



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة الشهيد الشاذلي بن جديد - تبسة

UNIVERSITÉ ECHAHID CHEIKH LARBI TÉBESSI – TÉBESSA-

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de La Nature et de La Vie

Département Biologie des Êtres Vivants

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master en

Sciences Agronomiques

Spécialité : Production Animale

Thème

Contribution à l'évaluation des connaissances des plantes pastorales communément consommées par les petits ruminants en élevage semi-extensif par la population rurale de la Wilaya de Tébessa.

Présenté par:

Mlle. Chaouch Anfel

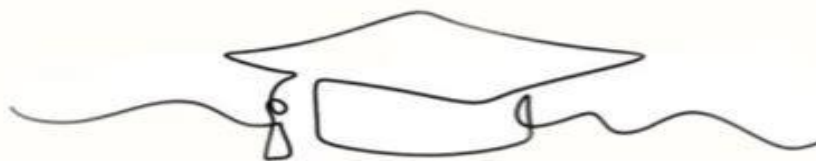
Mlle Aouachria Takoua

Le jury :

Présidente :	Dr. Mebarkia Nadjoua	MCB	-Université de Tébessa-
Examinatrice :	Dr. Bouzidi Oulfa	MCB	-Université de Tébessa-
Promoteur :	Dr. Gherissi Bilal	MAA	-Université de Tébessa-

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements



Avant tout, nous rendons **grâce à Allah** le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce modeste travail. Nous Lui exprimons notre profonde gratitude pour Sa guidance et Son soutien constants tout au long de notre parcours.

Nous adressons, avec une sincérité profonde et une immense reconnaissance, nos remerciements les plus chaleureux à notre encadreur, **Monsieur le Docteur GHERISSI Bilal**. Sa patience, son soutien continu, ses précieux conseils et ses qualités humaines ont été pour nous d'une valeur inestimable. Au-delà de son rôle académique, il a su être un véritable guide, nous accompagnant avec bienveillance tout au long de ce parcours. Les mots ne sauraient exprimer pleinement notre gratitude ni rendre justice à tout ce qu'il nous a apporté. Nous reconnaissons humblement que, quels que soient nos efforts, nous ne pourrions jamais lui témoigner la mesure de ses bienfaits.

Nous exprimons également notre profonde gratitude aux membres du jury, **Madame MEBARKIA Nadjouda et Madame BOUZIDI Oulfa**, pour l'honneur qu'elles nous font en acceptant d'évaluer notre travail, ainsi que pour leurs remarques pertinentes et leurs suggestions enrichissantes.

Nos remerciements vont aussi à **l'ensemble des enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Cheikh Larbi Tebessi**, qui ont contribué, chacun à leur manière, à notre formation et à l'enrichissement de nos connaissances tout au long de notre cursus en production animale.

Nous n'oublions pas d'exprimer notre reconnaissance envers toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons également à nous remercier mutuellement pour ces quatre années d'amitié, pour notre soutien indéfectible, notre patience et notre complicité. Nous avons partagé tant de moments précieux et notre lien est devenu plus fort que jamais, tel celui de véritables sœurs.

Enfin, nous exprimons nos plus sincères remerciements à **nos chères familles**, pour leur soutien constant, leurs encouragements et leurs prières, qui ont été une source permanente de motivation.

Nous prions Allah le Tout-Puissant d'accepter ce travail, de le rendre utile et bénéfique, et de récompenser tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

Rédigé par :

CHAOUCH Anfel et AOUCHRIA Takouaa

Dédicace

Louange à Allah, le Tout-Puissant, le Clément, qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance pour accomplir ce travail. Sans Sa guidance et Sa miséricorde, aucun effort n'aurait porté ses fruits, et aucune réussite n'aurait eu de sens. Que ce travail soit un humble témoignage de ma profonde gratitude envers Lui, qui éclaire mon chemin même dans les moments les plus sombres et transforme chaque difficulté en une précieuse leçon de vie.

À **moi-même**, pour mon courage face aux épreuves, ma détermination à surmonter chaque obstacle et ma foi inébranlable en mes capacités. Que ce parcours, parfois difficile mais toujours enrichissant, demeure le reflet de ma persévérance et de mon amour pour le savoir.

À mon père, **Riyad**, pilier de ma vie, qui m'a appris la force, la patience et la valeur des rêves, Ta sagesse et ton soutien constant ont guidé chacun de mes pas. Tu es l'inspiration qui me pousse à donner le meilleur de moi-même.

À ma mère, **Siham**, source inépuisable d'amour, de tendresse et de sagesse, qui a toujours cru en moi même dans mes moments de doute, Ton cœur généreux et ton courage silencieux m'ont appris que rien n'est impossible. Ton amour m'accompagne dans chacune de mes réussites.

À **mes chères sœurs, Hajar et Arije**, lumière de mes jours et compagnes de mon chemin, Votre présence dans ma vie est une véritable bénédiction. Vous avez été mon soutien dans les moments de faiblesse, partageant avec moi joies et peines avec sincérité et amour. Grâce à votre affection et à votre encouragement constant, j'ai toujours trouvé la force de continuer, quelles que soient les difficultés. Vous faites partie de chacune de mes réussites, et votre présence rend ma vie plus belle.

À toutes les personnes qui m'ont tendu la main, qui ont cru en moi et m'ont inspirée, j'exprime ma plus profonde gratitude. Votre générosité, votre patience et votre bienveillance ont illuminé mon chemin et m'ont permis d'avancer avec confiance.

Qu'Allah bénisse ce travail, guide mes pas vers la réussite et le bonheur, protège ma famille, bénisse tous ceux qui m'ont soutenue et transforme chaque effort en une réussite durable.

Anfel chaouch

Dédicace

من قال انا لها نالها
وانا لها ان ابت رغما عنها اتيت بها
لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها ان تكون
لم يكن الحلم قريبا لا الطريق كان محقوفا بالتسهيلات لكني فعلتها ونلتها الى من كان سندي الاول
الى من كان يرى في القوة حين اضعف
الى الذي افتخر به دائما ابي....شكرا لأنك
كنت ظهري الذي لا ينكسر
الى الحزن الذي لا يخيب الى القلب الذي كان يدعو لي في كل حين الى سر طمأنينتي
أمي....لك كل الحب الذي لا يكفيه كلام
الى من شددت عضدي بهم الى خيرة ايامي وصفوتها الى قرة اعيني الى
اخوتي...ملاك و لوي...انتم نعمة لا تعوض
الى اصدقاء جعلتهم الحياة اخوة لي الذين كانوا
معي في لحظات التعب قبل الفرح
شكرا لأنكم كنتم جزء من هذا الطريق
الى من كان سببا في ابتسامتي وسط كل هذا التعب الى نفسي التي
صبرت كثيرا انا فخورة بك
الى روح جدي الطيبة رحمة الله عليه
وأخيرا....
الحمد لله على بداية كانت صعبة ونهاية تليق بي

Introduction...	1
Chapitre I : Nutrition Animale.....	
I.1. Aliments dans la nutrition animale	2
I.1.1. Constituants des aliments.....	2
I.1.1.1. Eau.....	2
I.1.1.2. Constituants glucidiques.....	2
I.1.1.2.1. Glucides pariétaux.....	2
I.1.1.2.1.1. Cellulose.....	3
I.1.1.2.1.2. Hémicelluloses.....	3
I.1.1.2.1.3. Substances pectiques.....	3
I.1.1.2.1.4. Lignine.....	3
I.1.1.2.2. Glucides cytoplasmiques ou intracellulaires.....	3
I.1.1.2.2.1. Sucres solubles.....	4
I.1.1.2.2.2. Amidon.....	4
I.1.1.3. Constituants azotés.....	4
I.1.1.4. Constituants lipidiques	4
I.1.1.5. Minéraux	5
I.1.1.6. Vitamines	5
I.1.1.7. Autres constituants des aliments.....	6
I.1.1.7.1. Facteurs antinutritionnels.....	6
I.1.2. Différentes formes d'aliments pour ruminants.....	6
I.1.2.1. Aliments grossiers.....	7
I.1.2.2. Aliments succulents	7
I.1.2.3. Aliments concentrés.....	7
I.1.3. Interactions entre les aliments concentrés et les fourrages.....	7
I.1.3.1. Eléments de choix d'une ration.....	7
I.1.3.2. Régulation de la quantité ingérée	8
I.1.3.2.2. Influence des concentrés sur la digestion et l'ingestion des fourrages.....	8
I.1.4. Principaux aliments consommés par les ruminants	9
I.1.4.1. Aliments simples.....	9
I.1.4.1.1. Lait	9
I.1.4.1.2. Fourrages.....	9
I.1.4.1.2.1. Fourrages verts.....	10
I.1.4.1.2.2. Ensilages.....	10
I.1.4.1.2.3. Foins.....	10
I.1.4.1.2.4. Enrubannage	10
I.1.4.1.2.5. Paille.....	11
I.1.4.1.3. Aliments concentrés.....	11
I.1.4.1.3.1. Céréales	11
I.1.4.1.3.1.1. Protéagineux.....	11
I.1.4.1.3.1.2. Oléagineux.....	11
I.1.4.1.3.2. Coproduits.....	12
I.1.4.2. Aliments composés.....	12
Chapitre II : Anatomie et physiologie digestive des ruminants.....	
I.1. Anatomie du tube digestif.....	13
I.1.1. Rumen	13
I.1.2. Réseau.....	13
I.1.3. Feuille.....	13
I.1.4. Caillette	14
I.1.5. Les intestins.....	14

I.2. Paramètres physico-chimiques de l'environnement ruminal	14
I.2.1. Température.....	14
I.2.2. Ph.....	14
I.2.3. Potentiel d'oxydoréduction	15
I.2.4. Pression osmotique	15
I.2.5. Phase gazeuse	15
I.3. Processus de dégradation des polysides constitutifs de la paroi végétale.....	15
I.3.1. Composition de la paroi végétale	15
I.3.2. Microflore ruminale impliquée dans le processus de digestion.....	15
I.3.2.1. Bactéries	16
I.3.2.2. Protozoaires.....	16
I.3.2.3. Champignons	17
I.3.2.4. Interactions microbiennes.....	17
I.3.3. Importance des microorganismes chez les ruminants.....	17
I.3.4. Stratégie d'attaque de la paroi végétale.....	18
I.3.4.1. Adhésion des microorganismes aux particules alimentaires	18
I.3.4.2. Equipement enzymatique impliqué dans le processus de la dégradation.....	18
I.3.4.3. Hydrolyse des glucides pariétaux et leurs fermentation.....	19
I.4. Digestion des glucides	19
I.5. Digestion azotée	19
I.6. Digestion des lipides.....	20
II.8. Produits terminaux des fermentations et leurs utilisations.....	20
II.9. Facteurs influençant la digestion des glucides pariétaux.....	21
Chapitre III: Ressources Fourragères Et Élevage En Algérie.....	
I.1. Ressources fourragères en Algérie.....	22
I.1.1. Fourrages cultivés	22
I.1.2. Fourrages naturels.....	22
I.2. L'élevage en Algérie	23
Présentation des espèces fourragères étudiées.....	
I. <i>Suaeda altissima</i>	24
I.1. Classification.....	24
I.2. Description	24
II. <i>Rumex Crispus</i>	25
II.1. Classification.....	25
II.2. Description.....	25
III. <i>Argemone mexicana</i>	26
III.1. Classification.....	26
III.2. Description.....	26
IV. <i>l'Astragalus</i>	27
IV.1. Classification.....	27
IV.2. Description.....	27
V. <i>Medicago arabica</i>	28
V.1. Classification	28
V.2. Description	28
VI. <i>Capsella bursa-pastoris</i>	29
VI.1. Classification	29
VI.2. Description	29
VII. <i>Laiteron rude</i>	30
VII.1. Classification	30
VII.2. Description	30

VIII. <i>Cynodon Dactylon</i>	31
VIII.1. Classification.....	31
VIII.2. Description.....	31
Matériels et méthodes	32
I. Matériels végétal	32
II. Méthodes	32
II.1. Préparation des échantillons.....	32
II.2. Analyse chimique des plantes.....	32
II.2.1. Détermination de la matière sèche.....	32
II.2.1.1. Principe	32
II.2.1.2. Mode opératoire.....	32
II.2.1.3. Expression des résultats	32
II.2.2. Détermination des matières minérale et organique	33
II.2.2.1. Principe	33
II.2.2.2. Mode opératoire.....	33
II.2.2.3. Expression des résultats	33
II.2.3. Dosage de la matière azotée totale	33
II.2.3.1. Principe	33
II.2.3.2. Réactifs	33
II.2.3.3. Mode opératoire.....	34
II.2.3.3.1. Minéralisation.....	34
II.2.3.3.2. Distillation.....	34
II.2.3.3.3. Titration.....	34
II.2.3.4. Expression des résultats	34
II.2.4. Détermination de la teneur en matières grasses totales	35
II.2.4.1. Principe	35
II.2.4.2. Mode opératoire.....	35
II.2.4.3. Expression des résultats	35
II.2.5. Détermination de la teneur en paroi totale.....	35
II.2.5.1. Principe	35
II.2.5.2. Réactifs	36
II.2.5.3. Mode opératoire.....	36
II.2.6. Analyse statistique.....	36
Résultats et discussion.....	
I. Analyse de la composition chimique des plantes.....	37
I.1. Matière sèche.....	37
I.2. Matière organique et matière minérale	38
I.3. Matières azotées totales	40
I.4. Matière grasse	42
I.5. Paroi totale	43
Conclusion.....	46
Références bibliographiques.....	47

LISTE DES FIGURES

Figure 01 :	Schema descriptif de <i>Suaeda altissima</i>	24
Figure 02 :	<i>suaeda altissima</i>	24
Figure 03 :	schéma descriptif de <i>Rumex crispus</i>	25
Figure 04 :	<i>Rumex crispus</i>	25
Figure 05 :	schéma descriptive de <i>Argemone mexicana</i>	26
Figure 06 :	<i>Argemone mexicana</i>	26
Figure 07 :	schéma descriptif d' <i>Astragalus</i>	27
Figure 08 :	<i>L` Astragalus</i>	27
Figure 09 :	Schema descriptive de <i>Medicago arabica</i>	28
Figure 10 :	<i>Medicago arabica</i>	28
Figure 11 :	schéma descriptif de <i>Capsella bursa-pastoris</i>	29
Figure 12 :	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	29
Figure 13 :	schéma descriptive du <i>laiteron rude</i>	30
Figure 14 :	<i>laiteron rude</i>	30
Figure 15 :	schéma descriptive de <i>Cynodon dactylon</i>	31
Figure 16 :	<i>Cynodon dactylon</i>	31
Figure 17 :	teneur en matière sèche (MS) des plantes étudiées	37
Figure 18 :	teneur en matière organique (MO) des plantes étudiées	39
Figure 19 :	teneur en matière minérale (MM) des plantes étudiées	40
Figure 20 :	teneur en matières azotées totales (MAT) des plantes étudiées	41
Figure 21 :	teneur en matière grasse (MG) des plantes étudiées	43
Figure 22 :	teneur en paroi totale (PT) des plantes étudiées	44

Liste des Tableaux

Tableau 01 :	la teneur en matières sèche (MS) des plantes étudiées.....	37
Tableau 02 :	la teneur en matières organique (MO) des plantes étudiées.....	39
Tableau 03 :	la teneur en matières azotées totales (MAT) des plantes étudiées.....	40
Tableau 04 :	la teneur en matière grasse (MG) des plantes étudiées.....	42
Tableau 05 :	la teneur en paroi totale (PT) des plantes étudiées.....	44

liste des abreviations

A.L :	<i>L`Astragalus</i>
A.M :	<i>Argemone Mexicana</i>
C.B :	<i>Capsella bursa- pastoris</i>
C.D :	<i>Cynodon Dactylon</i>
L.R :	<i>Laiteron rude</i>
M.A :	<i>Medicago arabica</i>
R.A :	<i>Rumex acetosella</i>
S.A :	<i>Suaeda altissima</i>
MAT :	Matière azotée totale
MG :	Matière grasse
MM :	Matières minérales
MO :	Matières organiques
MS :	Matière sèche
PT :	Paroi totale

Introduction

Introduction

En Algérie, l'élevage a gardé un caractère traditionnel, fondé principalement sur l'exploitation des ressources naturelles, cependant l'alimentation reste en particulier la contrainte névralgique des élevages, notamment celle des ruminants ; sa dépendance vis-à-vis de la végétation naturelle est très importante (Merdjane et Yakhlef, 2016).

Les ruminants doivent recevoir tous les éléments nutritifs diététiques essentiels en quantités optimales. Le manque de quantité et la fluctuation de la qualité des ressources alimentaires surtout dans les zones arides et semi arides pénalisent de la production animale en Algérie (Kanoun et al., 2007). Plusieurs facteurs sont impliqués et largement responsables des situations de carences tel que l'intensification d'élevage, l'instabilité du climat, la fertilisation et les caractéristiques du sol qui influencent la biodisponibilité de ces nutriments (Jarrige *et al.*, 1995).

L'Est algérien dispose d'importantes ressources animales et pastorales où les parcours naturels jouent un rôle fondamental dans le système de production agricole avec une grande diversité d'habitats occupés par une importante richesse floristique (Chalane *et al.*, 2019). Les pâtures sont confrontés à plusieurs facteurs de dégradation tels que, l'irrégularité climatique, l'augmentation démographique et l'utilisation inadéquate des ressources naturelles (Boussaada et Benabdelli, 2021), la réduction globale du couvert végétal sous l'effet du surpâturage (Boukerker *et al.*, 2021, Bahlouli et al., 2018).

La production fourragère est limitée comparativement aux besoins du cheptel existant. Les semences des fourrages cultivés sont importées ce qui constitue un frein à l'expansion de leurs culture. La faible maîtrise de l'itinéraire cultural, le manque d'eau d'irrigation quasi permanent en été et la faible mécanisation de l'agriculture engendrent des faibles rendements et augmentent les prix de revient des fourrages cultivés (Abdelguerfi, 1994).

Les plantes fourragères spontanées sont une bonne alternative aux fourrages cultivés. Elles constituent, en compagnie des pailles de céréales, l'essentiel de l'alimentation des herbivores, en particulier des petits ruminants. Elles appartiennent à diverses familles botaniques, dont des nombreuses espèces supportent la sécheresse, les températures plus ou moins élevées, la salinité et les coupures répétées. Elles conservent leur fraîcheur pendant une bonne partie de l'année. Elles constituent une importante biodiversité végétale à caractère fourrager nécessitant une valorisation rationnelle (Houmani *et al.*, 2004).

Cette biodiversité est peu connue et peu ou pas du tout étudiée du point de vue de son intérêt fourrager (Bencherchali et Houmani, 2010). Dans ce contexte, nous nous sommes proposé d'évaluer les connaissances de la population locale concernant les plantes pastorales les plus consommées par les ruminants dans notre zone d'étude (région de Boukhadra, Wilaya de Tébessa) par l'évaluation de leurs valeurs nutritives par des méthodes d'analyse chimique en vue de déterminer les apports et les déficits qui peuvent exister.

CHAPITRE I

NUTRITION ANIMALE

I. Nutrition animale

La nutrition recouvre l'ensemble des aspects liant l'alimentation à la santé. Elle englobe la physiologie de la digestion et l'étude du métabolisme et en particulier, elle s'intéresse aux effets des différents aliments sur l'état de santé, le bien-être et les performances zootechniques des animaux (Blain, 2002).

I.1. Aliments dans la nutrition animale

Les aliments apportent aux animaux les substances nutritives dont ils ont besoin, ils contiennent des nutriments et d'autres entités chimiques de nature diverse : constituants intrinsèques, contaminants ou de substances volontairement rajoutées comme des additifs (Blain, 2002).

I.1.1. Constituants des aliments

Chaque aliment, quelque soit sa nature ou son origine renferme les mêmes nutriments : eau, matières minérales et nutriments organiques (glucides, lipides, protides, composés azotés et vitamines).

I.1.1.1. Eau

Tous les aliments contiennent de l'eau, même ceux qui apparaissent très secs. Elle représente un solvant idéal pour plusieurs constituants cellulaires et un grand nombre de molécules. Elle intervient dans des nombreuses réactions biochimiques. L'organisme ne peut pas se faire des réserves d'eau et il réagit très vite à un déficit d'apport, ce qui lui confère un rôle nutritionnel important malgré son apparente banalité. La connaissance de la teneur en eau d'un aliment constitue la première étape dans l'évaluation de sa valeur nutritive ainsi que l'appréciation de son aptitude à la conservation (Blain, 2002).

I.1.1.2. Constituants glucidiques

Les glucides représentent les composés majoritaires des aliments d'origines végétales. Ils sont classés en deux catégories : glucides pariétaux et glucides cytoplasmiques.

I.1.1.2.1. Glucides pariétaux

La paroi végétale se caractérise par une teneur élevée en glucides pariétaux complexes (Fonty, 1999), on distingue :

I.1.1.2.1.1. Cellulose

C'est le matériel structural de base des parois cellulaires des végétaux supérieurs. Elle représente 32 à 47% du poids sec du fourrage (Chenost et Kayouli, 1997). C'est un polymère formé de longues chaînes linéaires d'unités D-glucose liées en $\beta(1-4)$. Entre les chaînes parallèles s'établissent des liaisons intra et inter chaînes qui conduisent à la formation de microfibrilles et de zones cristallines qui confèrent une grande stabilité à la paroi végétale. La cellulose est normalement entièrement digestible (Besle et Jouany, 1990).

I.1.1.2.1.2. Hémicelluloses

Ce sont des hétéropolymères amorphes, composés d'oses neutres (D -xylose, D-mannose, D-glucose, D-galactose, L-arabinose) et d'acides (acide 4-O-méthyl glucuronique et acide glucuronique), reliés entre eux par des liaisons $\beta(1-4)$, $\beta(1-3)$ ou $\beta(1-6)$. Leur concentration est de 15 à 40% de matière sèche chez les graminées, et de 8 à 15% chez les légumineuses (Fonty, 1999). Les hémicelluloses sont partiellement digestibles (Chenost et Kayouli, 1997).

I.1.1.2.1.3. Substances pectiques

Elles sont constituées d'une chaîne principale d'unités d'acide galacturonique liées en $\beta(1-4)$. De place en place, on rencontre des unités de L-rhamnose liées aux acides galacturoniques. Ce squelette porte des chaînes latérales composées essentiellement de galactose et d'arabinose (Selinger *et al.*, 1997). Leur concentration est de 1 à 4% de matière sèche chez les graminées, et de 10 à 15% de matière sèche chez les légumineuses (Jarrige *et al.*, 1995).

I.1.1.2.1.4. Lignine

C'est un hétéropolymère phénolique formé de nombreux noyaux aromatiques portant des atomes d'oxygène liés à des chaînes linéaires à trois atomes de carbone. La liaison avec les hémicelluloses s'effectue par des microfibrilles de cellulose et aboutit à une structure dense et résistante. La lignine est totalement indigestible (Blummel *et al.*, 1997).

I.1.1.2.2. Glucides cytoplasmiques ou intracellulaires

Ce sont les oses et les autres glucides hydrolysables par les enzymes digestives des êtres vivants supérieurs. Ils se trouvent en grande quantité dans la plus parts des aliments dits concentrés énergétiques et en petite quantité dans les fourrages jeunes (Enjalbert, 1996). On peut distinguer deux groupes : les sucres solubles et l'amidon.

I.1.1.2.2.1. Sucres solubles

Ce sont les oses et les diholosides ou disaccharides. Ils sont très rapidement fermentescibles. Ils sont présents dans les feuilles et les tiges jeunes, et plus nombreuses dans les racines de betterave, la mélasse (plus de 50% de la matière sèche), les tubercules et le lactosérum (Enjalbert, 1996).

I.1.1.2.2.2. Amidon

C'est un polyholoside composé de deux types de macromolécules reliées entre elles par des liaisons hydrogènes :

- L'amylose, polymère principalement linéaire de D-glucoses en liaison $\alpha(1-4)$ avec quelques liaisons $\alpha(1-6)$.
- L'amylopectine, ramifié, composé de D-glucoses en liaison $\alpha(1-4)$ et $\alpha(1-6)$ au niveau des ramifications, elle est plus grosse que l'amylose et représente en moyenne 70 à 80% du poids de l'amidon (Enjalbert, 1996).

L'amidon est une molécule de réserve, sa teneur augmente avec la maturité du grain (Enjalbert, 1996).

I.1.1.3. Constituants azotés

Se sont surtout :

- Les constituants azotés non protéiques, qui représentent de 15 à 25% de l'azote des fourrages verts. La proportion est plus élevée dans les tiges que dans les feuilles, et dans les légumineuses que dans les graminées (Jarrige, 1988).
- Les constituants azotés protéiques, qui donnent après hydrolyse des polypeptides, peptides et des acides aminés (Thivend *et al.*, 1985).

I.1.1.4. Constituants lipidiques

Il s'agit de biomolécules organiques insolubles dans l'eau et les solvants organiques. Chez les végétaux, les lipides se localisent au niveau du chloroplaste des cellules. Dans les aliments, les lipides ou les matières grasses sont représentées par les triglycérides et le glycérol (Blain, 2002).

I.1.1.5. Minéraux

Quelques soit l'origine de l'aliment, il contient des minéraux qui se présentent sous des formes chimiques variées. L'estimation de la quantité d'éléments minéraux mise à la disposition de l'animal est une des conditions nécessaire à l'établissement des rations équilibrées. La composition minérale d'un fourrage résulte de l'action combinée de plusieurs facteurs (le stade de végétation de la plante, son appartenance botanique, les conditions du milieu et d'exploitation). Les matières minérales totales (cendre brute) constituent 8 à 15% de la matière sèche des fourrages (Jarrige *et al.*, 1995).

Les minéraux sont classés en deux groupes :

- Les macroéléments, qui sont les plus abondants dans les aliments (Ca, P, Mg, Na, Cl, S).
- Les oligoéléments, qui sont les moins répondus. Il s'agit de six métaux (Fe, Cu, Co, Mn, Mo et Zn) et de trois métalloïdes (Se, F, I) (Jarrige *et al.*, 1995).

I.1.1.6. Vitamines

Ce sont des substances organiques que l'on peut définir sur le plan nutritionnel par les caractéristiques suivantes :

- Elles sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme ;
- Elles sont actives à faible dose ;
- Elles ont une action spécifique, aucune vitamine n'étant plus importante qu'une autre (Dauzier, 1970).

L'organisme est capable de réaliser la synthèse de certaines vitamines, comme par exemple la synthèse de la vitamine K par la flore intestinale des mammifères, de la vitamine C par les glandes surrénales chez tous les animaux domestiques, des vitamines du groupe B par les micro-organismes du rumen et du caecum. Il peut également réaliser des synthèses partielles à partir de provitamines. Elles sont classées selon leurs solubilités en :

- Vitamines hydrosolubles (groupe B et C) : Ce sont les vitamines solubles dans l'eau, avec une répartition plus homogène dans les aliments. Chez les ruminants, la synthèse des vitamines du groupe B est assurée par les microorganismes qui peuplent le rumen ce qui les rendent indépendants à l'égard l'apport alimentaire. La vitamine C n'existe pas dans les aliments secs conservés qu'ils soient d'origine animale ou végétale (Wolin et Miller, 1988).

- Vitamine liposolubles (groupe A, D, E et K) : Ce sont des vitamines solubles dans les graisses et les solvants, avec une répartition très hétérogène chez les végétaux verts, on trouve en abondance les β -carotènes, les tocophérols et le phylloquinone qui sont surtout associées à la cellule végétale (Friessecke, 1979). Les ruminants demeurent très dépendants à l'égard de ces vitamines, en particuliers celle du groupe A, E et secondairement de celle du groupe D. Cependant, la vitamine K est occasionnellement assurée par la flore ruminale (Wolin et Miller, 1988).

I.1.1.7. Autres constituants des aliments

I.1.1.7.1. Facteurs antinutritionnels

Les facteurs antinutritionnels sont des substances naturellement présentes dans les plantes. On leur reconnaît la propriété de diminuer la qualité nutritionnelle des aliments. Il existe une très grande diversité de facteurs antinutritionnels végétaux, appelés également facteurs allelochimiques. Ces métabolites, dites secondaires sont groupés dans les catégories suivantes : alcaloïdes, glycosides, terpénoïdes différemment substituées par des fonctions alcooliques, phénoliques ou carboxyliques. Il en résulte l'existence dans chaque groupe de plusieurs centaines de dérivés, capables chacun d'un effet antinutritionnel différent (Aganga et Tshwenyane, 2003).

I.1.2. Différentes formes d'aliments pour ruminants

Dans l'alimentation des ruminants, c'est surtout les produits végétaux qui occupent une place primordiale. En premier lieu les fourrages au sens large du mot, puis les racines, les tubercules, les graines et les fruits divers (Sauvant, 1988).

Parmi ces aliments, les sous-produits résultant de l'industrie agro-alimentaire des produits végétaux destinés à l'alimentation humaine sont également inclus comme aliments de bétail. Les produits d'origines animales peuvent aussi être incorporés dans l'alimentation du bétail comme les sous produits d'abattoir (farines des os) malgré qu'ils soient actuellement délaissés suite à l'épidémie de la vache folle. Parfois il est nécessaire de compléter la ration par des additifs afin d'améliorer sa valeur nutritive. Les aliments peuvent être classés selon leur contenu en matière sèche (MS) ainsi que sur la valeur de cette MS comme suit :

I.1.2.1. Aliments grossiers

Ils contiennent le plus souvent une forte proportion de constituants membranaires. Il s'agit :

- Des aliments à haute teneur en MS : les foins et les fourrages déshydratés (85 à 92% de MS).
- Des aliments à teneur variable en MS : l'herbe des prairies et les ensilages (10 à 30% de MS) (Jarrige, 1988).

I.1.2.2. Aliments succulents

Ils ont des teneurs faibles en MS et en cellulose. Ce sont surtout les racines et les tubercules (Jarrige, 1988).

I.1.2.3. Aliments concentrés

Ce sont des aliments ayant une teneur élevée en énergie nette dans la MS. Certaines ont en plus une teneur élevée en protéines digestibles dans l'intestin. Ils présentent une teneur assez faible en parois végétales (de 15 à 35% de la MS) (Sauvant et Michalet-Doreau, 1988). Il existe deux catégories d'aliments concentrés :

- Les aliments concentrés simples : graines oléagineuses ; grains (céréales) et fruits ; sous-produits de ces grains de fruits, ainsi que les racines et les tubercules.
- Les aliments concentrés composés qui sont des mélanges d'aliments concentrés simples pouvant aussi contenir une certaine proportion d'autres aliments (Démarquilly et Andrieu, 1988).

I.1.3. Interactions entre les aliments concentrés et les fourrages**I.1.3.1. Eléments de choix d'une ration**

Composer une ration consiste d'abord à réaliser la meilleure adéquation possible entre les apports nutritifs et les besoins des animaux. Il faut, aussi, tenir compte de leurs capacités d'ingestion et des interactions entre les concentrés et les fourrages qui modifient l'ingestion volontaire de fourrage et l'efficacité d'utilisation de l'énergie (Journet, 1988).

Une ration doit aussi être composée au meilleur coût en tenant compte des rapports de prix entre aliments et produits animaux. Ceci peut conduire à ne pas suivre strictement les

apports recommandés. Le niveau de complémentation optimum des fourrages offerts à volonté dépendra de deux éléments :

- Des quantités de fourrages ingérées et des apports nutritifs qui en résultent;
- De la réponse de la production de lait ou de viande, lorsque ce niveau optimum est connu.

Il reste encore à réaliser le meilleur choix entre aliments en fonction de leurs prix de substitution pour un même apport d'éléments nutritifs et aussi de leur valeur hygiénique (Allard et Pellerin, 2000).

Le rationnement peut encore aller au-delà en tenant compte des effets éventuels sur la qualité des produits. Cette dernière n'avait pas jusqu'ici un impact important sur le choix des rations, ce qui est en train de changer avec l'établissement de prix beaucoup plus différenciés selon la qualité du lait et de la viande pour le consommateur ou pour l'industriel qui les transforment (Oldham, 1984).

I.1.3.2. Régulation de la quantité ingérée

I.1.3.2.1. Rations composées uniquement de fourrages

Les mécanismes mis en évidence pour l'herbe jeune et les pailles s'appliquent à tous les fourrages usuels qui se situent entre ces deux extrêmes. Quand la plante se développe et vieillit, elle se charge en parois cellulaires et en tissus lignifiés et s'appauvrit en constituants intracellulaires plus rapidement au cours des cycles de croissance. Il en résulte une diminution de sa digestibilité, de son ingestibilité et, donc, de la quantité d'énergie et d'éléments nutritifs qu'elle apporte à l'animal (Pellerin *et al.*, 2000). Au total, la quantité d'énergie retirée par un animal donné est fondamentalement limitée par les caractéristiques du fourrage à consommer et par l'effet d'encombrement du rumen (Jarrige, 1988).

I.1.3.2.2. Influence des concentrés sur la digestion et l'ingestion des fourrages

Les aliments concentrés se distinguent des fourrages par leur concentration élevée en protéines, en amidon et par une faible teneur en constituants fibreux. En plus, ils sont souvent broyés et conditionnés sous forme granulée pour faciliter leur manipulation et leur transport mais aussi pour être ingérés rapidement. Ces caractéristiques physico-chimiques font que les concentrés requièrent un temps court de mastication. Les microorganismes les colonisent rapidement, fermentent les constituants cellulaires dégradables et facilitent la fragmentation

en petites particules des parties fibreuses indigestibles qui peuvent quitter le rumen. De ce fait, ils sont beaucoup moins encombrants que les fourrages (Journet, 1988).

Cependant, l'ingestion de quantités croissantes de concentrés provoque des modifications fermentaires qui perturbent la digestion des fourrages et réduisent l'ingestion. En effet, la production rapide d'acides gras volatiles n'est pas totalement neutralisée par les substances tampons apportées par la salive dont la sécrétion est réduite en raison de la faible durée de mastication au cours de l'ingestion et de la rumination (Jarrige, 1988). Lorsqu'en fin de repas le pH du liquide du rumen devient inférieur à 6, consécutivement à une ingestion élevée de concentrés très rapidement fermentescibles, le développement de la flore cellulolytique qui s'attaque aux parois cellulaires sera inhibée (Sauvant et Michalet-Doreau, 1988).

La digestion moins rapide et moins complète des fourrages va avoir comme double conséquence d'accroître leur encombrement et de réduire l'importance de leur digestion dans le rumen. Il en résultera une diminution de l'ingestion et de l'énergie digestible des fourrages. Celle-ci est cependant compensée par des pertes de fermentation sous forme de méthane (Journet, 1988).

I.1.4. Principaux aliments consommés par les ruminants

Les aliments composant la ration alimentaire peuvent être très divers et varient suivant l'animal, la saison, la région voire la pratique de l'éleveur (Normand *et al.*, 2005). Dans l'alimentation des ruminants, c'est surtout les produits végétaux qui occupent une place primordiale. En premier lieu les fourrages au sens large du mot, puis les racines, les tubercules, les graines et les fruits divers. (Sauvant, 1988).

I.1.4.1. Aliments simples

I.1.4.1.1. Lait

Le lait est le seul aliment consommé par le veau ou l'agneau dans ses premières semaines de vie (lait maternel ou reconstitué).

I.1.4.1.2. Fourrages

Les fourrages sont des aliments constitués principalement par les tiges, les feuilles et les fleurs des plantes fourragères naturelles ou cultivées. Lorsque ces plantes sont récoltées après la floraison, ils comportent également une certaine proportion de graines ou de grains.

Les fourrages ne poussent pas de façon régulière toute l'année. De ce fait, les fourrages peuvent être consommés directement en vert par les animaux mais il est également nécessaire de les récolter et de les conserver pour les périodes plus difficiles (l'hiver). On distingue fréquemment trois modes de conservation des fourrages : l'ensilage, le foin et l'enrubannage (Normand *et al.*, 2005).

I.1.4.1.2.1. Fourrages verts

Il s'agit des fourrages qui sont pâturés par les animaux (l'herbe), mais aussi des fourrages cultivés (comme la luzerne, le trèfle). De façon assez peu fréquente, ces fourrages peuvent également être récoltés et donnés directement en vert aux animaux (Normand *et al.*, 2005).

I.1.4.1.2.2. Ensilages

Il s'agit des fourrages conservés par fermentations. Lors de la récolte, les plantes sont finement broyées puis mises en silo où elles sont tassées et enfermées à l'abri de l'air et de la lumière. En absence d'oxygène, des fermentations lactiques et une acidification se développent ce qui permet de conserver l'ensilage dans de bonnes conditions (Normand *et al.*, 2005). Les ensilages de fourrages verts remplacent les fourrages classiques, ils sont très appétibles (Soltner, 1999).

I.1.4.1.2.3. Foins

Les foins sont de l'herbe fauchée et séchée. Ils sont issus des prairies naturelles à flore variée ou des prairies temporaires de graminées seules ou graminées et légumineuses. Leurs valeurs nutritives sont en relation avec le stade de récolte. L'optimum pour les graminées est le début d'épiaison et pour les légumineuses est le bourgeonnement. Elle dépend aussi des conditions de récolte et de conservation. Les foins représentent un aliment indispensable à tous les herbivores (Soltner, 1999).

I.1.4.1.2.4. Enrubannage

Il s'agit d'un produit intermédiaire entre le foin et l'ensilage. L'herbe ou les légumineuses sont fauchées comme pour le foin, mais la phase de séchage au sol est moins longue puisque au final l'enrubannage contient en moyenne 40 à 50% d'eau. Le fourrage est alors récolté sous forme de balles rondes qui sont ensuite emballées dans un film plastique pour en faire un mini-silo (Normand *et al.*, 2005).

I.1.4.1.2.5. Paille

La paille est constituée de la partie des végétaux subsistant après la récolte des graines de céréales. Elle est généralement plus ligneuse et donc moins nutritive que le foin. Dans le cas de rations très riches en concentré, le fourrage distribué aux animaux est souvent de la paille afin de faciliter leur rumination (Normand *et al.*, 2005). Leur valeur nutritive dépend de l'espèce, la meilleure est l'avoine, puis l'orge et le blé. Elle nécessite toujours une complémentation en énergie, en azote, en minéraux et même en vitamine (Soltner, 1999).

I.1.4.1.3. Aliments concentrés

Les aliments concentrés visent à apporter l'énergie et les protéines dont l'animal a besoin en complément des fourrages qu'il consomme. On distingue plusieurs catégories d'aliments concentrés qui, selon leur composition, apportent plutôt de l'énergie ou plutôt des protéines :

I.1.4.1.3.1. Céréales

Ils sont caractérisés par une richesse en amidon et un déficit en cellulose et en matières azotées (Soltner, 1999). Il s'agit des principales céréales produites sur les exploitations agricoles : le blé, l'orge, le triticale, le maïs, l'avoine, le seigle, le sorgho. Ces aliments sont particulièrement riches en énergie. Pour les bovins, elles sont généralement broyées sous forme de farine ou aplaties afin d'en favoriser la digestion. Au contraire, pour les ovins, qui ont une bonne capacité de mastication, il est préférable de les distribuer sous forme entière (Normand *et al.*, 2005).

I.1.4.1.3.1.1. Protéagineux

Les protéagineux sont particulièrement riches en protéines, les plus utilisés sont le pois, le lupin et la féverole (Normand *et al.*, 2005).

I.1.4.1.3.1.2. Oléagineux

Ces graines présentent la particularité d'être riche en matière grasse et en matière azotée. Les plus utilisés sont le soja, le colza, le tournesol et le lin. Compte tenu de leur teneur en lipides, il n'est pas possible d'en donner en grande quantité aux animaux (problème de digestion de la ration). Les oléagineux sont plutôt utilisés sous forme de tourteaux (Normand *et al.*, 2005).

I.1.4.1.3.2. Coproduits

Les industries agroalimentaires génèrent en quantités variables ce qu'elles nomment des sous-produits de fabrication. Selon leurs natures, leurs présentations, leurs qualités hygiénique et nutritive, certaines de ces productions induites peuvent se trouver, dans l'alimentation animale. On distingue différentes sortes de coproduits :

- Coproduits issus de la transformation des oléagineux : il s'agit surtout des tourteaux de soja, de colza, et de tournesol obtenus après extraction de l'huile de graines oléagineuses. Ils sont particulièrement riches en protéines. De ce fait sont très utilisés en alimentation animale.
- Coproduits de l'industrie sucrière : c'est surtout la pulpe de betterave fraîche, surpressée ou déshydratée. Elle est obtenue après extraction du sucre de la betterave, puis pressée et séchée. C'est une source de cellulose facilement digestible.
- Coproduits de la filière céréale : ce sont les coproduits issus de la meunerie et de l'amidonnerie tels que les sons, les remoulages et les farines.
- Coproduits de l'industrie laitière : se sont les lactosérums provenant de la fabrication du fromage. Ils entrent dans la composition des aliments d'allaitement des veaux.
- Coproduits de brasserie (drêche de brasserie) et de conserverie (fruits et légumes).

L'ensemble des aliments concentrés décrits ci-avant sont des aliments simples. Ils sont généralement distribués en mélange pour équilibrer la ration. Ce mélange est fait soit directement par l'éleveur (mélange fermier), soit par un fabricant d'aliment du bétail (aliment du commerce). Celui-ci incorporera d'avantage de matières premières que celui réalisé par l'éleveur afin d'optimiser la valeur nutritive l'aliment (Normand *et al.*, 2005).

I.1.4.2. Aliments composés

Ce sont des mélanges de produits de différentes origines (animale ou végétale), ainsi que leurs dérivés. Ils peuvent être complétés par des additifs. De ce fait, ces aliment peuvent être complets (ils contiennent tous les constituants qui assurent tout les besoins nutritionnels), comme ils peuvent être aussi des aliments complémentaire à d'autres aliments (Soltner, 1999).

CHAPITRE II

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DIGESTIVE DES RUMINANTS

I. Anatomie et physiologie digestive des ruminants

I.1. Anatomie du tube digestif

Le tube digestif des ruminants est composé de l'estomac, les intestins et les glandes annexes. L'estomac des ruminants est constitué de quatre cavités : le rumen (panse), le réseau (bonnet ou réticulum), le feuillet (omasum) et la caillette (abomasum). C'est une particularité biologique anatomique et physiologique essentielle de leur tube digestif (Sauvant, 2002).

I.1.1. Rumen

Le rumen est tapissé de nombreuses papilles qui permettent d'étendre la surface d'absorption des nutriments dont certains produits du métabolisme des microorganismes (Sauvant, 2002). C'est le compartiment le plus volumineux, avec plus de 90% du volume total des trois autres organes. C'est aussi le site principal de localisation des bactéries, des protozoaires et des champignons digestifs (Chenost et Kayouli, 1997). Le rumen est souvent comparé à un fermenteur continu, où l'apport de substrats pour la microflore ruminale est quasi régulier (grâce au processus de la rumination), et où l'élimination des produits terminaux issus de la digestion ruminale est aussi régulière par l'évacuation périodique des fèces (Jouany, 1994).

I.1.2. Réseau

Il possède une ouverture assez large sur le rumen, c'est pourquoi certains auteurs l'associent au rumen et surnomment l'ensemble réticulo-rumen (Jouany, 2000). Sa muqueuse est hérissée d'alvéoles qui augmentent la surface de contact avec les aliments. Le réseau joue le rôle d'un filtre, puisque seules les particules alimentaires dont la taille est inférieure ou égale à 1mm (chez le mouton) passent vers le feuillet. Il intervient aussi dans la remontée du bol alimentaire lors de la rumination (Sauvant, 2002).

I.1.3. Feuillet

Le feuillet est plissé comme un livre (d'où son nom). Sa surface intérieure est constituée de lamelles longitudinales de grande taille. En aval, le feuillet est largement ouvert sur la caillette. Il est responsable de l'absorption de jusqu'à 70% de l'eau (Sauvant, 2002).

I.1.4. Caillette

Les fonctions digestives de la caillette sont comparables à celles de l'estomac des mammifères monogastriques, puisque des glandes digestives présentent uniquement dans cette poche sont à l'origine de la production de la pepsine et de l'acide chlorhydrique qui décomposent les aliments (Chenost et Kayouli, 1997).

I.1.5. Les intestins

Les intestins des ruminants sont composés, comme dans les autres espèces, d'un intestin grêle et d'un gros intestin. Ce dernier se divise lui-même en un côlon et un cæcum. L'intestin est le lieu de la dégradation enzymatique des aliments et de leur absorption. Son fonctionnement chez les ruminants est identique à ce que l'on connaît chez l'homme ou les autres espèces animales (Barone, 1984).

I.2. Paramètres physico-chimiques de l'environnement ruminal

Le rumen joue un rôle majeur dans la digestion, puisque 60 à 90% des aliments ingérés y sont digérés (Jouany, 1994).

I.2.1. Température

La température du rumen se situe entre 39 et 40°C. Elle peut atteindre la valeur de 41°C lors d'activité fermentaire intense (Chenost et Kayouli, 1997). Le métabolisme ruminal intense se traduit par une production de chaleur qui permet aux ruminants de résister efficacement aux basses températures (Sauvant, 2002).

I.2.2. pH

Le rumen se caractérise par un important pouvoir tampon (pH = 6 à 7), qui est le résultat de l'association de trois facteurs (Fonty *et al.*, 1995) :

- L'apport de minéraux (bicarbonates et phosphates) de la salive.
- L'absorption des produits terminaux de la fermentation à travers l'épithélium du rumen, et leur évacuation avec le flux sortant du rumen.
- Le propre pouvoir tampon des aliments ingérés.

Les fluctuations du pH sont donc limitées, mais des valeurs inférieures à 6 peuvent apparaître lors de l'ingestion d'aliments riches en glucides solubles et en amidon altérant ainsi la digestion des fibres (Orskov et Ryle, 1990).

I.2.3. Potentiel d'oxydoréduction

Le rumen se caractérise par une absence d'oxygène et un potentiel redox très bas (Fonty *et al.*, 1995).

I.2.4. Pression osmotique

La pression osmotique du rumen est voisine de celle du sang. A chaque fois qu'une variation survient, suite à l'hydratation ou à l'ingestion d'aliments, l'équilibre est rétabli grâce à la perméabilité de la paroi ruminale à l'eau qui stabilise la teneur en eau du jus ruminal entre 85 et 90% (Chenost et Kayouli, 1997).

I.2.5. Phase gazeuse

Le mélange de gaz est fait principalement de 65% de dioxyde de carbone (CO₂) et de 35% de méthane (CH₄). D'autres gaz comme l'hydrogène (H₂), le sulfure d'hydrogène (H₂S) et l'oxygène sont présents mais en quantités négligeables (Jouany, 1994).

Toutes ces caractéristiques de l'environnement ruminal sont propices au développement d'une population microbienne diversifiée constituée de bactéries, de champignons et de protozoaires, tous anaérobies (Jouany, 1994).

I.3. Processus de dégradation des polysides constitutifs de la paroi végétale**I.3.1. Composition de la paroi végétale**

Une cellule végétale comprend un protoplaste et une enveloppe dont l'épaisseur augmente avec l'âge (Jarrige *et al.*, 1995). La partie végétative renferme des polysides de réserve (amidon, fructosanes), quelques quantités de glycoprotéines et quelques lipides complexes (cire, cutine, subérine), alors que la paroi végétale se caractérise par une teneur élevée en glucides pariétaux complexes (Fonty, 1999). Les polysides structuraux (cellulose, hémicelluloses et substances pectiques) constituent la forme essentielle de stockage de l'énergie des végétaux. Ils représentent 40 à 60% de la matière sèche des fourrages (Fonty, 1999).

I.3.2. Microflore ruminale impliquée dans le processus de digestion

Dans le rumen se développent trois principaux groupes anaérobiques : bactéries, protozoaires et champignons.

I.3.2.1. Bactéries

L'implantation des bactéries dans le rumen n'est pas conditionnée par la consommation d'aliments solides, puisqu'elles apparaissent dès le quatrième jour après la naissance. Elles représentent le groupe le plus varié puisqu'environ 300 espèces ont été décrites dont 30 sont exclusives au milieu ruminal (Orskov et Ryle, 1990).

Les bactéries sont classées selon :

- Leur aptitude à dégrader et à fermenter les substrats, on distingue : les bactéries cellulolytiques, les bactéries amylolytiques, les bactéries pectinolytiques, les bactéries uréolytiques et les bactéries protéolytiques. Le groupe de bactéries le plus important est celui des bactéries cellulolytiques.
- Leur état de présence dans le rumen, on distingue : les bactéries libres dans le liquide ruminal, les bactéries adhérentes à la muqueuse du rumen et les bactéries fixées aux particules alimentaires (75%) (Besle et Jouany, 1990).

I.3.2.2. Protozoaires

Ce sont des organismes eucaryotes unicellulaires mobiles. On distingue :

- Protozoaires ciliés : se sont les protozoaires les plus importants par leur nombre et leur influence sur la digestion. Leur concentration est de 10⁴ à 10⁶/ml. Ils sont présents à l'état libre ou sont fixés aux particules végétales. Ils sont 20 à 100 fois plus grands en taille que les bactéries. On distingue les holotriches et les entodiniomorphes. Ces derniers ont une grande capacité à ingérer les particules solides de petite taille (grains d'amidon et fibres cellulosiques). Ils ingèrent aussi continuellement des bactéries (Fonty *et al.*, 1995).
- .- Protozoaires flagellés : leur concentration est plus faible (10³ à 10⁴/ml). Se sont des organismes pouvant aussi ingérer des bactéries (Orskov et Ryle, 1990).

Plusieurs espèces de protozoaires ciliés sont dotées d'une activité cellulolytique, hémicellulolytique et pectinolytique (Fonty, 1999). Ils assurent 10% de l'activité protéolytique et 30 à 40% de la fonction lipolytique (Brock *et al.*, 1982). La plupart des protozoaires utilisent l'amidon qu'ils stockent sous forme de polymères insolubles (l'amylopectines qui représentent le 1/3 des glucides solubles ingérés) (Coleman, 1979). La

transmission des protozoaires ciliés d'un animal à un autre se fait par la salive, néanmoins leur développement nécessite l'établissement préalable de la microflore bactérienne et fongique (Fonty *et al.*, 1995).

I.3.2.3. Champignons

Les champignons apparaissent 8 jours avant que l'animal n'ingère les aliments solides. Ils représentent 8% de la biomasse microbienne totale du rumen. Les principaux genres sont : *Neocallimastix* et *Piromyces* (Fonty *et al.*, 1995). Les champignons sont généralement localisés sur les tissus à parois épaisses et/ou lignifiées (Grenet et Barry, 1988). Ils sont dotés d'une activité cellulolytique, hémicellulolytique et protéolytique mais ils ne dégradent pas les pectines et la lignine (Jouany, 1994).

I.3.2.4. Interactions microbiennes

Les interactions mutuelles entre les différentes espèces de microorganismes sont hautement complexes. On y trouve tous les genres de la vie communautaire :

- Compétition : deux espèces dépendent du même substrat.
- Neutralisme : deux espèces co-existent sans influence réciproque.
- Commensalisme : la croissance d'une espèce dépend d'une autre sans que celle-ci soit influencée.
- Syntrophisme : c'est le transfert d'hydrogène obligatoire à partir de souches hydrogénophiles.
- Prédation : c'est le cas des protozoaires qui ingèrent des bactéries (Orskov et Ryle, 1990).

I.3.3. Importance des microorganismes chez les ruminants

Les microorganismes assurent la couverture des besoins de l'animal en énergie (grâce aux acides gras volatiles issus des différentes fermentations), en acides aminés (libérés par les corps microbiens qui passent dans l'intestin), et en vitamine B (Orskov et Ryle, 1990). De plus, ils ont la capacité de métaboliser et détoxifier certains composants nocifs naturellement présents dans les plantes (acide oxalique, mimosine) exerçant ainsi une fonction protectrice vis-à-vis de l'animal hôte (Fonty *et al.*, 1995).

I.3.4. Stratégie d'attaque de la paroi végétale

La dégradation des glucides pariétaux nécessite obligatoirement l'attachement des microbes aux particules alimentaires pour que leurs enzymes puissent pénétrer à l'intérieur des structures fibreuses, et commencer les processus d'hydrolyse et de fermentation (Fonty, 1999).

I.3.4.1. Adhésion des microorganismes aux particules alimentaires

Ce phénomène est la première étape dans le processus de la cellulolyse et de la dégradation des aliments. Il augmente leur temps de rétention dans le rumen et rend l'action microbienne plus efficace en concentrant les enzymes hydrolytiques sur leurs tissus cibles.

I.3.4.2. Equipement enzymatique impliqué dans le processus de la dégradation

Les microorganismes du rumen possèdent un équipement enzymatique permettant d'hydrolyser la quasi-totalité des liaisons présentes dans les composés pariétaux, excepté la lignine (Allister *et al.*, 1994). La dégradation de la cellulose, surtout la forme cristalline, et des hémicelluloses nécessite la présence de nombreuses enzymes ayant des modes d'action différents et pouvant agir en synergie :

- Cellulases : hydrolysent divers substrats cellulotiques et dérivés contenant des liaisons $\beta(1-4)$.
- Endoglucanases : hydrolysent les liaisons glycosidiques $\beta(1-4)$ au hasard à l'intérieur de la chaîne de cellulose donnant naissance à des cellodextrines, du cellobiose et du glucose.
- Exoglucanases : hydrolysent la cellulose à partir de son extrémité non réductrice en libérant du cellobiose.
- Cellodextrinases : hydrolysent les cellodextrines en cellobiose et cellotriose.
- β -glucosidases (cellobiases) : fractionnent le cellobiose en glucose (Jouany, 1994).

Les cellulases produites par les bactéries cellulolytiques (*Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Fibrobacter succinogenes*) sont plus actives à des pH allant de 6 à 6,8 et à des températures supérieures à 41°C (Grenet et Besle, 1988). Les zoospores des champignons produisent des enzymes extracellulaires mais associées à la paroi fongique, il s'agit de polysaccharidases (exocellulases, endocellulases, cellodextrinases) qui

dépolymérisent la cellulose et les hémicelluloses en libérant des oligosaccharides (Jouany, 1994).

I.3.4.3. Hydrolyse des glucides pariétaux et leurs fermentation

La multiplicité et la complexité des enzymes et des microorganismes qui les synthétisent confèrent à l'écosystème ruminal une grande efficacité à dégrader les parois végétales. En effet, les microorganismes qui assurent la transformation des polysides structuraux en composés assimilables par l'animal sont organisés en chaîne trophique. Des microorganismes hydrolytiques dépolymérisent les polysides pariétaux en molécules plus courtes jusqu'au stade dimère, puis monomère (cellobiose, xylobiose, xylose, glucose,...) Ces réactions constituent la phase hydrolytique qui est suivie de la phase fermentaire où les oses sont fermentés en pyruvate puis en acides gras volatils (acétate, propionate et butyrate) avec la production de l'hydrogène et du CO₂. Ce dernier est réduit par les bactéries méthanogènes en CH₄. D'autres métabolites fermentaires (éthanol, lactate, succinate) ne s'accumulent pas car ils sont catabolisés par d'autres espèces au fur et à mesure de leur production (Fonty, 1999).

I.4. Digestion des glucides

Les glucides solubles et l'amidon sont rapidement fermentés par les bactéries et les protozoaires. Une partie peut être stockée par ces derniers sous forme d'amylopectine. La fermentation des glucides solubles conduit à la formation d'AGV riches en butyrate, par contre celle de l'amidon entraîne une production accrue de propionate (Jouany, 1994).

I.5. Digestion azotée

Un pH de 6 à 7 et l'anaérobiose constituent les conditions optimales pour l'activité des protéases. Les protéines sont hydrolysées dans le rumen en oligopeptides qui sont ensuite dégradés en peptides plus courts puis en acides aminés. Une partie des acides aminés est transformée en acides gras volatils, après désamination et décarboxylation et une faible partie est incorporée directement aux protéines microbiennes. Les acides aminés fournissent ainsi l'ammoniac utilisé par les différents groupes de microorganismes pour synthétiser leurs propres protéines (recyclage de l'azote microbien). Les protéines microbiennes non dégradées dans le rumen sont évacuées vers l'intestin où elles représentent la majeure partie (50 à 95%) des apports en acides aminés de l'animal (Jouany, 1994).

I.6. Digestion des lipides

Les lipides alimentaires sont représentés principalement par les triglycérides. Ils sont hydrolysés par les microorganismes en acides gras et glycérol. Ce dernier est métabolisé par la suite en acide propionique. Une partie des acides gras est absorbée sur les particules alimentaires et sur les membranes microbiennes. Les bactéries peuvent alors les stocker comme acides gras libres, les incorporer dans les structures cellulaires comme phospholipides ou les métaboliser en corps cétoniques. Les bactéries peuvent synthétiser à partir des AGV des acides gras à longues chaînes saturées, insaturées (16 à 18 atomes de carbone), ou ramifiées (15 à 17 atomes de carbone). Ils sont ensuite digérés dans l'intestin avec la matière organique microbienne (Jouany, 1994).

II.8. Produits terminaux des fermentations et leurs utilisations

Les oses produits, au cours de la dégradation des polymères pariétaux, sont fermentés en anaérobiose et conduisent à la formation d'acides gras à courte chaîne et de gaz (CO₂ et CH₄). Des acides ramifiés sont également produits à partir de la fermentation des acides aminés (l'acide isobutyrique produit à partir de la valine, et l'acide isovalérique produit de la leucine). La dégradation de la cellulose conduit principalement à la formation de l'acétate et de l'hydrogène qui est utilisé pour la synthèse du méthane. Celle des glucides solubles donne du butyrate, et celle de l'amidon produit du propionate et du CO₂.

Les acides gras volatils représentent 70 à 80% de l'énergie totale absorbée, le reste provient du métabolisme des acides aminés et des lipides. Le propionate est produit suite à l'ingestion des rations à base de grains. Il est utilisé au niveau du foie comme précurseur du glucose selon le processus de la néoglucogenèse. Le butyrate provient des régimes hyperglucidiques alors que l'acétate est le résultat de l'ingestion des fourrages. C'est le précurseur de l'acétyl CO-A qui intervient dans le métabolisme cellulaire de l'animal (synthèse des acides aminés et des acides gras). L'énergie de la fermentation des oses est utilisée sous forme d'ATP par les bactéries pour la synthèse des protéines microbiennes qui sont utilisées dans l'intestin grêle du ruminant (Komisarczuk *et al.*, 1991).

II.9. Facteurs influençant la digestion des glucides pariétaux

Les principaux facteurs agissant sur la digestion ruminale sont :

- La concentration en lignine qui a un double effet négatif, en réduisant la pénétration des enzymes microbiennes dans les fibres et en inhibant chimiquement l'activité enzymatique.
- Le stade de maturité de la plante : la dégradation des glucides pariétaux dans le rumen passe de 80 à 96% pour un fourrage jeune à 40-50% pour une plante âgée.
- La présence de substances anti-nutritionnelles comme les tanins, la silice et la cutine.
- Le traitement physico-chimique de l'aliment comme le broyage modifie la densité des particules ce qui diminue leur temps de séjour dans le rumen et leur accessibilité aux enzymes microbiennes.
- La qualité de la ration : les compléments énergétiques, azotés et minéraux (phosphore, soufre) conditionnent la croissance microbienne et la production des enzymes.
- Les caractéristiques du rumen qui dépendent de l'animal (espèce, âge et état physiologique) (Besle et Jouany, 1990).

CHAPITRE III

RESSOURCES FOURRAGÈRES ET ÉLEVAGE EN ALGÉRIE

I. Ressources fourragères et élevage en Algérie

I.1. Ressources fourragères en Algérie

Ce sont surtout les caractéristiques édaphique et climatique qui déterminent la répartition de la végétation naturelle et les potentialités agricoles des différentes zones agro-écologiques en Algérie. Les terres consacrées à la production fourragère couvrent 33 millions d'hectares, elles sont constituées par les prairies naturelles (0,1%), les cultures fourragères (1,6%), la jachère (10,6%), les pacages et les parcours steppiques (87,7%) ainsi que les parcours forestiers (Nadjraoui, 2001).

La production fourragère locale assure un taux de couverture des besoins du cheptel de 52%, mais la contribution des chaumes et des pailles permet d'augmenter le taux de couverture à 82%. Cette situation découle du fait que la sole réservée aux cultures fourragères reste faible et la valeur alimentaire des ressources est relativement faible (Tedjari *et al.*, 2008).

I.1.1. Fourrages cultivés

En Algérie, les fourrages cultivés contribuent faiblement à l'alimentation des herbivores comparés aux plantes fourragères spontanées. Les cultures fourragères reposent sur l'importation de semences à haut rendement qui nécessite une irrigation d'appoint ou des précipitations généreuses et bien réparties dans le temps (Bencherchali et Houmani, 2010). Ces fourrages sont composés surtout de la vesce-avoine qui représente 70% de la terre cultivée, le reste est cultivé par les céréales, orge, avoine, et seigle. La luzerne et le sorgho restent peu représentatifs (Abdelguerfi, 1989). La culture des fourrages occupe annuellement 523000 hectares (GREDAAL, 2005) soit un peu plus de 6,1% de la surface agricole utile. Elle est donc peu pratiquée en raison d'une faible superficie agricole utile (8,5 millions d'hectares) mais aussi en raison d'une insuffisante quantité d'eau allouée à l'agriculture (Bencherchali et Houmani, 2010).

I.1.2. Fourrages naturels

L'Algérie, par la diversité de sa flore et de ses microclimats, représente un important réservoir d'espèces pastorales et fourragères pouvant répondre aux objectifs d'extensification et d'augmentation de la production (3300 espèces vasculaires spontanées) (Adamous *et al.*, 2005). Il s'agit de prairies naturelles et de jachères fauchées. Les prairies naturelles sont situées surtout dans les étages bioclimatiques humides et subhumides, la jachère pâturée est représentée par des terres situées au niveau des régions semi-arides et en altitudes (Nadjraoui,

2001). Les ressources alimentaires des troupeaux sont constituées de deux types de végétation naturelle: Les plantes pérennes (alfa, armoise, arganier, ...) et les plantes annuelles représentées par différentes espèces (graminées et légumineuses) totalement dépendantes de la pluviométrie du printemps et de l'automne (Ronda, 2006).

La connaissance des espèces fourragères spontanées, qui supportent la sécheresse et les températures plus ou moins élevées (caractéristiques dominantes du climat Nord Africain), consommées dans les milieux difficiles est indispensable pour estimer leur valeur nutritionnelle afin de mettre en place des méthodes d'utilisation rationnelle des ressources fourragères disponibles (Bencherchali et Houmani, 2010). En Algérie, c'est surtout les fourrages steppiques et sahariens qui constituent plus de la moitié de l'alimentation des ruminants (Longuo *et al.*, 1989).

I.2. L'élevage en Algérie

L'une de contraintes majeures de l'élevage algérien est d'assurer une couverture des besoins du cheptel qui est constitué surtout par les ovins qui prédominent en représentant 80% du cheptel, ils se localisent au niveau des zones steppiques (75%) et en association avec les bovins dans les zones céréalières et sublittorals. En seconde position vient le cheptel caprin qui se localise dans les zones steppiques en représentant 13%. Le cheptel bovin reste faible (6%) dont 58% sont des vaches laitières. L'élevage bovin reste cantonné dans le nord du pays. Les camelins représentent 240 milles têtes jusqu'à 2001 (Nadjraoui, 2001).

Les parcours steppiques sont le domaine de prédilection de l'élevage ovin et caprin avec plus de 90% ce qui entraîne une surexploitation de ces pâturages, ils existent des formes sociales d'adaptation qui aident à lutter contre les durées de sécheresse cycliques, le principe se résume à transhumier vers le nord pendant le printemps à la quête de l'herbe « *achaba* » et le retour vers le sud se fait en automne « *azzaba* » (Adamou *et al.*, 2005). Ces mouvements de transhumances permettent une utilisation intelligente des ressources fourragères car ils permettent une régénération des espèces végétales pendant le printemps, c'est-à-dire que la production végétale sera représentée par des espèces annuelles relatives aux pluies et qui ont une valeur nutritive élevée et qui peuvent compenser le déficit des espèces pérennes (Nadjraoui, 2001).

**PRESENTATION DES
ESPECES FOURRAGERES
ETUDIEES**

1. *Suaeda altissima*:

1.1. Classification:

Règne: Plantae

Embranchement: Spermatophyta

Sous-embranchement: Angiospermes

Classe: Dicotylédones (Magnoliopsida)

Sous-classe: Caryophyllidae

Ordre: Caryophyllales

Famille: Amaranthaceae

Genre: *Suaeda*

Espèce: *Suaeda altissima*

Source: APG IV (2016)



Figure 01: Shema descriptif de *Suaeda altissima* (Zhu G et al .,2003).

1.2. Description:

Suaeda altissima est une plante herbacée annuelle halophyte appartenant à la famille des Amaranthacées, caractéristique des milieux alcalins et les sols riches en sel (Maire, R.,1958). Elle peut mesurer de 0,2 à 2 m de hauteur, avec une tige dressée et fortement ramifiée à la dessiccation (Zhu G et al ., 2003). Ses feuilles sont filiformes, cylindriques ou semi-cylindriques mesurant typiquement 10–30 mm de long et environ 0,5–1 mm de large (Zhu G et al ., 2003).

Cette espèce est distribuée à travers l'Europe méridionale, l'Asie tempérée et certaines régions d'Afrique du Nord. Elle montre une grande tolérance sécheresse grâce à des adaptations morphologiques et physiologiques spécifiques aux halophytes (Maire, R.,1958).



Figure 02 : *suaeda altissima* (Source original 2026)

2. *Rumex Crispus*:

2.1. Classification:

Règne : Plantae.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicots.

Sous classe : Rosopsida.

Groupe : Caryophyllidae.

Ordre : Polygonales.

Famille : Polygonaceae.

Genre : *Rumex*.

Espèce : *Rumex Crispus*

Source: APG III (2009)



Figure 03: schéma descriptif de *Rumex crispus* (Lindman, 1905)

2.2. Description:

Rumex Crispus est une plante vivace de 50 cm à 1 mètre de hauteur. Les tiges sont robustes, les feuilles sont ondulées-crispées aux bords, oblongues-lancéolées aiguës et atténuées ou tronquées à la base. Les verticilles sont multiflores et rapprochés. Les pédicelles sont articulés, les valves sont fructifères largement ovales en cœur et entières ou denticulées à la base, à granules inégaux, souvent un seul est développé et ovoïde. (Maire, R., 1958).

Cette plante est adaptée à des conditions climatiques variées et présente dans de nombreux environnements. Elle se retrouve notamment dans presque tous les sols mais elle préfère les sols secs. Ce sont des adventices communes des grandes cultures annuelles, surtout en agriculture biologique, mais aussi présentes dans les prairies et les pâtures (Alshallash, 2018).



Figure 04 : *Rumex Crispus* (Source original 2026)

3. *Argemone mexicana*:

3.1. Classification:

Règne : Végétal

Sous règne: Eucaryotes

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Rannunculales

Famille : Papavéracée

Genre : *Argemone*

Espèce : *Mexicana*



Source: APG IV (2016)

Figure 05: schéma descriptive de *Argemone mexicana* (Kohler, 1887)

3.2. Description:

Argemone mexicana est une plante annuelle ramifiée et dressée, qui atteint 1mètre de hauteur. La base est ligneuse, les feuilles sont alternes, sessiles et glabres lancéolées avec le bord lobé et dentelé, ces dents sont terminées par des pointes épineuses, les nervures sont alternes, étalées d'un blanc laiteux sur le limbe. On rencontre des épines à la partie inférieure du limbe. Les fleurs sont terminales, ils peuvent atteindre 2,5 à 5cm de diamètre avec des sépales verts et des pétales jaune vif. Les fruits sont des capsules rectangulaires et ovoïdes avec de nombreuses épines dressées ou étalées. Le latex est jaune, la graine est brun-noirâtre, ronde et nette. *Argemone mexicana* est originaire de la partie méridionale de l'Amérique du nord. Elle vit dans différentes régions du monde (Sangaré, 2003).



Figure 06 : *Argemone mexicana* (Source Original 2026)

4. *l'Astragalus*:

4.1. Classification:

Régné : Plantae.

Sous Régné : Tracheobionta.

Embranchement : Spermatophytes.

Sous embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

Sous classe : Rosidaceae.

Ordre : Fabales.

Famille : Fabaceae.

Sous famille : Papilionaceae.

Genre: *Astragalus* L.

Source : (Quézel et Santa, 1962).



Figure 07: schéma descriptif d'*Astragalus* (Köhler, 1887)

4.2. Description:

C'est une plante vivace, acaule à inflorescences en grappe naissant directement de la souche. Les fleurs sont purpurines ou violacées disposées sur un pédoncule aussi long que les feuilles. Celles-ci sont constituées de 10 à 20 paires de folioles. Les fruits sont des gousses arquées linéaires de 3-4 cm de longueur (Quézel et Santa, 1962).

Le genre *Astragalus* représente l'un des plus grands genres de la famille des Fabaceae, il est largement distribué dans le monde entier (Ozenda, 1991).

Les espèces du genre *Astragalus* se propagent dans les zones arides et semi arides. Les espèces d'astragales qui se développent en Afrique du Nord (Algérie, Maroc, Tunisie) sont des plantes arabo-sahariennes méditerranéennes. (Boual et al., 2015 ; Liston et Wheeler., 1991 ; Davis., 1987)



Figure 08: *l'Astragalus* (Source original 2026)

5. *Medicago arabica*:**5.1. Classification:****Règne :** Plantae**Sous-règne :** Tracheobionta**Classe :** Magnoliopsida**Sous-classe :** Rosidae**Ordre :** Fabales**Famille :** Fabaceae**Sous-famille :** Faboideae**Genre :** *Medicago***Espèce :** *Medicago arabica*.**Source :** APG IV (2016)

Figure 09 : Schema descriptive de *Medicago arabica* (Sturm, 1796).

5.2. Description :

Cette plante annuelle, mesurant entre 20 et 60 cm, est presque glabre et possède des tiges couchées ou ascendantes. Ses feuilles sont composées de folioles assez grandes et obcordées, légèrement denticulées au sommet. Les stipules à la base des feuilles sont larges. L'inflorescence se compose de petites fleurs jaunes de 3 à 4 mm, groupées par 1 à 5 sur des pédoncules plus courts que la feuille, se terminant par une pointe qui égale ou dépasse les fleurs. Le fruit est une gousse glabre et assez volumineuse, mesurant 4 à 6 mm de diamètre, de forme cylindrique-discoïde et plane aux deux extrémités, comptant 3 à 5 tours de spire serrés. (Coste H.,1906)

Géographiquement, cette plante annuelle se trouve principalement dans les régions des hauts plateaux des chaînes de l'Atlas en Afrique du Nord. (Medoukali ,2016)



Figure 10: *Medicago arabica* (Source original 2026)

6. *Capsella bursa-pastoris*:

6.1. Classification:

Embranchement: Spermatophytes

Sous embranchement: Polymorphisme

Classe: Magnoliophyta

Sous-classe: Dilleniidae

Ordre: Capparales

Famille: Brassicaceae

Genre: *Capsella*

Espèce: *Capsella bursa-pastoris*

Source: (Cronquist, 1981)



Figure 11: schéma descriptif de *Capsella bursa-pastoris* (DeFelice, 2001)

6.2. Description:

La bourse à pasteur est une plante herbacée annuelle ou vivace de la famille des crucifères. Cette espèce est variable par la taille, la forme des fruits et des feuilles (Vandebroek, 2006). Elle mesure de 20-70 cm de haut, avec de nombreuses racines fibreuses, blanches. Tiges dressées, à pubescence blanche. Les feuilles sont pennées et les deux lobes sont irrégulièrement dentés. Racème, 4 pétales, blanc. Silique, plate, triangulaire inversée ou en forme de cœur inversé. La floraison se fait de mai à juin, fructifiant de juin à juillet (Cuilan et al., 1996).

La bourse à pasteur est considérée comme l'une des espèces les plus répandues de la planète. Elle a des facilités à coloniser des milieux aux climats et aux structures de sol différent. C'est une plante commune dans les champs, les décombres, les terrains vagues et au bord des chemins, où on la trouve presque toute l'année (Vandebroek, 2006).



Figure 12: *Capsella bursa-pastoris* (Source original 2026)

7. *Laiteron rude*:

7.1. Classification:

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Asterales

Famille : Asteraceae

Sous-famille : Cichorioideae

Genre : *Sonchus*

Espèce : *Sonchus asper*

Source : APG IV (2016)



Figure 13: schéma descriptive du *laiteron rude* (Coste. H, 1906)

7.2. Description:

Il s'agit d'une plante annuelle ou bisannuelle, pouvant atteindre 30 cm à 1 mètre de hauteur, caractérisée par une tige robuste, creuse et contenant un latex blanc. Les feuilles se distinguent par un limbe d'un vert foncé. Elles sont bordées de dents spinuleuses (épineuses mais peu piquantes), les feuilles sont munies à leur base d'oreillettes arrondies contournées et appliquées contre la tige. L'inflorescence est composée de capitules de fleurs jaunes toutes ligulées, portés par des pédoncules souvent munis de poils glanduleux. L'involucre est glabre ou glanduleux. Le fruit est un akène compressé, oblong-ovale, pourvu de trois côtes longitudinales sur chaque face, avec un espace parfaitement lisse entre les côtes, surmonté d'un pappus à soies blanches et simple (Maire, R., 1958).

C'est une plante assez commune de la plaine, montagne, et les régions semi-arides. Elle pousse dans les terrains argilo-calcaires (Chabert A., 1897).



Figure 14: *Laiteron rude* (Source original 2026)

8. *Cynodon Dactylon*:

8.1. Classification:

Règne : plante

Section: plantes vasculaires

Classe : Cotylédonées

Sous-classe : Commelinidées

Ordre : Glumiflores

Famille : Graminées

Genre : *Cynodon*

Espèce : *Cynodon Dactylon*



Source : (Chen.C.W. et Ho.C.T., 1995).

Figure 15 : schéma descriptive de *Cynodon dactylon* (Tutin ,1980)

8.2. Description:

C'est une plante vivace à rhizome longuement rampant sur la surface du sol environ le 20m de longueur, elle est très ramifiée portant de nombreuses feuilles dressées à longue gaine entourant la tige et a limbe aplatie 2.5-20cm de longueur. (Benzahi K., (2001). L'inflorescence composée de 2 à 6 épis digités, droits, purpurins ou verts à rachis villeux au mois à la base, disposés sur deux rangs serrés, en épis paraissant dentée 50mm de longueur au plus, la période de la floraison s'étend du mois février jusqu'en (Rösch D., Krumbein A., Mugge C., Kroh L.W., (2004).



Figure 16: *Cynodon Dactylon* (Source original 2026)

Matériels et méthodes

Matériels et méthodes:**1. Matériels végétal:**

Afin d'évaluer leur valeur nutritive, huit plantes pastorales ont été sélectionnées sur la base des connaissances des éleveurs locaux et des préférences nutritionnelles avérées du cheptel autochtone. Il s'agit de:

- *Astragalus* (Famille des Fabacées).
- *Argemone mexicana* (Famille des Papavéracée).
- *Capsella bursa-pastoris* (Famille des Brassicacées)
- *Cynodon dactylon* (Famille des Poacées)
- *Laiteron rude* (Famille des Astéracées).
- *Medicago arabica* (Famille des Fabacées).
- *Rumex crispus* (Famille des Polygonacées).
- *Suaeda altissima* (Famille des Amaranthacées).

La classification de ces plantes et leurs descriptions a été faite dans le chapitre précédant. Les échantillons de ces huit plantes ont été récoltés durant le mois d'octobre 2025 dans la région de Boukhadra (Wilaya de Tébessa).

2. Méthodes:**2.1. Préparation des échantillons:**

Les plantes ont été séchées à l'étuve à 55°C pendant 72h pour déterminer le taux de matière sèche par rapport à la matière fraîche de la plante. Un deuxième séchage a été réalisé dans des barquettes en aluminium dans l'étuve à 55°C pendant 24h pour faciliter leurs broyage. Tous les échantillons ont été ensuite broyés dans un broyeur à travers une grille de 1mm de diamètre, puis conservés dans des pots étiquetés avec le code de l'échantillon et sa dénomination, fermés hermétiquement pour éviter toute détérioration.

2.2. Analyse chimique des plantes:**2.2.1. Détermination de la matière sèche:****2.2.1.1. Principe:**

La matière sèche a été déterminée après dessiccation de chaque échantillon dans une étuve à 105°C jusqu'à poids constant. La différence de poids correspond à la perte d'humidité et le résidu représente donc la teneur en matière sèche (Lecoq, 1965).

2.2.1.2. Mode opératoire:

Dans des creusets en porcelaine, 1g de chaque échantillon a été pesé. Ensuite, il a été placé dans une étuve réglé à 105°C. Après 24 heures, les creusets ont été sortis de l'étuve. Le poids de chacun d'eux a été noté.

2.2.1.3. Expression des résultats:

Le taux de la matière sèche a été calculé par la différence entre le poids frais et le poids sec.

$$\%MS = \frac{P3 - P1}{P2 - P1} \times 100$$

Où:

P1: poids du creuset vide.

P2: poids du creuset+1g de l'échantillon.

P3: poids du creuset+résidu de l'échantillon.

%MS : pourcentage de matière sèche.

2.2.2. Détermination des matières minérale et organique:

2.2.2.1. Principe:

Lorsqu'un échantillon est soumis à une incinération à 550°C, la matière organique est consommée et la matière résiduelle est minérale (Lecoq, 1965).

2.2.2.2. Mode opératoire:

Après la détermination de la teneur en matière sèche, les creusets contenant les échantillons ont été mis dans un four à moufle à une température de 550°C. Après cinq heures, les creusets contenant les cendres ont été refroidis à l'intérieur du four à moufle. Ensuite, le poids de chacun d'eux a été noté.

2.2.2.3. Expression des résultats:

La teneur en matière minérale a été déterminée à partir de l'équation suivante:

$$\%MM = \frac{P4 - P1}{P3 - P1} \times 100$$

Où:

P1: poids du creuset vide.

P3: poids du creuset+résidu sec de l'échantillon.

P4: poids du creuset+résidu après incinération du résidu sec de l'échantillon

%MM: pourcentage de matière minérale.

La teneur en matière organique a été déterminée comme suite:

$$\%MO = 100 - \%MM$$

2.2.3. Dosage de la matière azotée totale:

2.2.3.1. Principe:

Le dosage de l'azote total a été réalisé par une méthode est fondée sur trois principales étapes:

- L'azote organique de l'échantillon est transformé en azote minéral en présence d'un acide concentré; c'est la minéralisation.
- L'azote minéral formé est déplacé en présence de la soude et par entrainement à la vapeur puis recueilli quantitativement dans une solution standard de réception qui est à base d'acide borique; c'est la distillation.
- L'azote ainsi recueilli est titré par un acide ayant une normalité connue; c'est la titration.

Le taux des matières azotées totales (MAT) est obtenu par convention en multipliant le taux d'azote total par le coefficient 6,25 (Kamoun, 2008).

2.2.3.2. Réactifs:

- Acide sulfurique concentré: H₂SO₄ (95% au minimum).
- NaOH concentré (30%).
- HCl (0,1 N).

- Catalyseur constitué d'un mélange de 80g de sulfate de potassium + 20g de sulfate de cuivre + 2g de sélénium.
- Solution de réception : par litre de solution, 40g d'acide borique ont été dissous dans une petite quantité d'eau distillée puis, 10ml d'une solution d'un indicateur (rouge de méthyle bleu) ont été ajoutés (100mg de rouge de méthyle et 200mg de bleu de méthyle dans 100ml d'alcool à 95%), le tout a été reporté à 1000ml. Le pH de la solution a été ajusté avec de la soude (0,1 N) (environ 80ml selon les conditions expérimentales) de façon à être dans la zone de virage de l'indicateur (teinte gris sale).

2.2.3.3. Mode opératoire:

2.2.3.3.1. Minéralisation:

Pour chaque échantillon avec trois répétitions:

- Un échantillon de 1g de chaque plante a été pesé avec précision puis introduit dans un matras de 250ml.
- 20ml d'acide sulfurique pur et 2g de catalyseur en sélénium ont été ajoutés à chaque échantillon.
- Les matrasses ont été placées sur une rampe chauffante (le minéralisateur). Le système d'aspiration des vapeurs a été mis en fonctionnement. Le chauffage a été réalisé progressivement, jusqu'à l'ébullition à 400°C, afin d'éviter la formation de mousse et l'accolement des particules de l'échantillon aux parois.
- Le chauffage a été poursuivi jusqu'à l'obtention d'une solution limpide d'une couleur vert pâle, puis l'appareil a été éteint et la solution a été laissée refroidir pendant 15 à 20mn.
- Le contenu des matrasses a été transvasé dans des fioles jaugées de 100ml, ensuite le volume de la solution a été complété à 100ml par de l'eau distillée dans des fioles jaugées.

2.2.3.3.2. Distillation:

La distillation a été faite dans un appareil qui assure l'entraînement de la vapeur d'ammoniac et sa condensation par un réfrigérant. Il s'agit d'un déplacement de l'azote minéral dissout dans la solution sulfurique par la soude.

- Le distillateur a été relié au robinet pour assurer l'entrée et la sortie d'eau.
- Le matras contenant 25ml de la solution minéralisée et 40ml de NaOH a été placé sur l'unité de distillation. Il se forme de l'ammoniac volatil qui a été entraîné par la vapeur d'eau.
- Dans un erlenmeyer, 20ml de solution de réception de couleur violacée à base d'acide borique a été mise sous réfrigérant.
- L'ammoniac volatil condensé par le réfrigérant a été recueilli dans l'acide borique. Le distillateur a été arrêté après l'obtention de 100ml de distillat de coloration verdâtre dans l'erlenmeyer.

2.2.3.3.3. Titration:

L'acide borique en excès a été titré avec une solution d'HCl (0,1 N). Le titrage a été fait à l'aide d'une burette qui permet de mesurer le volume d'acide chlorhydrique (HCl) nécessaire pour titrer la quantité d'ammoniac distillée.

- L'erlenmeyer a été placé au dessous d'une burette fixée à un support en présence d'un agitateur magnétique et un barreau d'agitation.
- L'écoulement de l'HCL dans l'erlenmeyer contenant le distillat a été fait au fur et mesure jusqu'au virage de la couleur de la solution du vert au gris sale.

2.2.3.4. Expression des résultats:

La teneur en azote de l'échantillon a été calculée comme suit:

$$\%N = \frac{(V2 - V1) \times N \times 14,01}{P} \times 100$$

Où :

V2: nombre de ml d'HCL utilisé pour la titration de l'échantillon.

V1: nombre de ml d'HCL utilisé pour la titration du blanc.

N: Normalité de HCL utilisé.

14,01: facteur d'équivalence, 1ml d'HCL titre 14,01mg d'azote.

P: poids de l'échantillon.

La teneur en MAT de l'échantillon a été calculée comme suit:

$$\%MAT = \%N \times 6,25$$

2.2.4. Détermination de la teneur en matières grasses totales:

2.2.4.1. Principe:

La détermination de la teneur en matières grasses est basée sur trois étapes:

- la solubilisation de ces dernières dans un solvant organique volatil approprié ;
- la condensation de ces vapeurs par un réfrigérant;
- la récupération de la matière grasse dans le ballon grâce à un système de siphonage répété.

Ce dosage a été réalisé dans un montage de Soxhlet par une extraction continue en utilisant l'éther di-éthylique comme solvant de solubilisation.

2.2.4.2. Mode opératoire:

- Les ballons ont été lavés avec un détergent puis avec l'acétone. Ensuite, ils ont été rincés avec l'eau distillée et séchés dans l'étuve. Chacun des ballons (préalablement refroidis et taré) a été remplis avec 150ml d'éther di éthylique et placé sur la plaque chauffante (la partie inférieure du Soxhlet).
- Une pesée de 1,5g de chaque échantillon a été mis avec 1,5g de catalyseur (sulfate de sodium anhydre) dans des cartouches en cellulose. Chaque cartouche a été obturée et placée dans la partie moyenne du Soxhlet.
- L'appareil a été allumé pour assurer l'attaque à chaud de chaque échantillon à 100°C. Après une heure, la récupération de l'éther di éthylique a été faite dans la partie haute de l'appareil (extracteur). Les ballons ont été retirés et mis dans une étuve réglée à 105°C afin d'évaporer l'excès d'éther. Ensuite, les ballons ont été refroidis et pesé de nouveau.

2.2.4.3. Expression des résultats:

Le pourcentage d'extrait éthéré de la matière grasse a été obtenu comme suit:

$$\%MG = \frac{P2 - P1}{PO} \times 100$$

Où :

%MG: pourcentage matière grasse totale.

P0: la prise d'essai de l'échantillon.

P1: poids du ballon.

P2: poids du ballon contenant l'extrait gras.

2.2.5. Détermination de la teneur en paroi totale:

2.2.5.1. Principe:

Ce dosage consiste à solubiliser le contenu cellulaire sous l'action d'un détergent neutre (Sodium Lauryl Sulfate) et les substances pectiques par un agent chélatant se qui permet en une seule opération d'extraire la majeure partie des constituants du contenu cellulaire (Kamoun, 2008). Il extrait aussi une fraction de lignine. Le résidu pariétal obtenu contient donc bien la majeure partie des parois, mais aussi des résidus d'autres constituants (jusqu'à 15% des matières azotées) et des cendres (Giger- Reverdin, 1995).

2.2.5.2. Réactifs:

Pour ce dosage il nous faut :

- 30g de sodium lauryl sulfate ($C_{12}H_{25}SO_3Na$).
- 18,61g de disodium éthylènediamine tétraacétate ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 10H_2O$) (EDTA).
- 6,81g de borate de disodiumdécahydrate ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$).
- 10ml d'éther mono éthylique ($C_4H_{10}O_2$).
- 4,56g de disodium hydrogénophosphate (Na_2HPO_4).

Pour la préparation du détergent:

- le sodium lauryl sulfate et l'éther mono éthylique ont été mis dans un grand b cher. Une certaine quantité d'eau distillée a été ajoutée. L'ensemble a été chauffé jusqu'à la dissolution. L'EDTA, le borate de disodiumd cahydrate et le disodium hydrogénophosphate ont été ensuite ajoutés. Le chauffage a été maintenu jusqu'à l'obtention d'une solution homogène.
- le volume a été complété avec l'eau distillée jusqu'à au trait de jauge (1000ml).

2.2.5.3. Mode opératoire:

Avec trois répétitions pour chaque plante:

- un gramme de chaque échantillon a été mis dans des creusets filtrants préalablement lavés et tarés. Les creusets ont été placés sur la rampe de l'appareil à l'aide d'un portoir. Un volume de 100ml de la solution détergente neutre a été vers  dans chaque colonne.
- l'appareil a été fermé afin de mettre le bloc de réfrigération contre les creusets qui doivent être bien placés pour éviter toute sorte de fuite. Le system de réfrigération et le system d'ébullition ont été mis en fonctionnement pendant une heure.
-   la fin de l'extraction, le contenu des colonnes a été filtré par de l'eau distillé chauffée à trois reprises pour chaque échantillon. Par la suite, les creusets ont été retirés, placés dans l'étuve à 105 C et refroidis jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

2.2.5.4. Expression des résultats:

La teneur en paroi totale a été calculée comme suit:

$$\%PT = \frac{P2 - P1}{P} \times 100$$

Où :

P1: poids du creuset vide (g).

P2: poids du creuset + filtre après séchage à l'étuve à 105 C (g).

P: prise d'essai (g).

%PT : pourcentage en paroi totale.

2.2.6. Analyse statistique:

Les résultats obtenus pour chaque substrat ont été analysés statistiquement pour avoir les moyennes. Afin de déterminer l'effet du facteur étudié (espèce botanique), une analyse de la variance à un facteur, a été entreprise par le logiciel (jamovi 2.7.24) en effectuant le test de Tukey pour un seuil de significativité de 5%.

Résultats et discussion

Résultats et discussion :**1. Analyse de la composition chimique des plantes :**

L'analyse chimique est la méthode la plus simple pour apprécier la qualité des produits alimentaires destinés aux ruminants. Cette dernière fournit une première évaluation du potentiel nutritif de l'aliment qu'elle divise en plusieurs fractions (Pedraza, 1998).

1.1. Matière sèche :

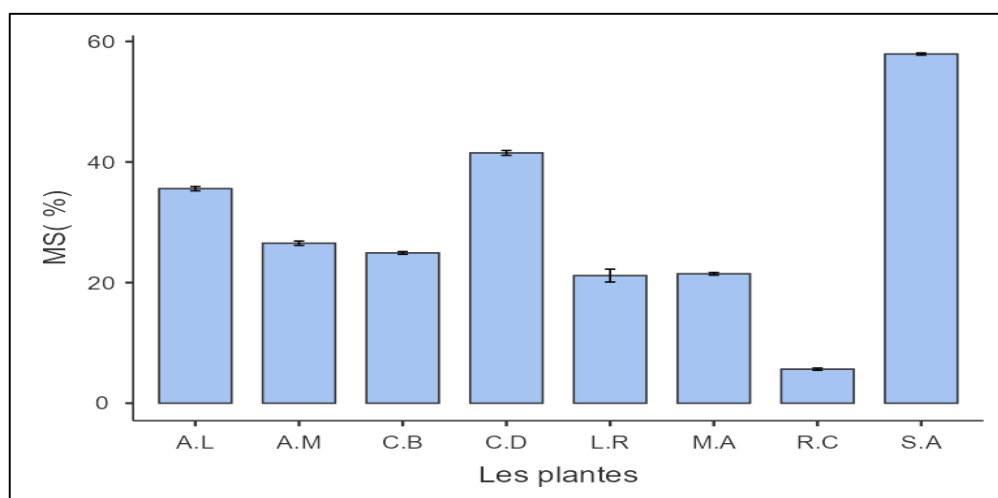
L'analyse de la variance a montré une différence hautement significative entre les plantes pour la teneur en paroi totale ($p < 0,05$)

Tableau 01 : la teneur en matières sèche (MS) des plantes étudiées

	Plantes	Moyenne	Erreur standard	Ecart-type
MS (%)	Astragalus ^c	35.58	0.361	0.625
	Argemone mexicana ^d	26.53	0.357	0.619
	Capsella bursa pastoris ^d	24.92	0.226	0.392
	Cynodon dactylon ^b	41.51	0.403	0.698
	Laiteron rude ^e	21.16	1.069	1.851
	Medicago arabica ^e	21.46	0.221	0.382
	Rumex crispus ^f	5.65	0.188	0.326
	suaeda altissima ^a	57.91	0.182	0.315

^{a,b,c,d,e,f}: Les moyennes affectées des même lettres ne sont pas significativement différentes pour $p < 0,05$

La figure 17 illustre les teneurs en matière sèche exprimée en pourcentage de matière fraîche des plantes étudiées. D'une manière globale, les teneurs en matière sèche des plantes étudiées variaient de façon significative.

**Figure 17 : teneur en matière sèche (MS) des plantes étudiées**

Nos résultats montrent que parmi les plantes étudiées, *Suaeda altissima* présente la teneur la plus élevée en MS (57,91%) suivie respectivement de *Cynodon dactylon* (41,51%) et de l'*Astragalus* (35,58%). Quatre plantes (*Argemone mexicana*, *Capsella bursa pastoris*, *Medicago arabica*, *Laiteron rude*) ont présentées des valeurs presque proches et qui se situent entre 26,53% et 21,16% alors que *Rumex crispus* a présenté exclusivement la teneur la plus faible en matière sèche (5,65).

Ceci pourrait être expliqué d'une part par les différences dues aux espèces botaniques surtout en ce qui concerne le type et le développement du système racinaire permettant un plus grand contact avec le sol et par conséquent de pouvoir puiser l'eau et les nutriments en profondeur et sur une plus grande surface (Felker *et al.*, 1980). D'une autre part, le stade végétatif lors de la récolte peut expliquer cette variabilité sachant que la teneur en matière sèche augmente avec l'évolution du stade végétatif et le vieillissement de la plante jusqu'à atteindre l'état d'aliment sec et se situe dans une fourchette d'humidité faible (>15% d'humidité) (Blain, 2002).

A notre connaissance il n'existe pas des travaux effectués sur ces plantes ce qui limite la comparaison de nos résultats à ceux rapportés dans la littérature. Cependant, Blain (2002) rapporte que les fourrages succulents comme l'herbe renferment entre 10 et 20% de matière sèche. Des pourcentages de MS allant de 31,2 jusqu'à 90,2% ont été rapportés.

Les valeurs élevées rapportées par certains auteurs par rapport à nos résultats sont expliquées par le fait que leurs études ont été réalisées sur les foin reconnus par leur état sec ce qui augmente automatiquement la teneur en MS, à la différence de nos résultats qui sont exprimés pour une matière fraîche dont le taux d'humidité reste élevé. Le faible taux d'humidité de *Suaeda altissima* est peut être dus au caractère ligneux de cette plante semi-aride. Sewell (1993) donne une limite de taux d'humidité de 80% à partir de laquelle la valeur alimentaire d'un fourrage vert s'améliore ce qui prouve la bonne qualité de la plus part des plantes étudiées.

1.2. Matière organique et matière minérale :

L'analyse de la variance a montré une différence hautement significative entre les plantes pour la teneur en paroi totale ($p < 0,05$). Les résultats de la présente étude montrent que *Suaeda altissima* a le taux de MO le plus élevé (93,8%), cinq plantes (*Rumex crispus*, *Capsella bursa pastoris*, *Cynodon dactylon*, *Astragalus*, *Argemone mexicana*) ont présentées des valeurs comprise entre 87,1% et 89,5% alors que deux plantes (*Laiteron rude* et *Medicago arabica*) ont présentées des teneurs un peu plus faibles par rapport aux autres plantes (respectivement 78,5 et 78,9).

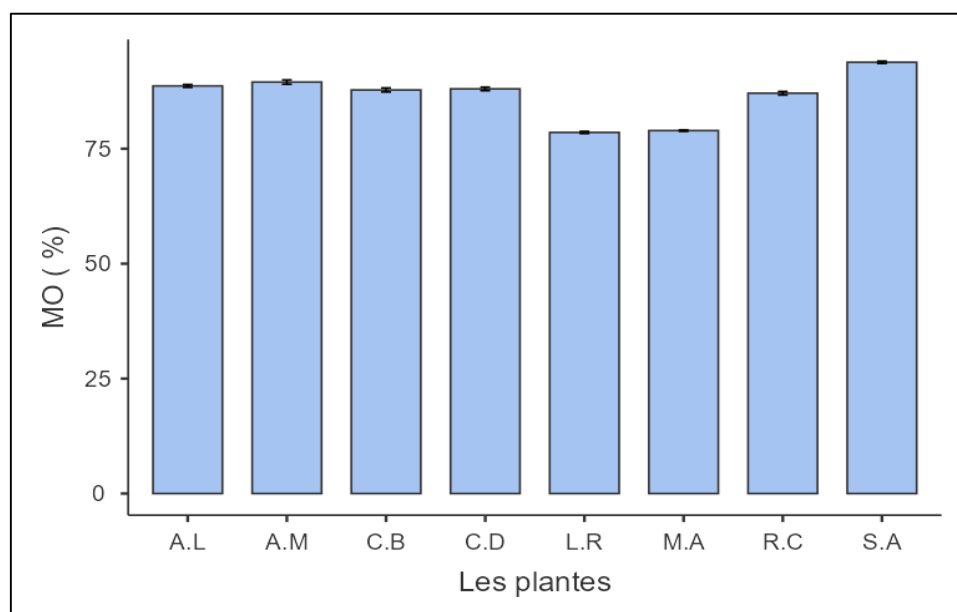
Ces teneurs sont comparables à ceux rapportées dans d'autres travaux effectuées sur des fourrages, l'absence d'études réalisées sur ces plantes limite la comparaison de nos résultats. Cependant, comparés à la teneur en MO des fourrages du sud rapportés par Arab (2006), nos valeurs semblent proches. Cet auteur donne des valeurs comprises entre 90,41 et 93,48% pour des foin polyphytes provenant du sud Algérien.

Tableau 02 : la teneur en matières organique (MO) des plantes étudiées

	Plantes	Moyenne	Erreur standard	Ecart-type
MO (%)	Astragalus ^b	88.7	0.307	0.532
	Argemone mexicana ^b	89.5	0.476	0.824
	Capsella bursa pastoris ^b	87.8	0.440	0.762
	Cynodon dactylon ^b	88.0	0.386	0.668
	Laiteron rude ^c	78.5	0.238	0.412
	Medicago arabica ^c	78.9	0.163	0.281
	Rumex crispus ^b	87.1	0.382	0.661
	suaeda altissima ^a	93.8	0.255	0.442

a,b,c: Les moyennes affectées des meme lettres ne sont pas significativement differentes pour $p < 0,05$

Les figures 18 et 19 illustrent les teneurs en matières organiques et minérales exprimée en pourcentage de matière sèche des plantes étudiées. D'une manière globale, les plantes étudiées présentent toutes des taux élevés en matière organique et ne présentent aucune différence significative entre elles.

**Figure 18** : teneur en matière organique (MO) des plantes étudiées

Comme la matière minérale (MM) est le complément au 100% de la matière organique après incinération, il est logique que les teneurs en MM soient inversées par rapport aux teneurs en MO. Il apparait clairement que les plantes de la présente étude renferment des teneurs différentes en MM (figure 18). Arab (2006) rapporte des teneurs en matière minérale dans des fourrages des zones semi-arides de l'Algérie allant jusqu'à 26,99%.

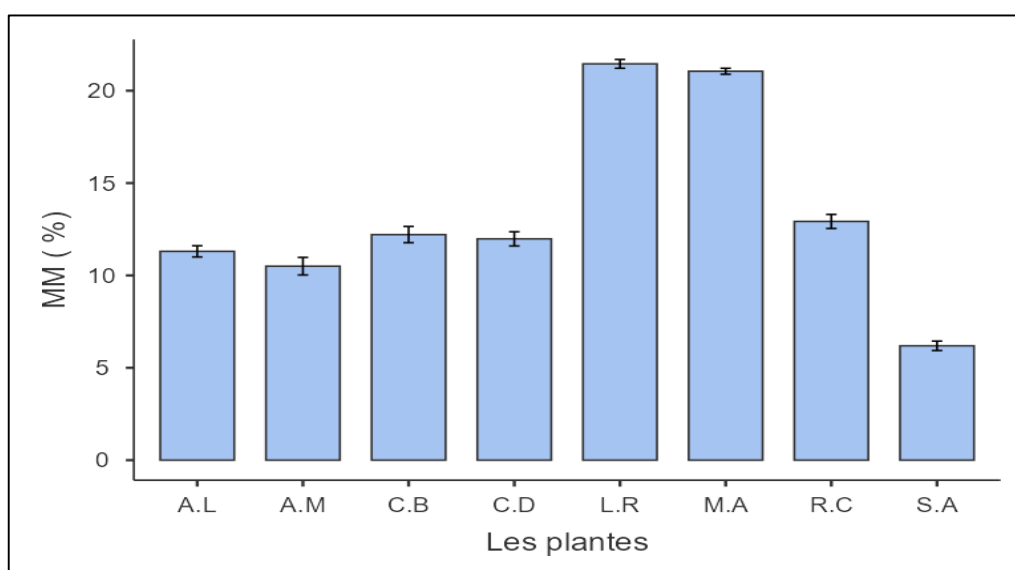


Figure 19 : teneur en matière minérale (MM) des plantes étudiées

Sachant que les concentrations élevées en sels limitent l'ingestion des plantes et diminuent leurs apports énergétiques (Bensalem *et al.*, 2005), la valeur alimentaire et l'apport énergétique de la plus part des plantes étudiées paraissent donc acceptables à cause des faibles valeurs en MM enregistrées.

1.3. Matières azotées totales :

L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les plantes étudiées pour la teneur en matières azotées totales ($p < 0,05$).

Tableau 03 : la teneur en matières azotées totales (MAT) des plantes étudiées

	plantes	Moyenne	Erreur standard	Ecart-type
MAT (%)	Astragalus ^e	6.88	0.1044	0.181
	Argemone mexicana ^a	11.97	0.1855	0.321
	capsella bursa-pastoris ^c	9.54	0.2603	0.451
	Cynodon Dactylon ^d	8.51	0.3781	0.655
	Laiteron rude ^a	12.23	0.4776	0.827
	Medicago arabica ^b	10.33	0.0949	0.164
	Rumex Crispus ^c	9.47	0.1652	0.286
	Suaeda altissima ^b	10.48	0.2364	0.410

^{a,b,c,d,e} Les moyennes affectées des meme lettres ne sont pas significativement differentes pour $p < 0,05$

La figure 20 présente les teneurs en matière azotée totale exprimée en pourcentage de matière sèche des plantes étudiées. Les matières azotées totales (MAT) sont constituées par les matières protéiques et les substances contenant de l'azote non protéique.

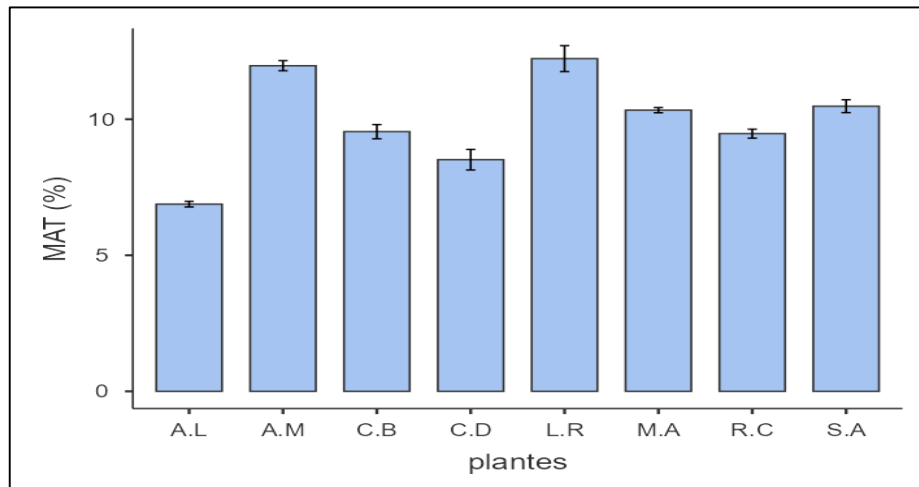


Figure 20 : teneur en matières azotées totales (MAT) des plantes étudiées

Les plantes étudiées enregistrent des taux acceptables compris entre 6,88% et 12,33%. Cette différence est due selon la littérature à la différence botanique entre les plantes étudiées (Ammar *et al.*, 2004).

Parmi les huit plantes, *Laiteron rude* présente la valeur la plus élevée (12,23%). Cette teneur est comparable à celles rapportées dans d'autres travaux effectuées sur des fourrages verts. En effet, Lemnouar (2001) a rapportées des teneurs en MAT obtenues chez des fourrages de graminées qui sont de 13,95%. Cependant, Arab (2006) a noté des teneurs plus faibles pour l'avoine et le blé (12,58 et 12,88% respectivement) et une teneur plus élevée pour l'orge (15,15%).

La teneur en MAT de l'*Astragalus* enregistrée dans la présente étude (06,88%) s'explique par le fait que le taux de MAT varie en fonction des conditions du milieu et les régions à travers le monde. C'est surtout la sécheresse et la lumière solaire qui diminuent les concentrations d'azote dans les plantes (Lenart *et al.*, 2002).

Cynodon Dactylon, *Rumex Crispus* et *capsella bursa-pastoris* enregistrent des taux de MAT inférieurs à 10% (respectivement 8,51%, 9,47%, 9,54%). Ceci peut être dû à la variabilité liée à l'espèce. En effet, Russel (1977) explique cette variabilité par le caractère morphologique propre à chaque espèce, à sa capacité de photosynthèse et à son adaptation aux mauvaises conditions écologiques.

De même, Felker *et al* (1980) et Topps (1992) justifient la richesse de quelques espèces en MAT par rapport à d'autre par leur enracinement profond qui leur permet de puiser les nutriments en profondeur, mais également par leur importante capacité de fixer l'azote atmosphérique.

D'autres éléments peuvent également expliquer cette variabilité, il s'agit de la richesse du sol en éléments azotés et de la disponibilité de l'eau. Ces deux éléments peuvent entraîner de profondes modifications de la teneur en MAT des plantes (O'Brien, 1979 ; Jordan et Muller, 1980 ; Burch et Jones, 1978). En effet, l'apport d'eau limite les effets d'un stress hydrique qui peut profondément modifier la teneur en MAT de la plante. Felker *et al* (1980) soulignent

l'importance de la pluviométrie comme facteurs de croissance des plantes, car elle permet une plus grande fixation de l'azote.

Il existe également des facteurs individuels de variation de la teneur en MAT que l'on peut attribuer à l'âge de la plante. Le taux diminue avec le vieillissement. Kone (1987) et Piot *et al* (1980) ont souligné une influence de la saison de récolte des plantes fourragères sur la variation des teneurs en MAT et rapportent que les graminées perdent plus de 50% de leurs protéines au stade épiaison.

D'après Belyea et Ricketts (1993) considèrent que, pour la plupart des fourrages, 3% des protéines sont théoriquement non disponibles à la dégradation microbienne.

1.4. Matière grasse :

Comparées entre elles par l'analyse de la variance, La plupart des plantes présentent une différence significative concernant la teneur en matière grasse ($p < 0,05$).

Tableau 04 : la teneur en matière grasse (MG) des plantes étudiées

	Plantes	Moyenne	Erreur standard	Ecart-type
MG (%)	Astragalus ^c	2.91	0.2188	0.3790
	Argemone mexicana ^a	3.91	0.2917	0.5052
	Capsella bursa-pastoris ^e	2.11	0.1903	0.3296
	Cynodon Dactylon ^c	3.13	0.0273	0.0473
	Laiteron rude ^b	3.43	0.1757	0.3044
	Medicago arabica ^b	3.44	0.3107	0.5382
	Rumex Crispus ^d	2.66	0.1811	0.3137
	Suaeda altissima ^f	1.33	0.1690	0.2928

a,b,c,d,e,f: Les moyennes affectées des meme lettres ne sont pas significativement differentes pour $p < 0,05$

Les teneurs en matière grasse varient entre 1,33% et 3,91%. Dans la littérature, les lipides présents dans les fourrages verts représentent généralement de 3 à 6% de la matière sèche, très exceptionnellement, plus de 10% (Morand Fehr et Tran, 2001)

Argemone mexicana présente le taux de MG le plus élevé (3,91%) comparé aux autres plantes étudiées. Cette valeur relativement élevée, peut être due à l'effet de l'espèce botanique. En effet, Gray *et al* (1967) ont montré que la variation de teneur en MG entre les différentes familles botaniques serait liée à l'activité photosynthétique du tissu végétal, et en particulier à sa teneur en chlorophylle.

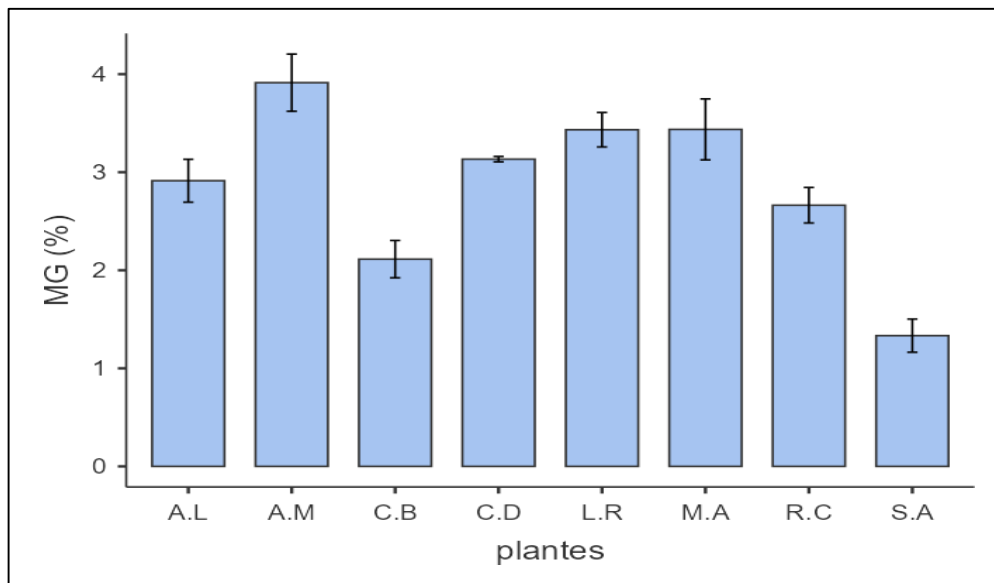


Figure 21 : teneur en matière grasse (MG) des plantes étudiées

En l'absence de toute étude réalisée sur ces plantes, nous nous permettons de comparer ce résultat à ceux rapportés dans des études réalisées sur des foins polyphytes des zones arides et semi-arides de l'Algérie. En effet, Yaakoub (2006) et Arab (2006) rapportent des taux de MG de 1,54% et 3% respectivement. Ces valeurs peuvent être expliquées par le fait que ces études ont été réalisées sur des fourrages secs, caractérisées par une teneur en MG nettement inférieure à celle des fourrages verts, en raison de l'oxydation et la polymérisation des lipides polyinsaturés lors du fanage (Nada et Delic, 1976).

La teneur en MG des fourrages verts est d'autant plus élevée qu'ils sont jeunes, riches en feuilles et en lipides chloroplastiques. Selon Hawke (1963), elle varie entre 4 et 12%. *Suaeda altissima* se distingue par le taux le plus faible (1,33%). Les résultats des travaux réalisés sur d'autres fourrages semblent proches de nos valeurs. En effet, le taux de MG de l'orge vert rapporté dans la littérature varie entre 1,54% (Arab, 2006) et 1,80% (Fontaine *et al*, 1995). De même, un taux de 1,81% a été enregistré dans l'avoine en vert (Arab, 2006).

En général, on trouve les lipides qu'en faible quantité (2 à 6%) dans la ration des ruminants (Gadoud, 1992). Toutefois, ils ne doivent pas être sous-estimés car ce sont des sources intéressantes d'acides gras essentiels, de vitamines liposolubles et de pigments, ce qui leur confère un rôle nutritionnel important. (Morand-Fehr et Tran, 2001).

1.5. Paroi totale :

L'énergie des fourrages secs et verts se présente sous forme de fibres hautement digestibles. La détermination de leurs concentrations est l'une des premières étapes entreprises dans l'évaluation de la valeur énergétique d'un aliment potentiel (Lalman, 1996).

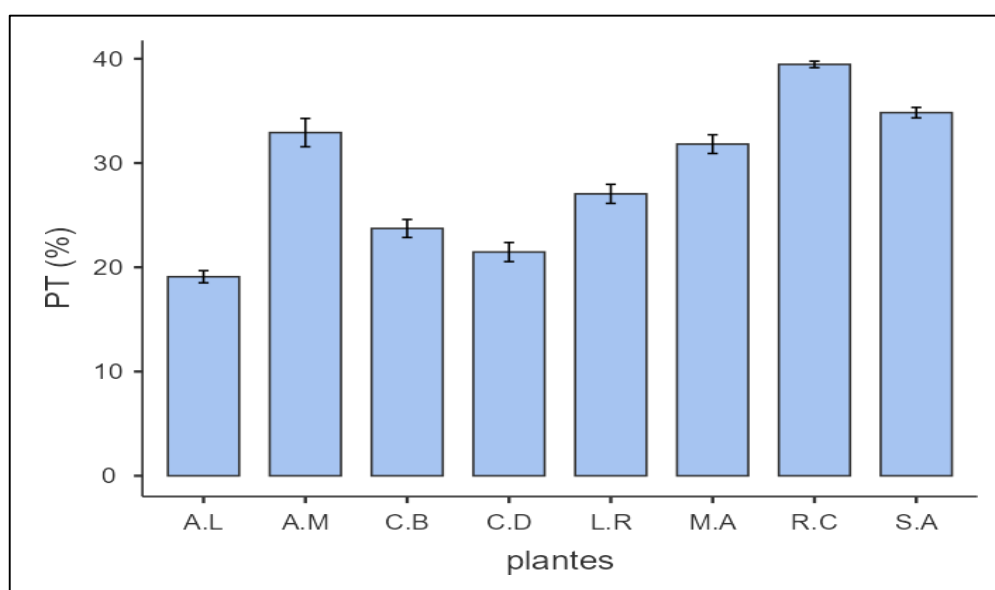
L'analyse de la variance a montré une différence hautement significative entre les plantes pour la teneur en paroi totale ($p < 0,05$)

Tableau 05 : la teneur en paroi totale (PT) des plantes étudiées

	Plantes	Moyenne	Erreur standard	Ecart-type
PT (%)	<i>Astragalus</i> ^e	19.1	0.584	1.011
	<i>Argemone mexicana</i> ^b	32.9	1.361	2.357
	<i>Capsella bursa-pastoris</i> ^d	23.7	0.864	1.496
	<i>Cynodon Dactylon</i> ^a	21.5	0.919	1.591
	<i>Laiteron rude</i> ^c	27.0	0.913	1.582
	<i>Medicago arabica</i> ^b	31.8	0.898	1.555
	<i>Rumex Crispus</i> ^a	39.5	0.309	0.535
	<i>Suaeda altissima</i> ^b	34.8	0.504	0.873

a,b,c,d,e: Les moyennes affectées des meme lettres ne sont pas significativement differentes pour $p < 0,05$

Généralement, les constituants membranaires représentent en moyenne 30 à 40% de la MS de l'herbe de pâture. Cette proportion reste tributaire des conditions climatiques de du stade de maturité de la plante (Jarrige, 1963).

**Figure 22 : teneur en paroi totale (PT) des plantes étudiées**

En effet, les teneurs plus ou moins élevée en paroi totale enregistrées dans la présente étude par rapports à des fourrages verts ne sont pas surprenants du fait qu'à des conditions climatique extrêmes, (comme c'est le cas de zones semi-arides), les fourrages présentent une physiologie particulière entraînant une production plus importante de fibre par rapport à la production de sucres digestibles. Plus la plante est mature, la paroi cellulaire sera plus large avec un taux plus élevé de fibres (Grant *et al.*, 1997). Alors que, les températures fraîches et le bon ensoleillement

permettent de maximiser le contenu en sucres solubles chez les plantes fourragères (Smith, 1973).

Rumex Crispus enregistre le taux le plus élevé en fibres (39,5%). Généralement, quelques familles botaniques contiennent plus de fibres que les autres (McDonald *et al.*, 1991). Ces constituants augmentent avec la maturité de la plante. Le rendement et le potentiel nutritionnel est atteint au stade de maturité (Smith, 1973). Nos résultats concordent avec ceux cités par Arab (2006) qui rapporte un taux de 41,43% d’NDF dans l’orge en vert.

Suaeda altissima se classe en deuxième position concernant la teneur en fibre (34,8%), les écarts de teneurs en fibres enregistrés dans les différentes plantes sont en relation avec les conditions climatiques et le stade végétatif lors de la récolte (Jarrige, 1963). Les différences sont aussi en relation avec la composition morphologique différente de plantes. En effet, les proportions relatives de feuilles et de tiges est le facteur prépondérant de la teneur de la plante entière en constituants membranaires, l’appartenance à la même famille botanique conditionne la similitude dans la composition pariétale et seulement les espèces qui présentent la même composition anatomique auront les mêmes teneurs en fibres (Pigden, 1953).

Plusieurs travaux ont été focalisés sur la détermination d’un niveau minimum d’éléments fibreux. Cette approche est justifiée par la cascade d’évènements souvent avancée pour expliquer la diminution des performances lorsque des rations trop pauvres en fibre sont distribuées. Ces rations diminuent l’activité de mastication réduisant ainsi le flux de salive et donc la sécrétion de tampons, ce qui, en retour, conduit à des pH faibles et à des altérations des fermentations. Au final ces modifications conduisent à la chute d’appétit et l’état général de l’animal sera affecté (Peyraud et Apper-Bossard, 2006).

Selon Tremblay *et al* (2002), les proportions de fibres des plantes fourragères sont des indices de leur valeur alimentaire. Les fibres donnent un estimé assez précis et une prédiction de la quantité de la MS ingérée. Lorsque les fibres augmentent, la consommation volontaire de la MS diminue.

Les teneurs en fibres recommandées sont de 25 à 28% de MS (National Research Council, 1989). En fait, des faibles pourcentages en fibres sont proscrits, en dessous de ce seuil, une série d’évènements successifs pouvant conduire à l’acidose apparaît (Grant, 1996).

En conclusion, la teneur minimale en fibres qui doit être respectée pour maintenir un pH correct tout en tenant compte d’une marge de sécurité peut être considérée comme fibre > 30% de MS (Sauvant *et al.*, 2006). Quatre plantes parmi les huit étudiées ont présentées des teneurs allant de 31,80% à 39,5% de MS. Ces valeurs restent dans la marge de sécurité décrite par la littérature.

CONCLUSION

L'objectif de notre travail était de contribuer à la constitution d'une base de connaissances sur la composition chimique et la valeur nutritive de quelques plantes pastorales des zones semi-arides pour évaluer leurs apports face aux exigences nutritionnelles des animaux d'élevage de la même zone.

Dans cet objectif, huit plantes pastorales originaire de région de Boukhadra (w.de Tébesa) ont été étudiées. Dans leurs ensembles, les huit plantes ont présenté des teneurs importantes en matière sèche. Les teneurs en matières organique et minérale ont présenté des valeurs très proches avec des teneurs élevées en matière organique, et des faibles teneurs en matière minérale. Sachant qu'une concentration élevée en sels limite l'ingestion de la plante et diminue son apport énergétique, ces résultats de la présente étude soulignent la bonne qualité fourragère des plantes étudiées.

Généralement, les plantes des zones arides et semi-arides sont pauvres en matière grasse. Les huit plantes étudiées ne font pas l'exception. En effet, nos résultats montrent qu'elles ont toutes des teneurs faibles en MG. En réalité, la matière grasse représente une source mineure d'énergie pour les ruminants ainsi que pour la flore du rumen.

Les valeurs de matières azotée totales des huit plantes sont presque proches entre elles et appréciables par rapport aux plantes des zones arides. Toutefois, la teneur en azote n'est pas automatiquement de l'azote totalement disponible pour l'animal, il serait intéressant d'évaluer les diverses formes dans lesquelles se trouvent cet azote pour en évaluer son intérêt nutritif.

Les huit plantes sont riches en fibres, les taux élevés ne sont pas surprenants du fait qu'à des conditions climatiques extrêmes, comme c'est le cas de zones semi-arides, les plantes pastorales présentent une physiologie particulière entraînant une production de fibres par rapport aux sucres digestibles ce qui est souvent corrélé avec une augmentation de la digestibilité de ces plantes.

En vue de l'évaluation des caractéristiques nutritionnelles, notre travail doit être complété par une détermination quantitative et qualitative des AGV produits lors de la fermentation et d'une étude *in vivo* et *in vitro*, qui donneraient une idée, plus proche de la réalité, sur la digestibilité effective de ces plantes. Il semble nécessaire d'orienter les futures recherches vers une meilleure connaissance des composés antinutritionnels naturellement présents dans les plantes pastorales consommées par les ruminants, en développant une double approche quantitative et cognitive (aspect microbiologique), avec pour finalité l'application de technologies de manipulation de la ration alimentaire et de développement de pratiques qui influencent la fermentation ruminale, ce qui aboutirait à potentialiser la valeur nutritionnelle.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

(A)

- Abdelguerfi A. 1989.** Bilan de deux années d'activités du bureau de coordination des ressources phytogénétiques (1 à 11), annales de l'Institut National Agronomique., EL Harrach, Alger, Vol. 13, n° 1-11.
- Adamou S., Bourennane N., Haddadi F., Hamidouche S., Sadoud S. 2005.** Quel rôle pour les fermes-pilotes dans la préservation de ressources génétiques en Algérie. Série de documents de travail n°126 Ed. ICRA. Montpellier, 119p.
- Aganga A.A., Tshwenyane S.O. 2003.** Feeding Values and Anti-Nutritive Factors of Forage Tree Legumes. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2 (3) : 170-177.
- Allard G., Pellerin D. 2000.** Les bons fourrages qui font de bons ovins. Symposium ovine 2000. CRAAQ, 22-33p.
- ALSHALLASH, Khalid S., 2018.** Emergence and root fragments regeneration of Rumex species. In : Annals of Agricultural Sciences. 2018. Vol. 63, n° 2, p. 129-134. DOI 10.1016/j.aos.2018.08.001.
- Ammar H., Lopez S., Gonzalez J.S., Ranilla M.J. 2004.** Seasonal variation in the chemical composition and *in vitro* digestibility of some Spanish leguminous shrubs species. *Animal Feed Science and Technology*, 115 : 327-340.
- and black tea. *J Lipids*, 2: 35-46.
- Arab H. 2006.** Evaluation de la valeur nutritive des principaux fourrages des zones arides et semi-arides. Thèse de Magister en sciences vétérinaire. Université de Batna, 80-92p.

(B)

- Bahlouli, F.Z., Djabeur, A., Kefifa, A., Arfi, F., Kaid-harche, M. (2018).** Degradation of Western Algerian Steppes Lands: Monitoring and Assessment. *Ind. J. Ecol.*, 45, 235–243.
- Barone. 1984.** Rumen microorganismes as providers of high quality protein. *Journal of Animal Feed Science and Technology*, 120 : 96-120.
- Belyea R.L., Ricketts R.E. 1993.** Forages for cattle: new methods of determining energy content and evaluating heat damage. *Agricultural publication*, G 3150.
- Bencherchali M., Houmani M. 2010.** Intérêt fourrager pour les ruminants de deux espèces fourragères spontanées *Bromus Madretensis* L et *Bromus Maximus* Desf. *European Journal of Scientific Research*, 43 (3) : 307-315.
- Bensalem H., Abdouli H., Nefzaoui A., Elmastouri A., Bensalem L. 2005.** Nutritive value, behaviour, and growth of Barbarine lambs fed on old man saltbush (*Atriplex nummularia* L) and supplemented or not with barely grains of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) pads. *Small ruminant research*, 59 : 229-237.
- Benzahi K., (2001).** Contribution à l'étude des flavonoïdes dans la plante *Cynodon Dactylon* (L) Pers. Université Kasdi Merbah, Ouargla, p 113, N° d'ordre : THE.CH.01/31/2.
- Besle J.M., Jouany J.P. 1990.** La biomasse pariétale des fourrages et sa valorisation par les herbivores. *INRA Productions Animales*, 3 (1) : 39-50.

- Blain Jean- C. 2002.** Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Edition Tec et Doc., Paris, 424p.
- Blümmel M., Becker K. 1997.** The degradability characteristics of fifty-four roughages neutral detergent fibres as described by *in vitro* gas production and their relationships to voluntary feed intake. *British Journal of nutrition*, 77 : 757-768.
- Boual, Z., Pierre, G., Delattre, C., Benaoun, F., Petit, E., Gardarin, C., Michaud, P., & El Hadj, M.D.O., 2015.** Mediterranean semi-arid plant *Astragalus armatus* as a source of bioactive galactomannan. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 5, 1: 10-18.
- Boukerker, H., Boumedjene, M. R., Doughbege, A. E., Belhouadjeb, F. A., Kherifi, W., Bekiri, F. (2021).** State of pastoral resources in the Algerian steppe regions: main factors of degradation and definition of preservation and rehabilitation actions. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 33, Article, 140.
- Boussaada D., Benabdelli, k (2021).** Steppe paths between agro-pastoralism and pastoralism and improvement strategy case of the Msila region. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (4), 48-56.
- Brock F.M., Forsberg C.W., Buchanan- Smith J.-G. 1982.** Proteolytic activity of rumen microorganisms and effects of proteinase inhibitors. *Applied and Environmental Microbiology*, 44 : 561-569.
- Burch G., Johnes G. 1978.** Roots absorption of water and physiological responses to water deficits by *Festica arundinacea*. Schreb and *Trifolium repens* L. *Australian Journal of Plant Physiology*, 5 : 859-871.

(C)

- CHABERT A. 1897.** Plantes médicinales & plantes comestibles de Savoie, Ed. Curendera - 152 p
- Chalane, F., Bekkouce, A., Yahiaoui, F. Z, Mehdadi, Z, Hamdaoui, M. (2019).** Quantitative Analysis of Plant Biodiversity of Mount Sidi Youcef Region of Saida (Western Algeria). *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 315 321.
- Chen C.W. & Ho C.T., (1995).** Antioxidant properties of polyphenols extracted from green tea
- Chenost., Kayouli. 1997.** Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes. In : Etude FAO Production et Santé Animales. Edition FAO (Rome): 135p.
- Coleman G.S. 1979.** The role of rumen protozoa in the metabolism of ruminants given tropical feeds. *Tropical Animal Production*, 4 : 199-213.
- Coste, H. (1906).** Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes (Tome 3). Librairie des Sciences et des Arts.
- Cronquist, A. (1981).** An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press
- CUILAN Y, JIN C, GAO X, ZHANG Y. 1996.** Bourse de berger. Jilin Agriculture.

(D)

- Dauzier L. 1970.** L'eau, les minéraux, les vitamines dans l'alimentation animale. Ed Dunod. Paris.

Davies, K.J., 1987. Protein damage and degradation by oxygen radicals. I. General aspects. *J Biol Chem*, 262 :9895-9901.

DeFelice, M. S. (2001). Shepherd's-purse, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. *Weed Technology*, 15(4), 892-895

Démarquilly C., Andrieu J. 1988. Les fourrages: In *Alimentation des Bovins Ovins et Caprins*. INRA, Paris, 315-334p. des aires de santé de Kendié (Bandiagara) et de Fenkolo (Sikasso). P105.

(E)

Enjalbert F. 1996. Les constituants des aliments et leurs digestion chez les bovins: Bases physiologiques, *Journées nationales des GTV*, 13-20p.

(F)

Felker P., Clark P.R., Osbor N., Cannel G.H. 1980. Nitrogen cycling water use efficiency interactions in semi-arid ecosystems in relation to management of tree legumes (*Prosopis*). In: *H. N. Le Houérou Ed. Browse in Africa*, 215-222p.

Fontaine M., Cadore J.L., Mollereau H., Porcher C., Nicolas E., Brian A. 1995. *Vade-Mecum vétérinaire*. Sixième Edition Vigot, Paris, 1672p.

Fonty G. 1999. Ecologie de la dégradation et de la fermentation des polyholosides constitutifs des parois végétales dans le rumen. *Cahier Agricultures*, Volume 8, Numéro 1, 21-35p.

Fonty G., Jouany J.P., Forano E., Gouet P. 1995. L'écosystème microbien du réticulo-rumen. In : JARRIGE R. et al. *Nutrition des ruminants domestiques – ingestion et digestion*. Ed : INRA (Paris), 299-347p.

Friesecke. H. 1979. L'acide pantothénique en nutrition animale. Edité par F. Hoffmann. La roche et cie, 34p.

(G)

Gadoud R. 1992. *Nutrition et alimentation des animaux d'élevage*, volume 1. Les éditions Foucher, Paris, 120p.

Giger-Reverdin S. 1995. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 55 : 295-334. glycosides from sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) pomace by NMR spectroscopy and HPLC-ESI-MSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(13): 4039-4046.

Grant R. 1996. Evaluation the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. *Nebguide*, G91 – 1034.

Grant R., Anderson B., Rasby R., Mader T. 1997. Testing livestock feeds for beef, cattle, dairy cattle, sheep and horses. *Nebguide*, G89 – 915- A.

Gray J K., Rumsby M G., Hawke J C. 1967. The variations in linolenic acid and galactolipid levels in Graminae species with age of tissue and light environment. *Phytochemistry*, 6 : 107-113.

GREDAAL. 2005. (Groupe de Recherche et d'Etude sur l'Agriculture en Algérie). Une première lecture des résultats préliminaires du recensement relatif aux élevages en Algérie. <http://www.gredaal.com/ddurable/agricolevage/obselevages/publications/autres/Elevage-Algerie-2005.pdf>

Grenet E., Barry P. 1988. Colonization of thick-walled plant tissues by anaerobic fungi. *Animal Feed and Science Technology*, 19 : 25-31.

Grenet E., Besle J.M. 1988. Microbes and fiber degradation. In: Rumen microbial metabolism and ruminant digestion. Edition INRA, 107-130p.

(H)

Hawke J.C. 1963. Studies on the properties of New Zealand butterfat: the fatty acid composition of the milk fat of cows grazing on rye-grass at two stages of maturity and the composition of ryegrass lipids. *Journal of Dairy Research*, 30 : 67-75.

Houmani M., Houmani Z., Skoula M. 2004. Intérêt de *Artemisia herba* dans l'alimentation du bétail des steppes Algériennes, 151 (2) : 165-172.

(J)

Jarrige R. 1963. Les constituants membranaires des plantes fourragères. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys*, 3 (2) : 143-190.

Jarrige R. 1988. Principe de la nutrition et de l'alimentation des ruminants: Besoins alimentaires des animaux: Valeur nutritive des aliments. INRA. Paris, 40-81p.

Jarrige R., Grenet E., Démarquilly C., Besle J. M. 1995. Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères: In Jarrige R., Ruckebusch Y., Démarquilly C., Farce M. H et Journet M; Nutrition des ruminants domestiques ingestion et digestion. INRA. Paris, 25-81p.

Jordan W.R., Müller R. 1980. Genetic variability in sorghum root system: implications for drought resistance. In: Adaptation of plants to water and high temperature stress. Tuener et Kramer Ed ; New York Wiley interscience, 383-399p.

Jouany J.P. 1994. Les fermentations dans le rumen et leur optimisation. *INRA Productions Animales*, 7 (3) : 207-225.

Jouany J.P. 2000. La digestion chez les Camélidés ; comparaison avec les ruminants. *INRA Productions Animales*, 13 : 165-176.

Journet M. 1988. Optimisation des rations. In : R. Jarrige (Ed), Alimentation des bovins, ovins et caprins, INRA, Paris, France, 121-133p.

(K)

Kamoun, M. 2008. Recueil de méthodes d'analyses et de mesures utilisées en alimentation animale. Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire de Sidi-Thabet, Tunisie, 103p.

Kanoun A., Kanoun M., Yakhlef H., Cherfaoui M.A. 2007. Pastoralisme en Algérie : Systèmes d'élevage et stratégies d'adaptation des éleveurs ovins. *Renc. Rech. Ruminants*, 14 : 81.

Köhler, F. E. (1887). Köhler's Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte (Vol. 2). Verlag von Fr. Eugen Köhler.

Köhler, F. E. (1887). Köhler's Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte (Vol. 1). Verlag von Fr. Eugen Köhler.

Komisarczuk- Bony S., Durand M. 1991. Effects of minerals on microbial metabolism. In: Rumen microbial metabolism and ruminant digestion. Ed. INRA, 179-198p.

Kone A R. 1987. Valeur nutritive des ligneux fourragers des régions sahélienne et soudanienne d'Afrique Occidentale. Recherche d'une méthode simple d'estimation de la digestibilité et de la valeur azotée. Thèse de Doct 3ème Cycle Université. P. & M. Curie. Paris, 131p.

(L)

Lalman P.L. 1996. Alternative feeds for beef cows and stockers. *Agricultural publication*. G 2076.

Lecoq R. 1965. Manuel d'analyses alimentaire et d'expertises usuelles. Tome II (F à Z). Ed. Doin, 1620p.

Lemnour-Haddadi N.F.Z. 2001. Etude comparative de deux pâturages (jachère et medicago), effets sur le gain de poids et le métabolisme chez les ovins. Thèse de Magister. Université de Constantine, 156p.

Lenart E.A., Bowyer R.T., Ver hoef J., Ruess R.W. 2002. Climate change and caribou effectsof summer weather on forage. *Canadian Joural. of Zoology*, 80 (4) : 664-678.

Lindman, C.A.M. (1901-1905). Bilder ur Nordens Flora, Planche n°394. Reproduction d'une illustration originale de la Petite Oseille

Liston, A., & Wheeler, J. A., 1991. The phylogenetic position of thegenus Astragalus (Fabaceae) evidence from the chloroplastgene rpoC1 and rpoC2. *Biochemical Systematics and Ecology*, 22: 377-388.

Longuo H.F., Chelma A., Ouled Belkher A. 1989. Quelque aspects botaniques et nutritionnels des pâturages du dromadaire en Algérie. *Options Méditerranéennes Série Séminaires* n° 2, 47- 53p.

(M)

Maire, R. (1958). Flore de l'Afrique du Nord. Vol. 5, p. 112. Lechevalier, Paris.

Maire, R. (1987). Flore de l'Afrique du Nord. Volume XVI

McDonald P., Henderson N., Heron S. 1991. The biochemistry of silage. The second ed. Chalcombe Publications, 340 p.

Medoukali A. 2016. Évaluation de la diversité génétique chez *Medicago* spp. en Algérie. Université de Constantine 1.méridionales (Tome 1). Editions du C.N.R.S. France. 558p.

Merdjane L., Yakhlef H. (2016). Le déficit fourrager en zone semi-aride : une contrainte récurrente au développement durable de l'élevage des ruminants. *Revue Agriculture*, 1, 43 –51.

Morand-Fehr P., Tran G. 2001. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Productions Animales*. 14 (5) : 285-302.

(N)

Nada V., Delic I. 1976. The changes of lipids and amino-acids in leaves of wilting green alfalfa. *Veterinaria*, 25 : 137-140.

National Research Council, 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th Rev. Ed. Update 1989. Natl. Acad. Sci, Washington, D.C., 90p.

Nedjraoui D. 2001. Algérie country pasture / Forage Resource Profiles. URBT, Alger.

Normand J., Moevi I., Lucbert J., Pottier E. 2005. Le point sur l'alimentation des bovins et des ovins. Institut de l'élevage, 21-25p.

(O)

O'Brien. 1879. Genetic variability of root growth in wheat. (*Triticum aestivum* L.) *Austr. J of Agric. Res*, 30 : 587-595.

Oldham J. D. 1984. Protein energy interrelationships in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 67: 1090-1114.

Orskov E.R., Ryle M. 1990. Energy nutrition of rumen microorganisms. In: Energy nutrition in ruminants. Ed. Elsevier Applied Science, 10-27p.

Orskov E.R., Ryle M. 1990. Host animal control of microbial fermentation and host animal digestion. In: Energy nutrition in ruminants. Ed. Elsevier Applied Science, 43-51p.

Orskov E.R., Ryle M. 1990. Manipulation of rumen microorganisms. In: Energy nutrition in ruminants. Ed: Elsevier Science Publishers.UK, 149p.

Orskov E.R., Ryle M. 1990. Nutrient supply to the newborn ruminant. In: Energy nutrition in ruminants. Ed. Elsevier Applied Science, 1-9p.

Orskov E.R., Ryle M. 1990. Utilization of the energy of absorbed nutrients. In: Energy nutrition in ruminants. Ed. Elsevier Applied Science, 84- 101p.

Ozenda, P., 1991. Flore et végétation du Sahara. In: CNRS (Ed.), Paris, France.

(P)

Pedraza Olivera R.M. 1998. Use of *in vitro* gas production technique to assess the contribution of both soluble and insoluble fractions on the nutritive value of forages. Université de Camaguey. Cuba.

Pellerin D., Goulet F., Boies D., Allard G. 2000. Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les fourrages. Symposium ovin 2000. CRAAQ, 35-47p.

Peyraud J.L., Apper-Bossard E. 2006. L'acidose latente chez la vache laitière. *INRA Productions Animales*, 19 : 79-92. Pharmacie (2003), Bamako 59P.

Pigden W.J. 1953. The relation of lignin, cellulose, protein, starch and ether extract to the curing of range grasses. *Sci. Agric*, 33 : 364-378. *Plantes médicinales/ Plantes médicinales 1*[CD-Rom]. Prota 11.

Plot J., Nebout J.P., Nanot R., Toutain B. 1980. Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Etude quantitative dans la zone sud de la mare de Oursi (Haute Volta). GERDAT / CTFT-IEMVT, 216p.

(Q)

Quézel P, Santa S ,1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques

(R)

Ronda P. 2006. Aperçu de l'élevage ovin en Afrique du Nord. Filière ovine et caprine. Département Production et Nutrition animales. n° 18.

Rösch D., Krumbein A., Mugge C., Kroh L.W., (2004). Structural investigations of flavonol

Russel R.S. 1977. Plant root systems: their function and interaction with the soil. Mc Graw Hil1, London, United Kingdom. In : *Statistical methods*, G. W. Snedecor and W. G. Cochran ; 11th Ed. The Iowa State University Press, Iowa USA, 195p.

(S)

Sangaré D.(2003). Etude de la prise en charge du paludisme par les thérapeutes traditionnels.

Sauvant D. 1988. La composition et l'analyse des aliments. In : Jarrige R. (ed), *Alimentation des bovins, ovins, caprins*, INRA, Paris, 305-314p.

Sauvant D. 2002. Physiologie comparée de la digestion et de la nutrition. Institut National Agronomique. Paris- Grignon, 10-28p.

Sauvant D., Giger-Reverdin S., Meschy F., 2006. Le contrôle de l'acidose ruminale latente. *INRA Productions Animales*, 19 : 69-78.

Sauvant D., Michalet-Doreau B. 1988. Les aliments concentrés: In *Alimentation Bovins Ovins & Caprins*. INRA, Paris, 337-349p.

Selinger., Forsberg C.W., Cheng K.J. 1997. The rumen: A unique source of enzymes for enhancing livestock production. *Anaerobie*, 2 : 263.

Sewell H.B. 1993. High moisture grain for beef cattle. Agricultural Publication. Agricultural Publication, G02056.

Smith D. 1973. The nonstructural carbohydrates. In Butler G.W. et Bailey R W. *Chemistry and Biochemistry of herbage*. Vol. 1. Academic Press, London, New York, 105-155p.

Soltner D. 1999. Alimentation des animaux domestiques. Sciences et techniques agricoles Tome I, 21^{ème} édition, 176p.

Sturm, J. (1796). Deutschlands Flora in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen. Nürnberg: Gedruckt auf Kosten des Verfassers.

(T)

Tedjari N, Madani T et Abbas K 2008 Evaluation de la productivité et de la valeur nutritive des jachères, des prairies et des chaumes dans la région semi-aride de Sétif Colloque international «Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives ».Alger :20-21 Avril 2008.

The Angiosperm Phylogeny Group (2009). APG III (2009)

The Angiosperm Phylogeny Group (2016). APG IV.

Thivend P.M., Fonty G., Jouany J. P., Durrand M., Gouet P. 1985. Le fermenteur rumen. *Reproduction Nutrition Développement*, 25: 729-753.

Topps H. 1992. Potential composition and use of legume shrubs and tree as fodders for livestock in tropics. *A review.J Agrie. Sei*, 118 : 1-8.

Tremblay G.F., Petit H.V., Lafrenière C., 2002. Notions de qualité des fourrages. *Agricultureet Agroalimentaire*. Canada.

Tutin, T. G. (1980). Cynodon. In: Tutin, T. G. et al. (Eds.), *Flora Europaea*. Vol. 5, p. 259. Cambridge University Press, Cambridge.

(V)

VANDEBROEK, I. 2006. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik, et GURIB-FAKIM, A. (eds)

(W)

Wollin M.J., Miller T.L. 1988. Microbes interactions. In : Hobson P.N. (eds), *The rumen microbial ecosystem*. Ed Elsevier Science publisher, 343-359p.

(Y)

Yaakoub F. 2006. Evaluation *in vitro* de la dégradation des principaux fourrages des zones arides. Thèse de magister en Nutrition. Université El-Hadj Lakhdar de Batna, 150p.

(Z)

Zhu, G. L., Mosyakin, S. L., & Clemants, S. E. (2003). Suaeda. In: Wu, Z. Y., Raven, P. H. & Hong, D. Y. (Eds.), *Flora of China*. Vol. 5, pp. 389–394. Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.

RÉSUMÉS

Résumé

La valeur nutritive d'une multitude de plantes pastorales largement consommées par les ruminants des régions steppiques restes mal connue. L'objectif de ce travail était d'évaluer la valeur nutritive de huit plantes pastorales qui ont été choisis par les éleveurs de la zone d'étude en vue de déterminer leurs compositions chimiques. L'ensemble des plantes ont analysées par des méthodes chimiques pour évaluer leur contenu en matière sèche, en matière organique, en matière minérale, en matière grasse, en fibres. Les plantes étudiées présentaient une teneur relativement acceptable en matière sèche par rapport à celles rapportées dans la littérature. Elles présentent toutes des taux élevés en matière organique et des faibles taux matières minérales. Pour la matière grasse, des teneurs variants entre 1.33% et 3.91% ont été notées. Les huit plantes étudiées ont présenté une richesse en constituants pariétaux. Les données obtenues par l'étude chimique ont prouvé que les huit plantes étudiées peuvent être classées parmi les plantes pastorales de valeur nutritive intéressante.

Mots clés

Plante pastorale, zone semi-aride, composition chimique.

Abstract

The nutritional value of a multitude of pastoral plants widely consumed by ruminants in steppe regions remains poorly understood. The objective of this study was to evaluate the nutritional value of eight pastoral plants selected by livestock farmers in the study area in order to determine their chemical compositions. All the plants were analyzed using chemical methods to assess their dry matter, organic matter, mineral matter, fat, and fiber content. The plants studied had a relatively acceptable dry matter content compared to those reported in the literature. They all exhibited high levels of organic matter and low levels of mineral matter. Fat content ranged from 1.33% to 3.91%. The eight plants studied were rich in cell wall constituents. The data obtained from the chemical analysis demonstrated that the eight plants studied can be classified among pastoral plants with significant nutritional value.

Keywords

Pastoral plant, semi-arid zone, chemical composition.

ملخص

لا تزال القيمة الغذائية للعديد من النباتات الرعوية التي تستهلكها المجترات على نطاق واسع في المناطق شبه الجافة غير معروفة بشكل كافٍ. هدفت هذه الدراسة إلى تقييم القيمة الغذائية لثمانية نباتات رعوية اختارها مربو الماشية في منطقة الدراسة، وذلك لتحديد مكوناتها. تم تحليل جميع النباتات باستخدام طرق كيميائية لتقييم محتواها من المادة الجافة، والمادة العضوية، والمادة المعدنية، والدهون، والألياف. أظهرت النباتات التي تمت دراستها محتوى مقبولاً نسبياً من المادة الجافة مقارنةً بما ورد في الدراسات السابقة. كما أظهرت جميعها مستويات عالية من المادة العضوية ومستويات منخفضة من المادة المعدنية. تراوح محتوى الدهون بين 1.33% و 3.91% وكانت النباتات الثمانية المدروسة غنية بالألياف. أظهرت نتائج التحليل الكيميائي أن هذه النباتات الثمانية تُصنف ضمن النباتات الرعوية ذات القيمة الغذائية العالية.

الكلمات المفتاحية:

نباتات رعوية، المناطق شبه الجافة ، التحليل الكيميائي