoire Master Biotechnologie de l'alimentation et amélioration des performances animales, 31-33. Université de BLIDA 1.

14. BNEDER, Les paramètres climatiques de la wilaya de Djelfa entre les années 1990 et 2015.

15. Ouadi, O., Contribution à l'évaluation de la valeur et de la productivité des parcours steppiques à dominance *Atriplex halimus* et *Artimisia herba alba* (cas de la région de Tebéssa), (2010), Mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie, 6-7. Université de Batna

16. Mouissa, H., Rapport sur le secteur des forêts de la wilaya de Djelfa. (Mai 2009). Conservation des forêts de Djelfa, Présentation power point, 4-6

17. Le Houérou, H.N., Les fourrages ligneux en Afrique", Etat actuel des connaissances et autres contributions, chapitre 3 : Utilisations multiples des arbres et arbustes fourragers : perspectives mondiales, colloque sur les fourrages ligneux en Afrique Addis Ababa, (Avril 1980)

18. El Aich, A., "Arbres et arbustes fourragers dans les systèmes d'élevage et de l'agriculture en Afrique des Nord". Actes de la consultation d'experts FAO : Arbres de légumineuses et d'autres arbres fourragers comme sources de protéines pour le bétail, (Octobre 1991), Centre de recherches agricoles de la Malaisie.

19. Anonyme, “Le rôle de la foresterie dans la lutte contre la désertification ”, Travaux de la Consultation FAO d'experts sur le rôle de la foresterie dans la lutte contre la désertification. Saltillo, Mexique, Cahier FAO conservation 21, (1985). FAO (1992).

<http://www.fao.org/docrep/t0115f/t0115f00.htm>

20. Ibrahim, K.M., Riveros, F., et Muthana, K.D., “ L'état actuel des connaissances sur *Prosopis juliflora*”. Chapitre 2 : Ecologie, Conférence internationale sur *Prosopis* II Recife, Brésil, (Août, 1986), Station de recherche agricole nationale Kenya document FAO (1988).

21. Audru, J., Labonne, M., Guerin, H., et Bilha, A., “*Acacia nilotica* : une espèce fourragère traditionnelles entre les Afars de Djibouti”, arbres de légumineuses et d'autres arbres fourragers comme sources de protéines pour le bétail, Actes de la consultation d'experts FAO, Centre de recherches agricoles de la Malaisie, (Octobre 1991),

agritrop.cirad.fr/395026/

22. Benzahia, A., “Essai de la composition d'un régime alimentaire associé de : (*Acacia cyanophylla* et *Cactus inermis*) sur la digestibilité chez les ovins”, (2012), Mémoire d'ingénieur, Université de Djelfa, 73 p.

23. Rangnekar, D.V., “Les systèmes basés sur l'utilisation traditionnelle des arbres d'alimentation du bétail”, arbres de légumineuses et d'autres arbres fourragers comme sources de protéines pour le bétail, Actes de la consultation d'experts FAO, Centre de recherches agricoles de la Malaisie, (Octobre 1991).

24. Chehma, A., “Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional Algérien”, (2006) Ed. Université kasdi Merbah, Ouargla, 120 p.

https://dspace.univ-ouargla.dz/.../CHEHMA_CATALOGUE%20DES%20PLANTES1.

25. Bouazza, L.R., Bodas, S., Boufennara, H., Bousseboua, S., and López, S., “Nutritive evaluation of foliage from fodder trees and shrubs characteristic of Algerian arid and semi-arid areas”, (2012), Journal of Animal and Feed Sciences, V.21, 521–536

www.jafs.com.pl/Nutritive-evaluation-of-foliage-from-fodder-trees.

26. Suttie, J.M., “Conservation du foin et de la paille pour les petits paysans et les pasteurs”, Collection FAO, production végétale et protection des plantes. (2004). Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, n° 29.

www.fao.org/3/a-x7660f.pdf

27. Abidi, S., Ben salem, H., Nefzaoui, A., “ Effet de la supplémentation par de l’ensilage de cactus et de grignons d’olive sur la digestion et la croissance des ovins de race Barbarine” ; 16^{ème} Rencontres Recherches Ruminant, (décembre 2009) www.journees3r.fr/IMG/pdf/2009_01_15_Abidi.pdf

28 Najar, T., Helali, S., et Nasr, H., “Valorisation des plantes tolérantes à la salinité par les petits ruminants”, Mutations des systèmes d’élevage des ovins et perspectives de leur durabilité, (2011), Options Méditerranéennes, Serie A, n° 97

om.ciheam.org/article.php?IDPDF=801450

29. Lassoued, N., Rekik, M., Ben Salem, H., et Darghouth, M.A., “Effet des tannins de l’*Acacia cyanophylla* Lindl sur la productivité et la reprise de l’activité sexuelle en post-partum de la chèvre de race locale en Tunisie” (2004); Congrès des 3R, 11^{ème} Rencontres Recherches Ruminants.

www.journees3r.fr/IMG/pdf/2004_reproduction_03_Lassoued.pdf

30. Rahmoune, C., Maâlem, S., et Bennaceur, M., “Etude comparative de rendement en matière sèche et en matière azotée de trois espèces de plantes steppiques du genre *Atriplex*”, (2004) Options Méditerranéennes, CIHEAM, Série A. Séminaires Méditerranéens ; n° 60, 219- 221.

31. El euch, F., “Rôle de l’acacia cyanophylla dans l’alimentation du cheptel en Tunisie”, Legumes for Mediterranean forage cropspastures and alternative uses, Zaragoza, (2000), Cahiers Options Méditerranéennes, n°45, 431-434.

om.ciheam.org/article.php?IDPDF=600237

32. Naggar, M., “Place des arbustes fourragers dans les aménagements sylvo-pastoraux cas de l’arbuste *Chamaecytisusalbidus* dans les parcours du Sahel des Doukkala et du Nord d’Abda (province d’El jadida et Safi) au Maroc”, Forêt méditerranéenne, Tome XIV, n°3, (juillet 1993).

documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/40513/256.pdf?sequence=1

33. Preston, T.R., “Le rôle des arbres à usages multiples dans les systèmes agricoles intégrés pour les tropiques humides”, arbres de légumineuses et d’autres arbres fourragers comme sources de protéines pour le bétail, Actes de la consultation d’experts FAO, Centre de recherches agricoles de la Malaisie, (Octobre 1991).

34. Devendra, C., “Potentiel nutritionnel des arbres et arbustes fourragers comme sources de protéines dans l’alimentation des ruminants”, arbres de légumineuses et d’autres arbres fourragers comme sources de protéines pour le bétail, Actes de la consultation d’experts FAO, Centre de recherches agricoles de la Malaisie, (Octobre 1991).

35. Dicko, M.S., et Siken, L.K., “Comportement alimentaire, l’apport quantitatif et qualitatif de parcours par les ruminants domestiques”, arbres de légumineuses et d’autres arbres fourragers comme sources de protéines pour le bétail. Actes de la consultation d’experts FAO, Centre de recherches agricoles de la Malaisie, (Octobre 1991).

36. Bourbouze, A., Donadieu, R., L’élevage sur parcours en régions méditerranéennes”, CIHEAM : Montpellier, (1987), 104 p

om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI900669

37. Khanal, R.C., Subba, D.B., “Nutritional evaluation of leaves from some major fodder trees cultivated in the hills of Nepal”, Animal Feed Science and Technology, V. 92, Issues 1–2, (July 2001), 17–32

www.journals.elsevierhealth.com/article/S0377...1/fulltext

38. Ammar, A., Lopez, S., and Gonzalez, J.S., “Assessment of the digestibility of some Mediterranean shrubs by in vitro techniques”. Animal Feed Science and Technology, V. 119, Issues 3–4, (April 2005), 323–331

agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300987767

39. Anonyme, Notice technique de la plantation pastorale. Rapport. H.C.D.S. (2009) 25 p.

40. Arab, H., Haddi, M.L., et Mehennaoui, S., “ Evaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des principaux fourrages des zones arides et semi-aride en Algérie”. (2009), Sciences & Technologie C- n° 30, 50-58

ab.univ-batna.dz/lespa/images/stories/pub_com/s_mehennaoui/meh_pub_20.pdf

41. Selmi, H., Abdelwahed, Z., Rouissi, A., Jemmali, B. Tayachi, L., Amraoui, M and Rouissi, H., “ Preliminary nutritional characterization of someshrubs (*Atriplex halimus*, *Acacia cyanophylla*, *Medicago arborea*, *Opuntia ficus indica*) from the north of tunisia”. (2013), International Journal of Research In Agriculture and Food Sciences Nov. Vol.1, No.1, 36-39

<https://www.researchgate.net/...Abdelwahed/>

42. Shelton, H.M., “Légumineuses fourragères tropicales dans les systèmes d’agroforesterie”. *Unasylva* (2000), Vol.51, 25-29

<https://www.doc-developpement-durable.org/.../Légumineuses%20fourragères%20tro>

43. Moog, FA., “Rôle des arbres fourragers dans les petites exploitations des Philippines. In arbres de légumineuses et d’autres arbres fourragers comme sources de protéines pour le bétail”, Actes de la consultation d’experts FAO, Centre de recherches agricoles de la Malaisie, (Octobre 1991)

44. Chepape, R.M., Mbatha, K.R., and Luseba, D., “Local use and knowledge validation of fodder trees and shrubs browsed by livestock in Bushbuckridge area, South Africa”. (2011), *Livestock Research for Rural Development*, V. 23, issue 6, (2011).

www.lrrd.org/lrrd23/6/chep23132.htm

45. Sahki, R., Boucheneb, N., Sahki, A., “Guide des principaux arbres et arbustes du Sahara central (Ahaggar et Tassili)”. (2004), INRF. Ed. Cheraga, 141 p.

46 Le Houérou, H.N., “Agroforestry and sylvopastoralism : the role of trees and shrubs in range rehabilitation and development”, *Science et changements planétaires / Sécheresse*, V.17, n° 1, (Janvier-Juin 2006), 343 p.

47. Malagnoux, M., “Gestion des plantations sur dunes”, Service de la conservation des forêts (FOMC), Division de l’évaluation, de la gestion et de la conservation des forêts, département des forêts, Document de travail sur les Forêts et la Foresterie en zones arides, n° 3 FAO, Rome, (2011),

agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2006444797

48. Smith, O.B., “Arbres et arbustes fourragers dans la gamme et les systèmes agricoles en Afrique tropicale humide”, arbres de légumineuses et d’autres arbres fourragers comme sources de protéines pour le bétail. Actes de la consultation d’experts FAO, Centre de recherches agricoles de la Malaisie, (Octobre 1991).

49. Rogosic, J., Pfister, J.A., Provenza, F.D., and Grbesa, D., “Sheep and Goat Preference for and Nutritional Value of Mediterranean Marquis Shrubs”, (2006), *Small Ruminant Research*, V. 64, issues 1-2, 169-179

jard.com/.../9._SURVEY_OF_THE_DIVERSITY_AND_PROXIM

50. Ramirez, R.G., Ledezma-torres, R.A., “Forage utilization from native shrubs *Acacia rigidula* and *Acacia farnesiana* by goats and sheep”, *Small Ruminant Research*, [V. 25, Issue 1](#), (May 1997), 43–50.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/.../S09214488960094>

51. Abou el Nasr, H.M., Kandil, H. M., El Kerdawy, A., Dawlat khamis, H. S., and El Shaer, H. M., “Value of processed saltbush and acacia shrubs as sheep fodders under the arid conditions of Egypt”. *Small Ruminant Research*, V. 24 issue 1, (1997), 15-20

<https://www.sciencedirect.com/science/article/.../S09214488960094>

52. Chriyaa, A., Moore, K.J., et Waller, S.S., “ Intake, digestion, and nitrogen balance of sheep fed shrub foliage and medic pods as a supplement to wheat straw”, *Animal Feed Science and Technology*, [V. 65, Issues 1–4](#), (1997), 183–196

<https://www.sciencedirect.com/science/article/.../S03778401960109>.

53. Safinaz, M., Shawket, M.H., Ahmed, M. A., and Ibrahim, “Impact of feeding *Atriplex halimus* and *Acacia saligna* with different sources of energy on lambs performance”, 3rd International Scientific Conference on Small Ruminant Development, Hurghada, Egypt, (2010), 191-208

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113183104>

54. Dale, L.M., Using NIR and NIR-HSI spectrometry to study forage chemical and botanical composition. Thèse de doctorat en sciences agronomiques et ingénierie biologique, Fédération Wallonie Bruxelles, Académie universitaire Wallonie Europe, Université de liège Gembloux agro-biotechnologie, (2012), 14-19.

https://orbi.uliege.be/bitstream/.../LauraDALE_these_doctorat.pdf

55. Boudour, K., Contribution à l'étude de la valeur alimentaire de quelques variétés de luzerne pérenne cultivées dans le bas Chélif. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques. Option : Comportement alimentaire et nutrition animale. Université Hassiba Ben Bouali Chlef. (2012), p22.

bu.univ-chlef.dz/doc_num.php?explnum_id=300

56. Fatela, L., Utilisation de la spectroscopie proche infrarouge comme outil PAT pour la quantification de substances en solution. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Joseph Fourier UFR de Pharmacie de Grenoble Domaine de la Merci La Tronche, (2012), p 18.

57. Khetib-Chibani, C. Éléments principes de la valeur alimentaire des fourrages algériens pour les ruminants. Modèles de prédiction. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Option : Sciences animales. Ecole nationale supérieur agronomiques d'El Harrach ALGER, (2013), p 63

dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/459/1/chibani_c.pdf

58. Bastianelli, D., Bonnal, L., La spectroscopie dans le proche infrarouge. Laboratoire d'alimentation animale. Cirad- emvt, (2007), Campus international Baillarguet, 343998 Montpellier Cedex 05, France.

pigtrop.cirad.fr/content/download/5215/27456/file/presentation_spir.pdf

59. Davrieux, F., Bastianelli, D., et Thuriès, L., La spectrométrie dans le proche infrarouge. Présentation générale, Théorie, principes et applications. (2014), 8-26

docplayer.fr/68447204-Presentation-generale-interet-et-principes-de-la-spectrometrie

60. Silue, N., Comment caractériser un parcours exploité par un troupeau d'ovins allaitants en termes de catégories fonctionnelles nutritives ? Mémoire de Master 2 en productions animales en régions chaudes, UMR SELMET Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux : INRA - CIRAD - Montpellier SUPAGRO, (2015), 20-22

61. AOAC. (1975) Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*, 12th ed. Washington, D.C, 295p.

62. Manuel des techniques analyses des aliments pour animaux, recueil de méthodes du CIRAD basées sur les méthodes AFNOR (CIRAD UMR SELMET), (2014).

63. Morrisson, I.M., New laboratory methods for predicting what the nutritive value of forage crops. *World Rev. Animal Prod.*, (12), (1975), 75-80.

64. Jarrige, R., Chemical method for predicting the energy and protein value of forager. *Ann. Zootech.*, (29), (1980), 299-323.

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00888050/document>

65. Andrieu, J., et Weiss, P.H., Préviation de la digestibilité et de la valeur énergétique de fourrages verts de graminées et de légumineuses. In : INRA publications (ed) : préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Andrieu J., Demarquilly C., Wegat-Litre E, Paris. (1981), 61-79.

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00895977/document>

66. Jarrige, R., Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA, Paris, (1988), 71 p.

67. .Guerin, H., Richard, D., Lefevre, P., Friot, D., Mbaye, N., Préviation de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens. Actes du XVIème Congrès International des Herbages, Nice, France, Vol 2, (1989), 879-880

https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00005770v1/html_references

68. Andueza, D., Muñoz, F., Murray, I., The prediction of chemical composition and in vitro digestibility of samples of *Atriplex halimus* by NIR spectroscopy in Ben Salem H. (ed.) , Nefzaoui A. (ed.) , Morand-Fehr P. (ed.) .Nutrition and feeding strategies of sheep and goats under harsh climates Zaragoza : CIHEAM, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n°59,(2004),165-168

<om.ciheam.org/article.php?IDPDF=4600024> -

69. Mbow, M A., Ngom, S., Diouf, M., Akpo, L.E., Prédiction de la qualité fourragère des feuilles de *Sterculia setigera* Del par la méthode de la Spectroscopie Proche InfraRouge. (SPIR) Journal of Applied Biosciences 62 : (2013), 4628 – 4636. ISSN 1997–5902

<https://www.ajol.info/index.php/jab/article/view/85601/75983>

70. Robyn Dynes, A., Anthony Schlink, C., Livestock potential of Australian species of *Acacia* Conservation Science W. Aust. 4 (3), (2002), 117-124.

https://www.researchgate.net/.../285853135_Livestock_potential_of_Australian_species_

71. Demarquilly, C., Weiss PH., Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages, I.N.R.A., Étude SEI, (1970), n° 42.

www.afpf-asso.org/download.php?type=1&id=1315&statut=0

72. Bencherchali, M., Houmani, M., Valorisation d'un fourrage de graminées spontanées dans l'alimentation des ruminants. *Revue Agrobiologia*, (2017) 7(1) :346-354

agrobiologia.net/online/wp.../2017/07/346-354_BENCHERCHALI_HOUMANI.pdf

73. Le Houérou, H.N., Biogeography of the arid steppe land north of the Sahara. *Journal. Arid and Environment*, (48) : (2002), 103-128

<https://www.sciencedirect.com/science/article/.../S01401963009067>.

74. Kadi, S.A., Zirmi-Zembri, N., Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 2- Les arbres et arbustes fourragers, (2016) *Livestock Research for Rural Development* 28 (8)

<http://www.lrrd.org/lrrd28/8/kadi28146.htm>

75. Mebirouk-Boudechiche, L., Cherif, M., Abidi, S., Bouzouraa, I., "Composition chimique et facteurs antinutritionnels de quelques feuilles de ligneux fourragers des zones humides du nord-est de l'Algérie *Fourrages*, 224, (2015) ,321-328.

www.afpf-asso.org/index/action/page/id/33/title/Les-articles/article/2067

76. Boubaker, A., Kayouli, C., Buldgen, A., Composition chimique et teneur en composés Phénoliques des espèces arbustives du Nord-Ouest de la Tunisie. In : Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens*. Zaragoza : CIHEAM, Cahiers Options Méditerranéennes, n°62, (2004), 315-317

ressources.ciheam.org/om/pdf/c62/04600178.pdf

77. Chehma, A., Youcef, F., Variations saisonnières des caractéristiques floristiques et de la composition chimique des parcours sahariens du Sud-Est algérien. *Sécheresse* vol 20, n° 4, (2009), 373-381

<https://www.researchgate.net/.../271833713>

78. Boubekour, S., Mefti Kortebay, .H ., Houmani, M., Prédiction de la valeur alimentaire du *Pistacia atlantica* desf. et de l'*Acacia farnesiana* (l.) willd. (2017), *Revue Agrobiologia* (2017) 7(2) : 603-609

79. Papanastasis, V. P., Yiakoulaki, M. D., Decandia, M., Dini-Papanastasi, O., Potential of fodder trees and shrubs as animal feeds in the Mediterranean areas of Europe. *Grassland*, (2006), Science 428 in Europe, Vol. 11
80. Emile, J.C., Barre, P., Delagarde, R., Niderkorn, V., Novak, S., «Les arbres, une ressource fourragère au pâturage pour des bovins laitiers ?», (2017) *Fourrages*, 230, 155-160.
81. Reiss, D., Harisson, J., Sélection d'arbres fourragers. Expérimentation sur le site de Bikita, projet caprin au Zimbabwe, *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* (1990), 43 (1) : 125-134
82. Aganga, A A., Omphile, V J., and Nishontsi, T F., Forage value of browses and its implication to traditional management of goats in kgatlang district of Botswana, (2005), *Journal of biological sciences* 5/4 ; 506-510. ISSN 1727-3048
83. Yaakoub, F., Evaluation "in vitro" de la dégradation des principaux fourrages des zones arides, (2006) Mémoire de Magister. Université El-hadj Lakhdar. Batna. p 95
84. Nedjimi, B., Guit, B., Toumi, M., Beladel, B., Akam, A., Daoud, Y., "Atriplex halimus sub.sp. Schweinfurthii (Chenopodiaceae) : Description, écologie et utilisations pastorales et thérapeutiques", (2013), *Rev. Fourrages*, 216, 333-338.
85. Najar, T., Helali, S., Nasr, H., Valorisation des plantes tolérantes à la salinité par les petits ruminants. Mutations des systèmes d'élevage des ovins et perspectives de leur durabilité, (2011), *Options Méditerranéennes*, A n°97.
86. Djennane K., Identification et étude de la valeur nutritionnelle des espèces fourragères spontanées de la région de Doucen wilaya de Biskra, (2016), Mémoire de Magister en sciences agronomiques. Université Mohamed Khider - Biskra- 1-58.
87. Arbouche, Y., Arbouche, H S., Arbouche, F., et Arbouche, R., Valeur fourragère des espèces prélevées par *Gazella cuveieri* Ogilby, 1841 au niveau du djebel Metlili Algérie, (2012) *Arch. Zootec.* 61(233), 145-148
[.http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S000405922012000100016&lng=es&nrm=iso&tlng=fr](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S000405922012000100016&lng=es&nrm=iso&tlng=fr)
88. Chehma, A., Faye, B., Bastianelli, D., Valeurs nutritionnelles de plantes vivaces des parcours sahariens algériens pour dromadaires, (2010), *Rev. Fourrages*, 204, 263-268

PRÉDICTION DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DU *Pistacia atlantica* DESF. ET DE L'*Acacia farnesiana* (L.) WILLD.

BOUBEKEUR Salima^{1*}, MEFTI KORTEBY Hakima^{1*} et HOUMANI Mohamed¹

1. Université de Blida-1. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département des Biotechnologies. Laboratoire des Plantes Aromatique et Médicinales. B.P.270, Route de Soumâa, Blida, Algérie.

Reçu le 25/11/2017, Révisé le JJ/MM/AA, Accepté le JJ/MM/AA

Résumé

Description du sujet : Deux arbres fourragers *Pistacia atlantica* Desf. et l'*Acacia farnesiana* (L.) Willd qui poussent en région steppique dans un climat aride et semi-aride sont étudiés en saison printanière.

Objectifs : Dans le but de contribuer à la connaissance de la valeur nutritive des arbres fourragers en Algérie, le choix a porté sur le *Pistacia atlantica* Desf. et de l'*Acacia farnesiana* (L.) Willd. Les prélèvements sont réalisés au niveau du « cordon dunaire » dans la commune de Hassi Bahbah à Djelfa. Les parties prélevées d'arbres sont les parties consommées par les petits ruminants à savoir rameaux et feuilles.

Méthodes : La détermination de la composition chimique est réalisée par analyses fourragères classiques de l'AOAC alors que les valeurs énergétiques et azotées ont été prédites en utilisant des formules de régression de différents auteurs.

Résultats : Les résultats montrent que le *Pistacia atlantica* et l'*Acacia farnesiana* présentent des teneurs en matière organique (MO) de 96,38% et de 94,37% respectivement. L'*Acacia farnesiana* présente une bonne teneur en matières azotées totales (MAT) (17,24%), par contre pour les teneurs en cellulose brute (CB), le *Pistacia atlantica* enregistre la valeur la plus faible (10,13%) par rapport à celle d'*Acacia farnesiana* (28,49%). Les teneurs en matières minérales (MM) sont faibles avec des valeurs de 5,63% pour l'*Acacia farnesiana* et 3,62% pour le *Pistacia atlantica*. Le *Pistacia atlantica* présente une digestibilité de la matière organique (dMO) intéressante de 76,15%. Les valeurs énergétiques les plus importantes sont celles du *Pistacia atlantica*, soit 0,90 UFL et 0,82 UFV/kg de MS. Les valeurs azotées les plus élevées sont 38,74 g/kg de PDIA et 129,28 g/kg de PDIN pour l'*Acacia farnesiana* et 89,84 g/kg de MS de PDIE pour le *Pistacia atlantica*.

Conclusion : Ces arbres présentent des valeurs nutritives intéressantes pouvant servir comme fourrage pour les ruminants. L'*Acacia farnesiana* est plus nutritif que *Pistacia atlantica*.

Mots clés : *Pistacia atlantica*, *Acacia farnesiana*, arbres fourragers, valeur nutritive, composition chimique,

PREDICTION OF THE FOOD VALUE OF *Pistacia atlantica* DESF. AND *Acacia farnesiana* (L.) WILLD.

Abstract

Description of the subject : two fodder trees *Pistacia atlantica* Desf and *Acacia farnesiana* (L.) Willd growing in the steppe region in an arid and semi-arid climate are studied in the spring season.

Objective : With the aim of studying the nutritive value of forage trees, a test was done on two species : *Pistacia atlantica* and *Acacia farnesiana* at "cordon dunaire" in the town of Hassi Bahbah in Djelfa. The sampled portions of tree samples are parts eaten by small ruminants namely branches with leaves.

Methods : Determining the chemical composition was performed with conventional analysis of AOAC. The energy and nitrogen values were estimated using the regression equations of different authors.

Results : The results show that *Pistacia atlantica* and *Acacia farnesiana* have levels of organic matter in DM of 96.38% and 94.37% respectively. Mineral contents in DM are low with values of 5.63% for the *Acacia farnesiana* and 3.62% for the *Pistacia atlantica*. *Acacia farnesiana* has good content in crude protein (17.24% of DM), on the contrary, the values of crude fiber content of DM of *Pistacia atlantica* the lowest (10.13%) compared to that of *Acacia farnesiana* (28.49%). *Pistacia atlantica* presents an interesting 76.15% digestibility of organic matter. The highest energy values belong to *Pistacia atlantica* that is 0.90 UFL and 0.82 UFV/kg of DM. The highest nitrogen values are 38.74 g/kg PDIA and 129.28 g/kg PDIN for *Acacia farnesiana* and 89.84 g/kg PDIE for *Pistacia atlantica*.

Conclusion : These trees have interesting nutritional values that can be used as fodder for ruminants.

Keywords : *Pistacia atlantica*, *Acacia farnesiana*, fodder trees, nutritional value, ruminants.

*Auteur correspondant : BOUBEKEUR Salima E-mail:boubekeuramilas@yahoo.fr

INTRODUCTION

La forêt méditerranéenne qui couvre 65 millions d'hectares, est caractérisée par sa flore typique. La forêt algérienne qui appartient à cet ensemble, présente un élément essentiel de l'équilibre écologique, climatique et socio-économique de différentes régions du pays. La partie nord de l'Algérie est constituée par des terres à vocation forestière qui occupent 250 000 km², soit un peu plus de 10% de la superficie totale, les conditions pédoclimatiques étant favorables au développement des forêts. Ces dernières produisent des ressources végétales qui peuvent constituer un pâturage pour les animaux : herbe, fruits, feuilles d'arbres et d'arbustes. D'ailleurs, le recours aux arbres et aux arbustes fourragers est une pratique ancienne bien connue des éleveurs. Ce type de fourrage constitue en effet une partie importante et souvent indispensable dans l'alimentation du bétail notamment, dans les pays en voie de développement [1].

L'Algérie connaît un déficit fourrager important dû à la dégradation des parcours. L'écosystème steppique est fragilisé et la capacité de régénération est réduite. Pour remédier à ce déficit, la restauration par la mise en défens afin de permettre la régénération et la sauvegarde des écosystèmes steppiques ainsi que la réhabilitation par la plantation pastorale des fourrages ligneux représentés par les arbres et arbustes fourragers constitue une ressource renouvelable qui peut fournir une biomasse sur pied régulière tout au long de l'année, comme elle peut être un investissement à moyen et à long terme, vue les prix élevés des fourrages et des aliments concentrés.

En effet, les arbres et les arbustes constituent un fourrage vert en pleine saison sèche pour les ruminants, qui sont parmi les animaux capables de valoriser les ligneux [1].

Ce présent travail se propose d'étudier la valeur nutritive des arbres fourragers. Il consiste à analyser la composition chimique et prédire la valeur énergétique et azotée ainsi que la digestibilité de *Pistacia atlantica* Desf. et *Acacia farnesiana* (L.) Willd au niveau de la région de Mesrane dans la wilaya de Djelfa. La connaissance de ces deux espèces peut s'ajouter dans des listings permettant d'élaborer des tables d'alimentation spécifiques à l'Algérie. Celles de [2] et [3], sont exhaustives, dont ils ont préconisé leur mise à jour en fonction des travaux ultérieurs dans ce sens.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel végétal

1.1 Lieu de récolte du matériel végétal

La récolte du *Pistacia atlantica* Desf. et de l'*Acacia farnesiana* (L.) Willd. est printanière (22/05/2016) les échantillons de ces deux espèces sont prélevés au niveau du cordon dunaire d'El Mesrane dans la région de Djelfa. La zone d'El-Mesrane est située dans la commune de Hassi-Bahbah (Wilaya de Djelfa), elle se trouve à 30 km au Nord de Djelfa. Elle présente une altitude moyenne de 870 m, et dont les coordonnées géographiques sont en longitude 3°03'Est et latitude 34°36'Nord. [4]

La zone d'expérimentation couvre une superficie de 100 ha, et abrite des dunes fixées par l'essentiel des techniques de lutte mécanique et biologique testées à des fins de protection et de stabilisation des dunes vives. Le climat de la zone d'étude est semi-aride [5].

1.2 Prélèvement des échantillons

Les parties prélevées concernent la fraction aérienne (feuilles et rameaux) de chacune de ces espèces. Cela consiste à prélever autour de l'arbre, des douzaines de poignées de feuilles et des rameaux coupés au sécateur. Les feuilles et les rameaux récoltés sont rassemblés par espèce pour former un échantillon global. A partir de l'échantillon global haché, on prélève 1000 g constituant l'échantillon destiné aux analyses chimiques.

L'échantillon est séché dans une étuve réglée à 65 °C pendant 48 heures, puis broyé (1 mm), mis dans un sac hermétiquement fermé qui servira pour les éventuelles analyses chimiques.

2. Analyses chimiques

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées sont celles de l'AOAC[6]. Elles concernent la détermination de la matière sèche, des matières azotées totales, celles des matières minérales et la cellulose brutes. Les analyses sont réalisées en trois répétitions. La teneur en matière organique est déduite par soustraction de la matière minérale (MO= 100 – MM). Les analyses chimiques sont réalisées au niveau du laboratoire d'analyses fourragères du département de Biotechnologie, de la faculté SNV, de l'Université de Blida -1-

3. Calculs

3.1 Calculs des valeurs énergétiques et azotées

Les équations utilisées pour prédire les valeurs fourragères des feuilles des espèces arbustives à partir de leur composition chimique sont celles de **Morrisson** [7], **Jarrige** [8] et **Andrieu et Weiss** [9].

L'estimation de la valeur azotée est réalisée selon les travaux de **Jarrige** [10] et de **Guerrin et al.**[11].

3.2. Calculs statistiques

Les moyennes, les écart-types et les comparaisons des moyennes sont calculés et traités à l'aide du logiciel Statgraphics Centurion XVII. Il s'agit d'un test de Student au risque $\alpha=5\%$.

RESULTATS

1. Composition chimique des feuilles et rameaux du *Pistacia atlantica* Desf. et l'*Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Le *Pistacia atlantica* possède une teneur en MO de 96,38% de MS (Tableau 1). Cette teneur est proche à celle annoncée par **Le Houerou** [12] concernant le *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus* et *Pistacia vera* soient respectivement 93,8%, 95,5% et 94,2%.

L'*Acaciafarnesiana* présente une teneur en matière organique de 94,37% MS. Cette teneur est inférieure à celle du *Pistacia atlantica* de 2,01 points. **Boufennara** et al. [13] annoncent que les teneurs en matière organique de l'*Acacia nilotica* et de l'*Acacia saligna* sont de 92,0% et 89,9% de MS respectivement.

La teneur en MO d'*Acacia farnesiana* qu'on a obtenue est comparable à celles des deux espèces étudiées par [13].

La teneur en matières minérales de *Pistacia atlantica* est 3,62% de MS. Selon **Le Houerou**[12] les teneurs en MM du *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus* et *Pistacia vera* sont de 6,2%, 4,5% et 5,8% de MS respectivement. Le *Pistacia atlantica* est le plus pauvre en matière minérale comparativement aux autres espèces de *Pistacia*.

La teneur en matières minérales d'*Acacia farnesiana* est 5,63% de MS. Il existe une différence statistiquement significative entre cette valeur et celle de *Pistacia atlantica*.

Boufennara et al. [13] annoncent que les teneurs en matières minérales de l'*Acacia nilotica* et de l'*Acacia saligna* sont 8,0% et 10,1% de MS respectivement. Selon ces auteurs l'*Acacia farnesiana* est la moins pourvue en matières minérales.

La teneur en cellulose brute du Pistachier est de 10,13%. Elle est significativement inférieure à celle de l'*Acacia farnesiana* qui est de 28,49.

Le Houerou [12] trouve que les teneurs en cellulose brute de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus* et *Pistacia vera* sont de 8,6%, 16,6% et 14,2% de MS respectivement. Le *Pistacia atlantica* présente une teneur comprise dans l'intervalle de variation des autres espèces de *Pistacia atlantica* annoncés par le même auteur [12].

[14] et [15], enregistrent une teneur en CB de l'*Acacia farnesiana* respectivement de 22,6% et 22,3%. Ces valeurs sont inférieures à celle enregistrée dans notre essai.

Tableau 1 : Composition chimique de *Pistacia atlantica* et d'*Acacia farnesiana*

Espèces	MS(%)	En % MS			
		MM	MO	MAT	CB
<i>Pistacia atlantica</i>	94,35±0,13 a	3,62±0,10 b	96,38±0,10 a	10,81±0,13 a	10,13±0,16 a
<i>Acacia farnesiana</i>	92,55±0,18 b	5,63±0,12 a	94,37±0,27 b	17,24±0,18 a	28,49±0,95 a

MS : matière sèche ; MM : matières minérales ; MO : matière organique ; MAT : matières azotées totales ; CB : cellulose brute. Sur une même colonne, les valeurs portant une lettre identique sont comparables au seuil de 5%.

Les feuilles et rameaux d'arbre du *Pistacia atlantica* présentent une teneur en matières azotées totales de 10,81%. Cette teneur est à la moyenne d'arbres et arbustes en Algérie, soit 10,5 % annoncé par [2]. Elle est proche de la teneur en MAT de graminées spontanées fourragère en début épiaison annoncées par [16], soit 9,6%.

Le Houerou [12], rapporte que la teneur en matières azotées totales de MS *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus* et *Pistacia vera* sont de 7,9%, 10,8% et 8,1% de MS respectivement.

Le *Pistacia atlantica* présente une teneur comprise dans l'intervalle de variation des autres espèces de *Pistacia* annoncées par **Le Houerou** [12].

Les feuilles et rameaux d'*Acacia farnesiana* possède une teneur en matières azotées totales de 17,24% de MS. Cette valeur est proche à celle annoncé par [2], pour l'*Acacia saligna*, qui est de 15,7%. Ces auteurs annoncent un intervalle de variation entre 5,95 et 25,2% pour les différentes espèces d'*Acacia*. Les valeurs trouvées pour les deux espèces d'arbres montrent une différence statistiquement significative (Tableau 1). L'*Acacia farnesiana* est plus nutritif que *Pistacia atlantica*.

Boufennara et al. [13] enregistrent une MAT de l'*Acacia nilotica* et de l'*Acacia saligna* de 24,3% et 15,7% de MS respectivement.

2. Valeurs énergétiques des feuilles et rameaux du *Pistacia atlantica* Desf. et l'*Acacia farnesiana* (L.) Willd.

La valeur énergétique de *Pistacia atlantica* est de 0,90 UFL et de 0,82 UFV/Kg de MS. Ces teneurs sont comparables à celles d'un fourrage cultivé, soient 0,93 et 0,71 UFL/kg de MS annoncées par [17], pour respectivement le Trèfle violet et le Ray-grass d'Italie à (2ème cycle et à 35 jours)

Mebirouk-Boudechiche et al. [1], rapportent que la valeur fourragère de *Pistacia lentiscus* est de 0,67 UFL et 0,58 UFV/kg de MS. Les deux valeurs énergétiques de *Pistacia lentiscus* sont nettement inférieures à celle de *Pistacia atlantica* observée dans cet essai.

On observe que le *Pistacia atlantica* est plus énergétique que l'*Acacia farnesiana*

La valeur énergétique d'*Acacia farnesiana* est de 0,83 UFL et 0,74 UFV/kg de MS. Les valeurs énergétiques d'*Acacia farnesiana* et celles de *Pistacia atlantica* montrent une différence statistiquement significative. *Pistacia atlantica* est plus énergétique que des graminées fourragères spontanées étudiées par **Bencherchali** et **Hoanumani** [16]. Cependant ces auteurs annoncent des valeurs comparables en début épiaison et épiaison à celle d'*Acacia farnesiana* soient respectivement 0,78 et 0,72.

Tableau 2 : Valeurs énergétiques (UFL, UFV) et la digestibilité (dMO).

Espèces	UFL/kg de MS	UFV/kg de MS	dMO %
<i>Pistacia atlantica</i>	0,90±0,00 a	0,82±0,00 a	76,15±0,22 a
<i>Acacia farnesiana</i>	0,83±0,01b	0,74±0,01b	47,01±1,53 b

UFL= unité fourragères lait ; UFV = unités fourragères viande ; dMO = digestibilité de la matière organique ; Sur une même colonne, les valeurs portant une lettre identique sont comparables au seuil de 5%.

Audru et al. [18], rapportent que la valeur énergétique d'*Acacia nilotica* récolté à Djibouti en automne est de 0,80 UFL /kg de MS, elle est proche à celle obtenue par l'*Acacia farnesiana*.

3. Digestibilité de la matière organique (dMO%)

Le *Pistacia atlantica* possède une digestibilité de la matière organique de 76,15%, celle de l'*Acacia farnesiana* est de 47,01% (Tableau 2). La différence entre la digestibilité de la matière organique des deux espèces est statistiquement significative. On note un écart de 29,14 points en faveur du *Pistacia atlantica*. [1], notent que la digestibilité de la matière organique du *Pistacia lentiscus* est de 64,91%, celle de l'*Acacia horrida* est de 47,72%. Cette dernière est proche à celle de l'*Acacia farnesiana* de notre essai.

[15], rapportent que la digestibilité de la matière organique des espèces d'*Acacia aneura*, *Acacia cambagei*, *Acacia pendula* et *Acacia farnesiana* sont de 42,5%, 44,0%, 46,5% et 61,0% respectivement. Selon ses résultats on note que l'*Acacia farnesiana* possède la dMO la plus élevées par rapport aux autres. On remarque que cette dMO (61,0%) est nettement supérieure à la nôtre.

4. Valeurs azotées des feuilles et rameaux de *Pistacia atlantica* Desf. et d'*Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Le *Pistacia atlantica* présente une valeur de 24,29 g/kg MS protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire significativement inférieure à celle de l'*Acacia farnesiana* qui est de 38,74g/kg de MS (Tableau 3). Le *Pistacia atlantica* accuse 81,08 g/kg MS de PDIN, celle de l'*Acacia farnesiana* est de 129,28 g/kg.

Tableau 3 : Valeurs azotées (PDIA, PDIN et PDIE)

Espèces	PDIA g/kg de MS	PDIN g/kg de MS	PDIE g/kg de MS
<i>Pistacia atlantica</i>	24,29±0,29 b	81,08±0,98 b	89,84±0,13 a
<i>Acacia farnesiana</i>	38,74±0,39 a	129,28±1,31 a	75,67±1,74 b

PDIA : protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire ; PDIE : protéines digestibles dans l'intestin permis par l'énergie ; PDIN : protéines digestibles dans l'intestin permis par l'azote ; Sur une même colonne, les valeurs portant une lettre identique sont comparables au seuil de 5%.

Les PDIE de *Pistacia atlantica* est 89,84 g/kg, celles de l'*Acacia farnesiana* sont de 75,67 g/kg MS. La différence est statistiquement significative. Le *P. atlantica* est plus riche en PDIE que des graminées fourragères spontanées alors que l'*A. farnesiana* présente des teneurs qui leurs sont comparables aux stades début épiaison et épiaison [16].

DISCUSSION

Selon [1], la composition chimique du feuillage des plantes fourragères présente des variations entre espèces, ceci peut être dû, en grande partie, à des facteurs génétiques car l'accumulation des nutriments dans les plantes est une propriété spécifique qui varie selon les espèces et les genres.

La différence en teneur de CB entre les deux espèces peut être due à la présence des épines au niveau des rameaux d'*Acacia farnesiana*. Ces épines ramènent une forme de résistance contre la sécheresse.

Les feuilles d'arbre appartenant à la famille Mimosoideae sont plus riches en azote que celles de la famille des Anacardiaceae.

La valeur UFL de *Pistacia atlantica* est intéressante et donc permet l'exploitation efficace de ses feuilles et rameaux par les ruminants. Ces derniers peuvent être utilisés comme source énergétique aux vaches, chevrettes et brebis productrices de lait.

Selon [15], la faible digestibilité de l'*Acacia farnesiana* peut être liée à sa forte teneur en tannin en lignine et en cellulose brute présentes dans les feuilles et les rameaux.

La digestibilité de la matière organique de *Pistacia atlantica* est aussi intéressante que celle d'un fourrage annoncée par [17], pour les feuilles du Trèfle violet (2^{ème} cycle à 35 jours) et de Ray-grass d'Italie au même stade, soient 76,0% et 71,0% respectivement.

On suppose que la digestibilité de la matière organique d'*Acacia farnesiana* est très faible car ils possèdent des épines qui ne sont pas facilement digestible.

La faible digestibilité de l'*Acacia farnesiana* peut être liée à de forte teneur en tannin, en lignine et en cellulose brute dans ses feuilles et rameaux [15].

Les résultats de deux essais (in vivo et in situ) de l'influence des feuilles *Acacia rigidula* et *Acacia farnesiana* sur la rétention d'azote par les chèvres et la digestion ruminale par les moutons a indiqué que les tanins de l'acacia ont des effets négatifs sur les digestibilités des protéines, NDF et ADF [14].

Une étude de la valeur nutritive et de la digestibilité in vitro de légumineuses arbustives du genre *Acacia* dans la région de Constantine a montré que les faibles valeurs de la digestibilité de *Acacia cyanophylla* (0,457 g /g MS) et *Acacia nilotica*, (0,497 g / g MS) sont dues à leur contenu élevé en lignine et Tanins [19].

Chentali [20] trouve après analyse des facteurs anti nutritionnels chez deux espèces d'Acaciades quantités de tannins condensés totaux (TCT) très élevées chez l'*Acacia nilotica* 726,3 g/kg MS et l'*Acacia cyanophylla* 631,2 g/Kg MS comparativement au foin de vesce avoine (57,99 g/Kg MS)

La différence de protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire chez les deux espèces et due à la teneur en matière azotées totales de chaque espèce. La teneur en PDIA du *P. atlantica* est comparable à celle des fourrages spontanés de graminées (24 g/kg MS) étudiées par **Bencherchali** et **Houmani** [16].

Les deux espèces d'arbres fourragers sont plus riches en PDIN que les fourrages spontanés de Graminées [16], dont les valeurs oscillent entre 44 et 64 selon les stades de récolte. Il est à signaler que la valeur de PDIN est positivement corrélée à la teneur en MAT d'une espèce.

Prenant en compte la valeur PDIN d'*Acacia farnesiana*, on peut suggérer que les feuilles et rameaux peuvent être utilisés comme source d'azote aux herbivores et particulièrement des petits ruminants, pendant les périodes de sécheresse.

On remarque que la valeur des protéines digestibles dans l'intestin permise par l'énergie est inférieure à la valeur protéines digestibles dans l'intestin permise par l'azote PDIN chez l'*Acacia farnesiana*. Par contre chez le *Pistacia atlantica* la part des protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie est supérieure à la valeur de protéines digestibles dans l'intestin permise par l'azote. On note que chez les deux espèces la valeur PDIA est inférieure à celle de PDIN et de PDIE.

La valeur nutritive d'un fourrage est généralement jugée sur la base de sa teneur en nutriment potentiellement digestibles (essentiellement l'énergie, l'azote et les minéraux) et sur la présence de facteurs anti nutritionnels telle que la lignine.

CONCLUSION

L'étude contribue à la connaissance d'arbres qui peuvent aider à résoudre le déficit fourrager en Algérie et en préservant l'écosystème steppique. Ainsi, l'analyse chimique a révélé que les teneurs en matières azotées totales des feuilles et rameaux des espèces *Pistacia atlantica* (10,81%) et *Acacia farnesiana* (17,24%) sont assez intéressantes.

Les valeurs énergétiques des deux espèces sont assez importantes notamment celles de *Pistacia atlantica*. Les valeurs azotées des deux espèces sont aussi élevées. La digestibilité de la matière organique est intéressante particulièrement celle du Pistachier (76,15%).

L'utilisation des feuilles et rameaux de *Pistacia atlantica* et de l'*Acacia farnesiana* dans l'alimentation des ruminants constitue une alternative alimentaire intéressante. En effet, les valeurs azotées et énergétiques de ces feuilles peuvent couvrir les besoins des ruminants et particulièrement les petits ruminants pendant une période longue de l'année et surtout en période de soudure.

L'*Acacia farnesiana* est plus nutritif que *Pistacia atlantica*. L'*Acacia farnesiana* serait l'arbre fourrager le plus intéressant à planter dans ces régions steppiques, notant que cette espèce a été introduite dans le programme de réhabilitation par la plantation pastorale du Haut-Commissariat du développement de la steppe (HCDS).

Donc il serait intéressant d'entreprendre la plantation de ces arbres, dont les feuilles peuvent être offertes en partie à la place des concentrés aux vaches laitières et comme fourrage de base aux caprins et aux ovins.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Mebirouk-Boudechiche L., Cherif M., Boudechiche L., Sammar F., (2014).** Teneurs en composés primaires et secondaires des feuilles d'arbustes fourragers de la région humide d'Algérie. Rev. Méd.Vét., 2014, 165, 344-352.
- [2]. **Kadi S.A., Zirmi-ZembrI N., (2016).** Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 2- Les arbres et arbustes fourragers. [Livestock Research for Rural Development 28 \(8\) 2016](#)
- [3]. **Zirmi-Zembri N., Kadi S.A., (2016).** Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1- Les fourrages naturels herbacés. [Livestock Research for Rural Development 28 \(8\) 2016](#)
- [4]. **Pouget M. (1980).** Les relations sol-Végétation dans les steppes Sud-algéroises. Trav. et Doc. ORSTOM. Paris : 555.
- [5]. **DPAT. (2003).** Monographie de la Wilaya de Djelfa. Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (DPAT).6-22.

- [6]. **AOAC., (1975).** Association of Official Analytical Chemists. Methods of Analysis, 12th ed. Washington, D.C, 295p.
- [7]. **Morrisson I.M., (1976).** New laboratory methods for predicting what the nutritive value of forage crops. World Rev. Animal Prod., (12), 75-80.
- [8]. **Jarrige R., (1980).** Chemical method for predicting the energy and protein value of forager. Ann. Zootech., (29) 299-323.
- [9]. **Andrieu J. et Weiss P.H., (1981).** Prédiction de la digestibilité et de la valeur énergétique de fourrages verts de graminées et de légumineuses. In : *INRA publications (ed) : prédiction de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Andrieu J., Demarquilly C., Wegat-Litre E, Paris. 1981, 61-79.*
- [10]. **Jarrige R., (1988).** Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA, Paris, 471 p.
- [11]. **Guerin H., Richard D., Lefevre P., Friot D., Mbaye N., (1989).** Prédiction de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens. Actes du XVIème Congrès International des Herbages, Nice, France, Vol 2. pp. 879-880
- [12]. **Le Houerou H.N. (1980).** Fourrages ligneux en Afrique du Nord In : Les fourrages ligneux en Afrique. Etat actuel des connaissances Centre International Pour l'élevage en Afrique (CPEA), Addis Abeba, Ethiopie 8- 12 Avril : 57-82.
- [13]. **Boufennara S., Bouazza L., Bodas R., Bousseboua H. et López S. (2013).** Nutritive evaluation of foliage from some Acacia trees characteristic of Algerian arid and semi-arid areas. In: Ben Salem H. (ed.), López-Francos A. (ed.). Feeding and management strategies to improve livestock productivity, welfare and product quality under climate change. Zaragoza : CIHEAM / INRAT / OEP / IRESA / FAO, 2013. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 107). p. 63-68.
- [14]. **Ramirez R.G. et Ledezma-Torres R. A. (1997).** Forage utilization from native shrubs *Acacia rigidula* and *Acacia farnesiana* by goats and sheep. Small Ruminant Research 1997 (25) :43- 50.
- [15]. **Robyn Dynes A., Anthony Schlink C. (2002).** Livestock potential of Australian species of *Acacia*. Conservation Science W. Aust. 4 (3).117-124.
- [16]. **Bencherchali M., Houmani M. (2017).** Valorisation d'un fourrage de graminées spontanées dans l'alimentation des ruminants. Revue Agrobiologia (2017) 7(1) :346-354
- [17]. **Demarquilly C., Weiss PH. (1970).** Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages, I.N.R.A., Étude SEI no 42.
- [18]. **Audru J., Labonne M., Guerin H. ET Arun B. (1993).** *Acacia nilotica* son intérêt fourrager et son exploitation chez les éleveurs Afars de la vallée du Madgoul à Djibouti. Bois et Forêts des Tropiques n° 235, 1^{er} trimestre 1993 : 68.
- [19]. **Bouazza L., (2014).** Etude de la valeur nutritive de légumineuses arbustives du genre *Acacia*. Effets spécifiques de leurs hautes teneurs en tannins condensés sur la méthanogénèse ruminale d'ovins. Thèse de Doctorat en Science ; spécialité biotechnologie végétales. Université de Constantine : 1- 154
- [20]. **Chentli A., (2015).** Valorisation nutritionnelle d'*Opuntia* et *Acacia* spp. dans l'alimentation des ruminants Effets de hautes teneurs en tannins et oxalates sur l'activité du microbiote ruminal. Thèse de Doctorat en Sciences ; spécialité biotechnologie microbiennes. Université de Constantine : 1-189