

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE – ALGER

المدرسة الوطنية العليا للبيطرة - الجزائر

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLOME DE DOCTEUR VETERINAIRE

*L'utilisation de la composition chimique dans la
détermination de la digestibilité de la matière
organique de quelques fourrages en Algérie*

Présenté par : BELAIDI BELLAL

BOULAKHRAS SABER

Soutenu : juillet 2011

Jury :

Présidente :	Mme	REMAS. K	Maître assistant classe A
Promotrice :	Mme	GOUAS. Y	Maître assistant classe A
Examineur :	Melle	TENNAH. S	Maître assistant classe A
Examineur :	Mme	BENALI. N	Maître assistant classe B

Année universitaire : 2010/2011



Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu, le tout puissant qui a éclairé notre chemin.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères

Remerciements à :

Notre promotrice Mme GOUAS.Y maitre assistante à l'ENSV

Pour avoir acceptée et diriger ce

Travail avec patience et compétence et pour ses précieux conseils et toute l'attention qu'elle nous a accordée tout au long de ce travail.

Mme REMAS.K maitre assistante à l'ENSV pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury.

Melle TENNAH.S, maitre assistante à l'ENSV, pour avoir bien voulu examiner ce modeste travail.

Mme BEN ALI, maître assistante à l'ENSV, pour avoir bien voulu examiner notre travail, sans oublier les informations et la grande aide qu'elle nous a donné

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont aidé de près ou de loin pour La réalisation de ce travail





Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents pour m'avoir donné le goût de l'effort et m'avoir permis d'arriver jusqu'ici. Que dieu les garde auprès de moi.

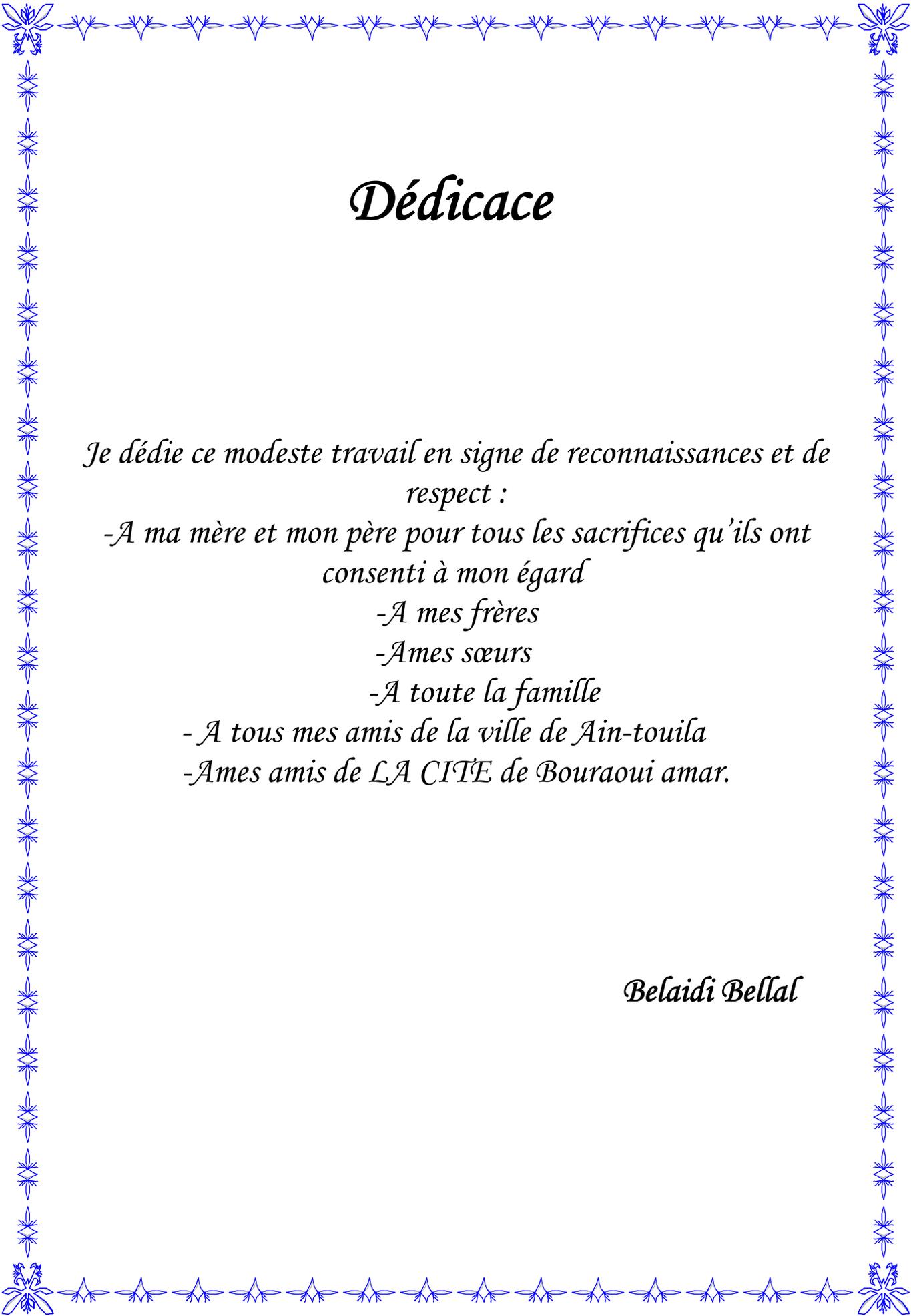
A mes chères frères et sœurs

A toute ma grande famille.

A tous mes amis sans exception.

A tous ces bons moments que nous avons partagés en espérant qu'ils seront encore nombreux

Boulakhras Saber



Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

-A ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard

-A mes frères

-A mes sœurs

-A toute la famille

- A tous mes amis de la ville de Ain-touila

-A mes amis de LA CITE de Bouraoui amar.

Belaidi Bellal

SOMMAIRE

INTRODUCTION :.....	1
---------------------	---

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES :	2
I. L'eau :	2
II. La matière sèche :	3
II.1. les matières inorganiques :	4
II.2. les matières organiques :	4
II.2.1. Les constituants intracellulaires (Cytoplasmiques) :	5
II.2.1.1 Les glucides ou les carbohydrates :	5
II.2.1.2 Les constituants azotés :	5
II.2.1.3. Les matières grasses :	6
II.2.1.4. Les Pigments :	7
II.2.2 les constituants pariétaux :	7
II.2.2.1 Cellulose :	7
II.2.2.2 les hémicelluloses :	8
II.2.2.3 la lignine :	8
II.2.2.4 les substances pectiques :	9

CHAPITRE II : LES FACTEURS DE VARIATION DE LA COMPOSITION

CHIMIQUE DES FOURRAGES :	10
I. Les facteurs intrinsèques	10
I.1. Influence de la famille botanique :	10
I.2. Influence de l'espèce et de la variété :	11
I.3. Influence de l'âge et du stade de développement :	12

II. Les facteurs extrinsèques:	14
II.1.La saison et la date de semis :	14
II.2.Température et la lumière :	15
II.3.Le sol et la fertilisation :	16
CHAPITRE III : LA DIGESTIBILITE	18
I. Définition de la digestibilité :	18
II. Les facteurs de variation de la digestibilité :	18
II.1. les facteurs intrinsèques :	18
II.2. les facteurs extrinsèques :	21
CHAPITRE IV : METHODE DE PREVISION DE LA DIGESTIBILITE	
DES FOURRAGES	22
I. La méthode de WEENDE :	22
II. Méthodes microbiologiques :	23
II. 1. Méthode in situ :	23
II.2.Méthode in vitro :	23
III. Méthode enzymatique :	24

PARTIE EXPERIMENTALE

I. PROBLEMATIQUE ET OBGETIF :	25
II. Matériels et méthodes	25
II.1. Matériel végétal :	25
II.2. Méthodes d'analyses :	27
II.2.1. Détermination de la matière sèche :	27
II.2.2. Détermination des matières minérales (cendres) (MM) :	28
II.2.3. Détermination de la matière organique	28
II.2.4. Détermination des matières azotes totales (MAT) :	29
II.2.5. Détermination de la matière grasse	30
II.2.6. Détermination de la teneur en cellulose brute :	31

II.2.7. Détermination de la digestibilité des différents échantillons : ... 32

RESULTATS ET DISCUSSION

I. la composition chimique :	33
II. la digestibilite :	34
CONCLUSION :	37

ABREVIATION

%:	Pourcentage
C°:	Degrés Celsius
C :	Carbone
CB :	Cellulose brute
Cm :	Centimètre
Cu :	cuivre
dMO :	digestibilité de matière organique
ENA :	Extraction non azotée
ANP :	Azote non protéique
ENSV :	École Nationale Supérieure Vétérinaire
g:	Gramme
h:	heure
ha :	hectare
ITELV :	Institut technique d'élevage
ITGC :	Institut technique des grandes cultures
INSA :	Institut nationale supérieure agronomique
K :	Potassium
Kg :	Kilogramme
L :	Litre
m :	Mètre
m³ :	Mètre cube
MA :	Matière azotée
MAT :	Matière azotée totale
Mg :	Magnésium
ml :	Millilitre
Mm :	Millimètre
MG :	matière grasse

MM : Matière minérale
MO : Matière organique
MOD : Matière organique digestible
MS : Matière sèche
N : Azote
Na : Sodium
P : Phosphore
ppm : Partie par million
S : Soufre

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : influence de la variété sur la teneur en constituants pariétaux des Graminées récoltées à 70 %de digestibilité (Jones, 1970).	11
Tableau 2 : les aliments étudiés	25
Tableau 3 : équation de prévision de la digestibilité (%) des fourrages à partir de la cellulose brute (CB), en % matière sèche	32
Tableau 4 : composition chimique des différentes aliments	33
Tableau 5 : la digestibilité de la matière organique et la matière organique digestible des échantillons	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : les différents constituants de la plante fourragère	02
Figure 2 : représentation schématique des principaux facteurs influençant la digestibilité dans le rumen	21

INTRODUCTION

INTRODUCTION :

L'intensification de la production animale passe nécessairement par l'amélioration de l'offre fourragère, en effet les rations alimentaires doivent couvrir les besoins nutritifs à cette fin elles doivent satisfaire les différents besoins nutritifs des animaux, sans risque de toxicité et dans les meilleures conditions économique

Néanmoins, il est indispensable de connaître la valeur nutritive des fourrages verts ou conservés ainsi que les quantités qui peuvent être ingérées par nos bovins et ovins. Cela permet non seulement d'établir des plans de rationnement adaptés aux besoins et à la capacité d'ingestion des animaux mais aussi de fixer le stade de croissance auquel il faut l'exploiter pour en tirer les quantités maximum d'éléments nutritifs.

Pour avoir une estimation plus précise de la valeur nutritive de nos fourrages il faut d'abord connaître la digestibilité de leur teneur en matière organique.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES :

Les aliments se composent d'eau, et de matière sèche. Cette dernière est composée de matière minérale et matière organique dont les éléments essentiels sont : les glucides, les lipides ; les protéines (figure : 1)

Matière Brute	Eau			
	Matière Sèche	Matière minérale		Macroéléments
				Oligoéléments
		Matière Organique	Glucides	Glucides cytoplasmique
				Glucides pariétaux des végétaux
			Lipides	Lipides
			Matière Azotée	Matières azotées protidiques
	Matières azotées non protidique			

Fig. 1 : Les différents constituants des aliments (CAROLE DROGOUL. 2004)

I. L'eau :

Les tissus des végétaux en pleine activité métabolique sont gorgés d'eau. Elles forment normalement plus de 80% du poids de la matière végétale (Mazliak, 1981) ; on y trouve deux types d'eaux, l'eau dissoute dont laquelle se trouve les substances hydrosolubles (protides, glucides, minéraux, vitamines et gaz), et l'eau fixe non mesurable (Mazliak, 1981, Sablonnière 2001). La première a un rôle fonctionnel et la deuxième a un rôle plastique. Ceci peut expliquer la réduction des rendements lors de la sécheresse ainsi que la qualité et la hauteur des plantes puisque l'élongation cellulaire (rôle plastique de l'eau) et probablement la division cellulaire sont ralenties par manque d'eau (Moïse 1976). Les travaux de Bousba (1984) et Ouchai (1990) montrent qu'en culture irriguée, l'eau favorise l'augmentation

du nombre de feuilles principalement les jeunes feuilles, qui apparaissent au sommet.

Morphologiquement, un déficit hydrique modéré ralentit la croissance et le développement des plantes si bien que celles-ci restent plus feuillues (Mazliak, 1981), donc riches en azote.

II. La matière sèche :

La quantité de matière sèche étant en relation directe avec la morphologie de la plante, Celle-ci subie des modifications en passant d'un stade à un autre. En effet, la proportion des feuilles passe d'environ 60% au stade végétatif (plante de 30cm de haut) à 35% à la floraison chez la luzerne par exemple (Demarquilly, 1987). Par conséquence, il y a une diminution de la quantité de la matière sèche. D'ailleurs, au cours du premier cycle, au niveau des parties aériennes celle-ci atteint 21%-22% (Demarquilly et Weiss, 1970). Après floraison, la qualité de la MS est médiocre, en raison de sa pauvreté en matière azotée digestible (en glucides solubles, en éléments minéraux) et sa richesse en cellulose et lignine (Craplet, 1960 ; Demarquilly, 1987 ; Soltner, 1990). Ainsi la quantité d'éléments nutritifs récoltées à l'hectare est maximale au stade « boutons floraux » du premier cycle chez la luzerne (Demarquilly *et al.* , 1998 ; Malhollang, 1988 *in* Porqueddu, 2000) ou au stade début floraison selon Moïse (1976). Le choix de la date de récolte doit tenir compte du fait que la production en tonne de matière sèche par hectare augmente avec le stade ou l'âge du fourrage considéré.

II.1. les matières inorganiques :

Les macroéléments se présentent dans le végétal sous des formes chimiques variées : (Robert Jarrige 1995)

- K et Na sont presque totalement ionisés.
- P est présent sous des formes multiples (P inorganique, phosphates estérifiés ou non, phytates dans les grains).
- Ca peut être soluble, partiellement soluble (phosphate) ou sous forme d'oxalates insolubles (jusqu'à 33% de calcium total dans la luzerne selon Ward et al, 1979), enfin, une fraction de Ca peut également être liée aux protéines et aux pectines.
- 50% de Mg sont sous forme soluble (Buttler et Jones 1973). Environ 10% associés au complexe chlorophyllien, et une partie non négligeable est complexée aux acides organiques et à la lignine (Molloy et Richards 1971).

Les matières minérales totales (ou cendres brutes) constituent de 8 à 15 % de la matière sèche (MS) des fourrages. Les éléments minéraux majeures présentent selon Littel (1982) approximativement les plages de variation suivantes par Kg de MS : 0.2 à 7g de P ; 0.4 à 71g de Ca ; 0.3 à 10g de Mg ; 0.01 à 21g de Na ; ces teneurs peuvent être estimées entre 10 à 60g,

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 de milieu et d'exploitation.

II.2. les matières organiques :

La teneur des fourrages verts en MO se situe entre 84% et 90% de la MS (Gaouas- Meghezzi, 1989). Celle-ci peut être classée en deux catégories ; les constituants cytoplasmiques et les constituants pariétaux (Lapeyronie, 1982 ; Jarrige, 1988 ; Mauriès, 1994)

:

II.2.1. Les constituants intracellulaires (Cytoplasmiques) :

Ils regroupent les glucides hydrosolubles, les matières azotées, l'amidon, les lipides, les acides organiques, les vitamines. Leurs digestibilités vraies sont totales chez les ruminants.

II.2.1.1 Les glucides ou les carbohydrates :

Les glucides cytoplasmiques ont la formule chimique $(CH_2O)_n$ où n varie de 3 et plus (Sablonnière.2001). Ils contiennent des sucres libres essentiellement les hexoses réducteurs (glucose et fructose), un diholoside non réducteur (saccharose) et des polyholosides de réserve (fructosanes et amidon). Les sucres libres et les fructosanes sont solubles dans l'eau (Jarrige, 1981 ; Sablonnière, 2001). On peut les séparer, en extrayant les sucres par l'éthanol à 80% ou 90% puis les fructosanes par l'eau (Jarrige, 1981).

II.2.1.2 Les constituants azotés :**II.2.1.2.1 Les constituants azotés protéiques :**

les protéines sont des composants complexes de poids moléculaire élevé ayant les mêmes éléments chimiques que les hydrates de carbone et les lipides (C.H.O), mais ils ont en plus l'azote et le soufre (Donald *et al* , 1988). Elles représentent 30% de la MS chez les légumineuses (Moule 1980), la teneur évolue avec la proportion de feuilles (Jarrige, 1988). Leurs origines selon Demarquilly *et al.* (1981) sont les chloroplastes et le cytoplasme de la cellule.

La technique d'extraction des protéines des fourrages verts est largement utilisée dans l'alimentation du bétail. Les extraits de feuilles contiennent jusqu'à 65% de protéines contre 20% pour la viande (Chaabena, 2001). Chez les medicagos, la teneur en protéines varie selon l'espèce, les cultivars et le stade de développement ainsi que l'organe de la plante et le régime hydrique.

II.2.1.2.2 Les constituants azotés non protéiques :

Plusieurs constituants azotés qui ne sont pas classés avec les protéines chez les plantes sont désignés sous le terme de constituants non azotés qui ne sont pas différenciés des protéines vraies (Denald *et al.* 1988 ; Demarquilly et Anderieu 1992). Sur le plan chimique, ils représentent les fractions solubles dans l'éthanol (Jarrige, 1981). Ils regroupent les acides aminés tel que les acides glutamiques acides aspartiques, alanine serine, glycine et la proline, ainsi que d'autres tels que les lipides azotés, les amines, les amides purine pyrimidines nitrates et alcaloïdes ; on ajoute souvent le groupe de vitamines qui entrent dans la structure de l'azote (Denald *et al.* , 1988). Ils diffusent très vite dans le rumen, ils sont rapidement dégradés en NH₃ et ne sont utilisable par l'animal qu'une fois transformé en protéines microbiennes (Jarrige, 1988). L'azote non protéique (ANP) représente 15% à 25% de l'azote total au niveau des fourrages verts (Demarquilly, 1977).

II.2.1.3. Les matières grasses :

La concentration des matières grasses et les pigments dans un fourrage est toujours faible soit 3 à 5% MS dans une plante à maturité. On peut trouver de petite quantité d'acide gras saturé (palmitique, stéarique), une proportion relativement plus élevée d'acide gras non saturé (C18) surtout linoléique, une quantité minime de phosphatide de cires et stérols (Lapeyronie, 1982).

Les acides gras dont l'abondance et la nature varient selon les espèces végétales jouent un rôle important sur la texture et certains descripteurs de la flaveur ou des enzymes comme la plasmine impliqués dans la protéolyse intervenant au cours de l'affinage des fromages (Martin *et al.*, 2002) Cependant, depuis quelques années, certains acides gras spécifiques des produits de ruminants et notamment l'acide ruménique (C18 : 2 cis 9 trans 11 : principal isomère dans le lait des acides linoléique conjugués : CLA) ont été identifiés pour leur concentration antiathérogène et/ou anti-cancérogène alors que d'autres acides gras saturés et de forme trans auraient un impact négatif sur la santé humaine (Martin *et al.*, 2002)

II.2.1.4. Les Pigments :

Sont des chlorophylles A et B et des caroténoïdes, il est noté également la présence des stérols (environ 0.1 à 0.5 % de la MS). (Robert Jarrige 1995)

II.2.2 les constituants pariétaux :

La paroi cellulaire représente 15 à 90 % de la matière sèche des aliments (15% à 45% pour les concentrés, 30% à 80% pour les fourrages, 60% à 90% pour les pailles) (Sauvant, 1988). Elle est constituée essentiellement de polymère de nature glucidique comme la cellulose et les hémicelluloses ou dérivés d'unité phenylpropanoïque : la lignine. Elle constitue également de substance pectique, de matières azotées et de silice en faible quantité.

II.2.2.1 Cellulose :

La cellulose est un polysaccharide de structure très répandu dans le règne végétal. Il est formé de D- glucose lié en β 1-4 (Bailey, 1973 ; Sablonnière, 2001). Elle forme des molécules de grande taille qui s'associent entre elles par des ponts hydrogènes pour former des micros fibrilles (Salvador et Cherbut, 1992). Seuls les ruminants, grâce à leur rumen peuvent la réduire en glucose.

Le degré de polymérisation varie avec l'âge et l'organe considéré (Lapeyrone, 1982). La cellulose représente 40-45% de la paroi de la plante fourragère (Jarrige, 1981). Chez la luzerne, elle varie selon les auteurs entre 19% et 35% (Mauriès, 1994) et entre 11% jusqu'à 45% (Demarquilly *et al* 1992.). Par contre, chez les espèces annuelles elle varie entre 13 et 23% au stade végétatif (Goumiri *et al.* 1990).

II.2.2.2 les hémicelluloses :

Les hémicelluloses sont des substances amorphes, divisées en deux groupes : les pentoses (xylose, arabinose) et les hexosanes (glucose, mannose, galactose) (Barley, 1973). Elles sont plus au moins condensées et présentent des liaisons chimiques analogues à celle de la cellulose (Brunel et Patin, 1979 ; Sablonnière, 2001) ; elles sont solubles dans les bases hydrolysables par les acides dilués à chaud (Brunel et Partin, 1949). Chez la luzerne la teneur peut atteindre 32% de la MS (Mauriès, 1994).

II.2.2.3 la lignine :

La lignine désigne l'ensemble de substance de haut poids moléculaire et de nature non glucidique (Van-Soest, 1975 *in* Harkin, 1973 ; Lapeyronie, 1982). Elle est déposée dans des tissus structuraux de vaisseaux vasculaires des feuilles et des tiges. Sa proportion augmente avec le vieillissement des plantes (Duthil, 1967 ; Lapeyronie, 1982).

Elle n'est pas dégradée par les microorganismes du rumen et entrave le bon déroulement de la digestion des parois (Moïse, 1976 ; Duthil, 1976 ; Lapeyronie, 1982 ; Sauvant, 1988). En moyenne 1% de lignine supplémentaire dans la MS accroît de 30,8% la quantité de paroi non digestible dans la MS (Sauvant, 1982). D'ailleurs le rapport parois/cellulose brute est un bon prédicateur de la teneur en lignine, donc de la digestibilité de la matière organique et de la valeur énergétique (Lapeyronie, 1982). Dans le schéma analytique de Van-Soest (1963), la lignine est le résidu de la destruction par l'acide sulfurique à 72% du résidu lignocellulosique. Les valeurs peuvent être cohérentes avec les teneurs en cellulose brute à l'aide d'équation de régression (Jarrige, 1988).

II.2.2.4 les substances pectiques :

Ce sont des polysaccharides qui ont une fonction de ciment intercellulaire et qui sont abondants dans les lamelles moyennes des tissus (Bailey, 1973). Elles représenteraient de l'ordre de 6 à 7% de MS des légumineuses (Jarrige, 1981).

Généralement, l'ensemble des substances Pectiques-Hémicelluloses est désigné sous le terme d'hémicelluloses ou de polyosides non Cellulosiques (Jarrige, 1981). Elles pourraient être la cause d'accident de météorisation (Lapeyronie, 1982).

CHAPITRE II : LES FACTEURS DE VARIATIONS DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES :

La composition chimique de la plante fourragère évolue en fonction de deux types de facteurs. Les facteurs intrinsèques liés à la plante (famille, espèce, organe, stade physiologique, hauteur de coupe...) et les facteurs extrinsèques liés aux milieux (climat, sol, fertilisation, type de conservation, type d'animaux...)

I. Les facteurs intrinsèques

I.1. Influence de la famille botanique :

En général entre les graminées et les légumineuses, il existe des différences relativement systématiques du point de vue de la composition morphologique et chimique.

Les légumineuses ont en général des teneurs plus élevées en matières azotées, en matières grasses, acides organiques, calcium, magnésium et cuivre et des teneurs plus faibles en glucide soluble (Demarquilly et Jarrige 1973, Mc Donald, 1981)

Les graminées de climat tempéré ont des teneurs en parois cellulaires (cellulose, hémicellulose et lignine) supérieures à celles des légumineuses. En effet, si les teneurs en cellulose de ces deux familles sont pratiquement similaires, la teneur en hémicellulose est en moyenne deux à trois fois plus élevée chez les graminées par rapport aux légumineuses (Gaillard, 1962 ; Jarrige, 1963 ; Sullivan, 1966 ; Van Soest, 1967).

Inversement les parois végétales des légumineuses sont en général plus lignifiées et plus riches en substances pectiques que celles des graminées.

I.2. Influence de l'espèce et de la variété :

Au sein d'une famille et au même stade de développement, il existe des écarts parfois considérables entre espèces dus en partie à des différences dans les proportions de feuilles et de tiges dans les plantes entières (Demarquilly et Weise, 1970). Par contre à l'intérieur d'une même espèce les différences entre variétés sont généralement faibles comme cela à été démontré chez la luzerne (Smith et al, 1966). De même, Jones, 1970 n'a observé aucune différence significative entre variétés d'une même espèce dans la teneur en pentoses, xylanes ou lignine, chez le ray-grass, le dactyle et la fléole (tableau 1)

Par contre, Morrison, 1980, a recensé des différences dans la teneur en lignine dans les variétés du ray-grass (les variétés diploïdes ont des teneurs en lignine inférieures aux variétés tétraploïdes)

Tableau 1 : influence de la variété sur la teneur en constituants pariétaux des graminées récoltées à 70 % de digestibilité (Jones, 1970).

	Variété	pantosanes	Hexosanes	Xylanes	cellulose	lignine
Ray-grass anglais	Variété 1	13.6	25.4	9.6	20.6	4.5
	Variété 2	13.2	22.5	9.0	18.3	5.4
dactyle	Variété 1	11.9	22.6	8.3	17.7	6.9
	Variété 2	12.7	20.3	8.2	15.8	6.8
fléole	Variété 1	13.7	22.8	9.6	19.3	5.9
	Variété 2	13.6	23.8	9.8	21.0	5.9

1.3. Influence de l'âge et du stade de développement :

L'âge est le facteur le plus important dans la variation de la composition chimique des fourrages, il est souvent utilisé comme critère d'appréciation du stade de développement. À mesure que la plante vieillit, la proportion des constituants pariétaux augmente alors que celle des constituants cytoplasmiques diminue.

Ce changement de la composition chimique en fonction de l'âge peut s'opérer selon des modèles linéaires ou curvilinéaires. L'évolution de la composition chimique dépend étroitement du rapport feuilles/tige, qui diminue considérablement au cours du premier cycle de végétation.

La composition morphologique évolue plus vite chez les graminées que chez les légumineuses au cours du premier cycle de croissance. En effet, la proportion des limbes ou des feuilles diminue entre le stade végétatif et la floraison de 60% à 10% et de 30% à 10% au profit des tiges et des graines chez les graminées et les légumineuses respectivement (Demarquilly et Weise, 1970). Puis on assiste souvent à une stabilisation de ces proportions en fin de cycle. De même, les repousses à tiges (légumineuses et certaines graminées) suivent une même évolution que celle de premier cycle mais à un rythme plus lent (Demarquilly et Weise, 1970).

Chez les graminées, dans les pays tempérés, la teneur en sucre soluble augmente avec la maturité de la plante et ce jusqu'au stade plein épisaison puis diminue par la suite (Berthiaume et al, 1998).

En effet, chez le ray-grass, la teneur en glucides solubles atteint des valeurs maximales le plus souvent un peu avant le début épisaison, (Jarrige et Minson, 1964; Smith, 1973 ; Jarrige, 1981), puis diminue juste après (Jarrige et al, 1995).

La teneur en glucides hydrosolubles des repousses peut être élevée dans les repousses à tige de fin de printemps. Elle est ensuite généralement faible dans les repousses feuillues (Jarrige, 1981).

Pour les légumineuses, les quantités des sucres solubles demeurent assez constantes, bien qu'elles augmentent un peu jusqu'au stade bouton pour diminuer légèrement au stade pleine floraison (Smith, 1973).

C'est au printemps, vers la fin du stade végétatif peu avant le début du stade bourgeonnement que la luzerne présente des concentrations maximums en sucre, jusqu'à 7% pour les feuilles et 10% pour les tiges (Jarrige, 1954). Elle s'appauvrit ensuite, jusqu'à 4% à 5% pour les feuilles et une valeur inférieure pour les tiges

Pour l'orge, il y a une augmentation des sucres solubles jusqu'au stade laiteux, pâteux mou et par la suite une diminution très marquée. Il est généralement recommandé d'ensiler l'orge au stade laiteux et de ne pas dépasser le stade pâteux mou. A ce stade, les sucres solubles sont alors très élevés (Berthiaume et al, 1998)

Les teneurs en glucides solubles sont plus importantes dans les tiges (Terry et Tilley, 1964,; Smith, 1981), car les fructosanes s'accumulent plus dans les tiges et les graines (Jarrige, 1981) c'est pour cela que la teneur en glucides hydrosolubles d'une espèce donnée est plus élevée dans les plantes à tiges que dans les repousses feuillues.

Durant le premier cycle, les plantes s'appauvrissent en matières azotées à mesure qu'elles vieillissent (Van Riper et Smith, 1959 ; Demarquilly et Weiss, 1970 ; Demarquilly et al 1978).

Rapportée à l'âge, cette baisse est en général linéaire chez les légumineuses et curvilinéaires chez les graminées. Cette évolution est le résultat de la diminution de la proportion des feuilles et des limbes riches en azote au dépend des tiges moins riches (Terry et Tilley, 1988. La teneur en matières azotées des légumineuses est plus élevée et moins variable que celle des graminées ,Fauconneau et Jarrige, 1954 ; Mowat et al,1965 Demarquilly et Weiss, 1970, signalent que la teneur en azote de la plante entière passe en moyennes de 26% au stade végétatif à 18% à la floraison pour la luzerne et de 22% à 16% pour le trèfle violet. Suite à la diminution du rapport feuille/tige, la proportion d'azote non protéique augmente car les feuilles sont pauvres en

ANP (Fauconneau, 1960), alors que la proportion des constituants pariétaux augmente. En revanche, la teneur en parois des tiges est supérieure à celle des feuilles et elle augmente avec l'âge, elles sont de même ordre chez les graminées et chez les légumineuses à stade comparable. De même, Pigdene et Heaney, 1969, ont montré que la teneur en lignine varié de 2% chez les fourrages jeunes à 15% en pleine maturité.

II. Les facteurs extrinsèques:

II.1. La saison et la date de semis :

(3^{ème} Coupe plus feuillue), et la teneur en carotène passe par le maximum (Moule, 1980 ; Mauriès, Les fluctuations des facteurs climatiques ont un effet bien plus important que les différences entre espèces sur les écarts de production de MS de la plupart des fourrages (Moïse, 1976). Le changement saisonnier est l'un de ces facteurs. En effet au printemps, durant le stade végétatif peu avant le début bourgeonnement, les feuilles comme les tiges de luzerne présentent des concentrations maximums en sucres (Jarrige, 1981). Au milieu de l'été et au stade équivalent le rapport feuilles/tiges diffère avec le numéro de coupe (1994). Dans le même sens, les résultats de 2 années d'étude du semis au pâturage, des luzernes annuelles montrent que la saison influe directement sur la composition chimique et la digestibilité (Brand *et al.* , 1991 *in* Porqueddu, 2000).

Une étude menée en Canada par Bezille (1984), montre que la teneur en matière azotée de la luzerne augmente avec le retard de la date de semis. Par contre une autre étude par Larbi (1979) en Algérie sur le Bersim montre que plus la date de semis est tardive, plus les teneurs en matières azotées digestibles et éléments minéraux sont faibles et plus la teneur en cellulose brute est élevée; par conséquent, la quantité de MS augmente. Paradoxalement, Ru *et al.* (1997) ont montré, sur 26 cultivars de *Trifolium subterraneum*, que c'est le semis précoce qui fait augmenter le rendement en

MS, la hauteur de végétation, la longueur du pétiole, le nombre et la taille de feuilles, Cette contradiction de résultats peut être expliquée par d'autres paramètres liés au développement de la plante.

II.2. Température et la lumière :

La température est le facteur climatique dont l'influence sur la croissance, le développement et la composition chimique de la plante est la plus nette. Elle a une action positive sur les constituants pariétaux des fourrages des pays tropicaux et tempérés (Deinum, 1966 ; Deinum *et al.* , 1968 ; Wilson et Ford, 1971 ; Deinum *et al.* , 1975). En effet, l'abaissement thermique de l'hiver ou le gel (hauts plateaux) freinent ou arrêtent la végétation des fourrages. Par contre, du fait d'une insolation importante et d'une faible nébulosité, la fourniture énergétique permet des rendements exceptionnels (Lapeyronie.1982, Moule.1980), alors que les hautes températures estivales peuvent bloquer la croissance même en présence d'eau et empêchent la fécondation chez la luzerne annuelle (Loi *et al.* , 1993). Ainsi, si celles-ci sont au delà de l'optimum, elles accroissent la proportion des feuilles dans la plante et entraînent une baisse de la teneur en parois. Dans le cas contraire, elles stimuleraient la croissance de la plante qui sera moins riche en feuilles (Faix, 1974). D'ailleurs, Loi *et al.* (1993) ont montré que les rendements des plantes sont plus dépréciés par les basses températures et stimulés par les fortes températures.

La lumière stimule la croissance des fourrages comme la température, mais leurs actions sur la composition chimique sont opposées. La lumière, en activant la photosynthèse, engendre une accumulation de glucides non structuraux, d'acides aminés, d'acides organiques et par voie de dilution réduit la part des parois plus particulièrement de la lignine dans la plante (Van-Soest *et al.* , 1978). En effet, plusieurs auteurs (Tanasch, 1979 ; Tanasch et Edelbauer, 1979 ; Unan et Edelbauer, 1980) ont constaté que le photopériodisme (longueur du jour) modifie énormément la

Composition minérale des feuilles et des tiges et le rapport feuilles/ tiges de *Trifolium repens*. Chez la luzerne et le trèfle les durées d'éclairement croissantes, modifient la morphologie et la production de MS, en provoquant un allongement des feuilles au détriment de leur largeur (Guy, 1971 in Hnatyszyn et Gais, 1988), d'ailleurs les feuilles poussant en pleine lumière sont plus épaisses que les feuilles produites à l'ombre, elles ont des cellules plus volumineuses, donc plus de chlorophylle à l'unité de surface (Moïse 1976), ainsi qu'une teneur anormalement élevée en sucres solubles (Schneider kleebergnd).

II.3. Le sol et la fertilisation :

Les facteurs édaphiques affectent largement la distribution des espèces de *Medicago* (Piano et Francis, 1992). Cette distribution est clairement influencée par la teneur du sol en CaCO₃ (Bounejmate, 1992), la teneur du sol en P (Prosperi *et al.*, 1989), et la salinité du sol (Abdelguerfi *et al.*, 1988).

Ainsi, la fumure azotée chez les légumineuses tend à déprimer la croissance, à augmenter la teneur azotée, par contre l'apport en P, K et Ca augmente leurs teneurs en sucres non réducteurs et en protéines solubles (Moule, 1980 ; Odet, 1989). En effet au centre de Chili, Del Pozo (1995) a montré sur *M. polymorpha* que le pourcentage du Phosphore au niveau de la partie aérienne passe de 0,18% à 0,25% avec l'augmentation de cet élément de 0 à 97 kg/ha. Par contre, Lafer (1994) a trouvé que la fertilisation potassique n'a pas d'effet significatif sur le poids sec de la partie aérienne des *medicagos* sauf pour les doses 100, 200, 300 Kg/ha où la production de MS de la partie aérienne est supérieure au témoin avec le rapport feuilles /tiges élevé pour la dose 200 kg/ha de K.

Dans le même sens la fertilisation des légumineuses peut faire varier la teneur en acide gras totaux (AGT). Celle-ci avait respectivement la concentration la plus élevée (16.5mg/ g MS) chez le trèfle blanc et la plus

faible chez la luzerne (6mg/g MSBoufaied *et al.* 2003). De ce fait les racines des légumineuses sont caractérisées par une forte capacité d'échange (Moule, 1980). Ce sont des espèces acidifiantes (Olufch et al, 1988 ; Soltner, 1990)

Enfin, l'action du sel du sol sur la composition chimique des fourrages se traduit par une chute de rendement (nanisme), des phénomènes de chloroses et de succulence apparaissent à partir d'un seuil variable avec les espèces et les conditions du milieu (Lapeyronie, 1982).

CHAPITRE III : LA DIGESTIBILITE

I. Définition de la digestibilité :

La digestibilité (apparente) d'un constituant chimique exprime sa proportion disparue entre sa consommation et son excrétion dans les fèces.

II. Les facteurs de variation de la digestibilité :

La digestibilité varie en fonction des facteurs, liés à l'animal (facteurs intrinsèque) et les facteurs liés à son environnement (facteurs extrinsèque).

(Amadou Traoré 2009)

II.1. les facteurs intrinsèques :

- **L'espèce et la race** : les ruminants digèrent mieux la cellulose que les monogastriques (une vache digère mieux des fourrages que un chien ou un chat).

Les races spécialisées (laitière comme la montbéliarde, bouchère comme la charolaise) ont une **capacité** de transformation plus élevée que les races non spécialisées.

- **L'âge** : les ruminants ne peuvent pas digérer la cellulose à leurs naissances car ils ne disposent pas d'équipement de bactéries nécessaire, le rumen, le réseau et le feuillet n'étant pas encore formés. Les veaux se nourrissent de lait.
- **Les quantités ingérées** : la digestibilité diminue quand les quantités ingérées augmentent car le transit intestinal s'accélère. Elle augmente quand l'aliment devient insuffisant, particulièrement chez les races tropicales.
- **L'état sanitaire** : les attaques des parasites **et** en particulier les parasites gastro-intestinaux peuvent provoquer une chute de la digestibilité. En plus de s'alimenter il faut être en bonne santé.

- **La vitesse de dégradation** : est essentiellement dépendante de la composition chimique de l'aliment, chez les fourrages en particulier de leur teneur en parois et de leurs particularités chimiques comme la lignification ainsi que de leur forme physique (brins longs, courts ou broyés). Ces caractéristiques influencent une série de processus interdépendants comme le temps de mastication lors de l'ingestion et de la rumination, l'insalivation, la motricité du rumen et du segment digestif postérieur, la taille et la densité des particules, le pH ruminal et l'activité microbienne. (SCHLÜSSEL FÜR EINE EFFIZIENTE TIERERN HRUNG 2005)
- **La vitesse de transit** : est fortement liée à l'animal, notamment à la spécificité de son tube digestif et à ses besoins. Ceux-ci influencent le niveau d'ingestion dont l'augmentation accroît la vitesse de transit, ce qui diminue la digestibilité. Le stade physiologique a aussi un effet. En fin de gestation, le transit s'accélère, le fœtus réduisant le volume du rumen. Une augmentation de la vitesse de transit s'observe aussi au début de la lactation, causée par l'augmentation du niveau d'ingestion. La baisse de digestibilité qui en résulte est encore amplifiée par une mastication moins efficace. La vitesse de transit peut être augmentée par des températures ambiantes, froides et diminuée par des températures chaudes.

La vitesse de transit est également influencée par la taille et la densité des particules. Les grandes particules (>4 mm) ne peuvent pas sortir du rumen parce que leur faible densité ne leur permet pas d'atteindre l'orifice réticulo-omasal. Leur réduction est essentiellement due à la rumination. De plus en plus denses à mesure que leurs constituants fermentescibles sont dégradés, les petites particules sédimentent dans le fond du rumen et gagnent le réseau où elles peuvent être évacuées par l'orifice réticulo-omasal (SCHLÜSSEL FÜR EINE EFFIZIENTE TIERERN HRUNG 2005)

II.2. les facteurs extrinsèques :

- **Les constituants pariétaux** : les fourrages sont moins digestibles que les aliments concentrés. La digestibilité est inversement proportionnelle à la teneur en cellulose brute d'un aliment : plus elle est élevée plus la digestibilité est faible. (Robert Jarrige)
- **La composition de la ration** : l'équilibre entre les valeurs énergétiques et azotées augmente la digestibilité des aliments. De même, une bonne association permet l'augmentation de la digestibilité.
- **La forme, la structure et l'état physique** : chez les ruminants ; le broyage des fourrages entraîne une augmentation de la quantité ingérée mais une baisse de la digestibilité. Par contre le hachage du foin augmente sa digestibilité. (Robert Jarrige)
- **La température** ; les températures élevées réduisent la digestibilité des fourrages (en mars et avril, période chaude). Ils sont plus digestibles en saison fraîche qu'en saison sèche. (Robert Jarrige)

(Figure 2)

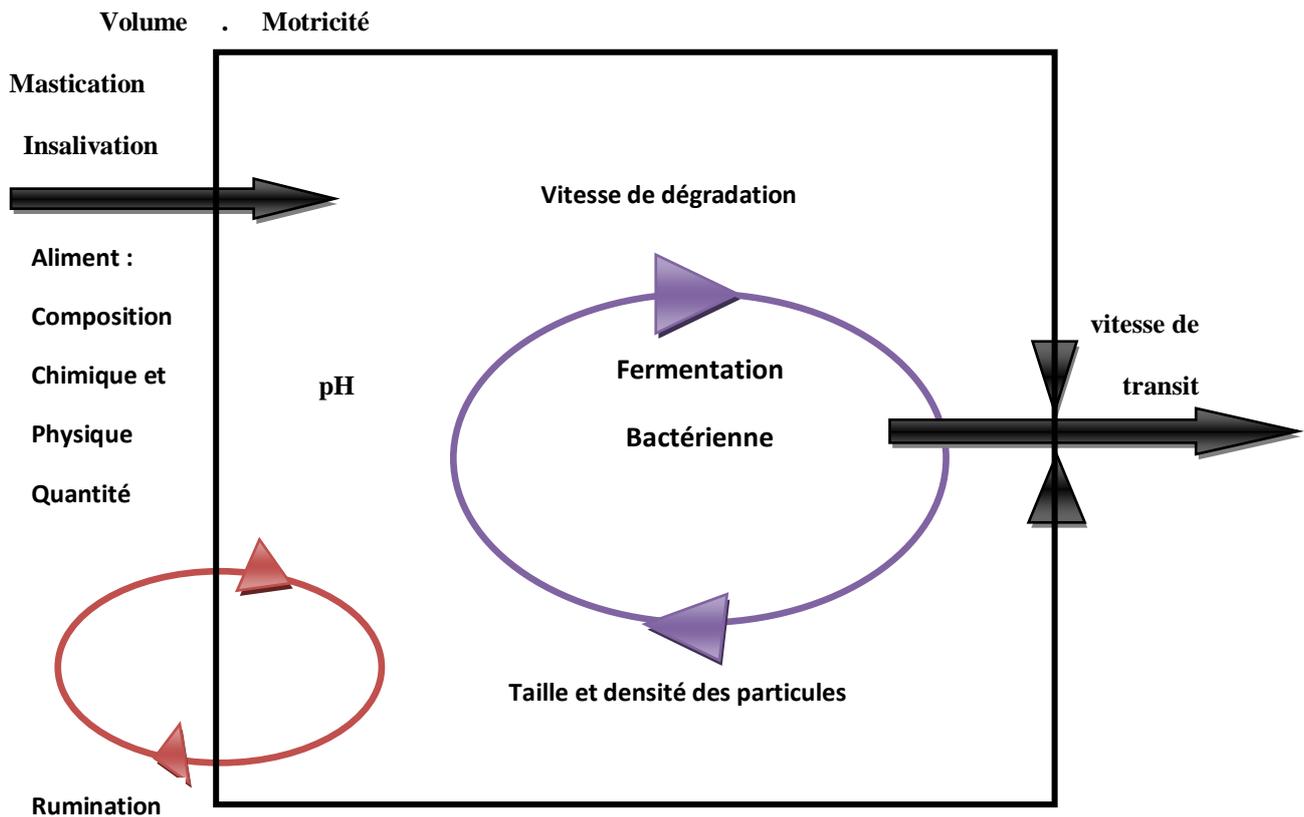


Figure 2: représentation schématique des principaux facteurs influençant la digestibilité dans le rumen. (FOKUS VERDAUUNG, 2005)

CHAPITRE IV : METHODES DE PREVISION DE LA DIGESTIBILITE DES FOURRAGES

I. La méthode de WEENDE:

La méthode de weende à été mise en forme vers 1860 mais ces racines semblent être bien antérieures. Elle est encore universellement employée, y compris dans la réglementation.

La teneur en celluloses brute est généralement un bon critère de l'indigestible pariétal d'une plante donnée parce qu'elle est liée positivement à la teneur en paroi et à la teneur en lignine (Demarquilly et Jarrige, 1981). Les liaisons entre la digestibilité *in vivo* et la cellulose brute sont les plus étroites au cours des cycles de croissance à tige, donc chez les légumineuses et au cours de premier cycle des graminées (Demarquilly et Jarrige, 1981).

Cependant, la précision décroît lorsque les plantes sont proches de la floraison et que leur teneur en cellulose brute dépasse 30 à 50%.

L'évolution de la digestibilité avec la teneur en cellulose brute est de type curvilinéaire, dont l'intérêt est d'inclure la teneur en matières azotées dans les relations pour avoir une bonne prévision de la digestibilité (Andrieu et Weiss, 1981)

La méthode de weende a été critiquée essentiellement du fait que la cellulose brute et l'extractif non azoté (ENA) ne présentent pas des entités chimique définies biologiquement,

La distinction entre CB et ENA n'est pas objective, étant donné que la digestibilité de la cellulose brute est parfois supérieure à celle de l'extractif non azoté (ENA). L'inadéquation de la méthode de weende est liée au fait que le traitement à la soude dissout une partie importante et variable de la lignine dont on sait le rôle fondamentale dans l'indigestibilité des parois (Norman, 1935, Nordfeldt et al, 1949). Cette inadéquation est liée aussi au fait que lors du traitement acide, la cellulose est faiblement attaquée (pertes de

poids pouvant aller jusqu' à 30%, Norman, 1935), alors que toutes les hémicelluloses ne sont pas dissoutes. Mais c'est surtout le traitement basique qui est la principale cause de la mise en défaut de cette méthode.

II. Méthodes microbiologiques :

La méthode des bilans est à l'heure actuelle la seule méthode de référence (in vivo), pour mesurer la digestibilité des fourrages, bien qu'elle soit onéreuse et nécessite beaucoup de mains d'ouvres et de manipulation (Batriaux Thill et al, 1980). Diverses alternatives pour estimer la digestibilité des fourrages ont été proposées :

II. 1. Méthode in situ :

Elle consiste à introduire de petite échantillon de fourrage dans des sachets de nylon sus Pendus dans le sac ventrale du rumen d'un animal fistulé, et sont retirés après des périodes de temps variable. la matière sèche disparue est mesurée à 2, 4, 12, 24,48au72heures (Demarquilly et Chenost, 1969)

La méthode in situ est fort satisfaisante car elle reproduit ce qui ce passe réellement au cour de la digestion, néanmoins, sa mise en œuvre est laborieuse et ne s'applique simultanément qu'a un nombre restreint d'échantillons (Batraux Thill et al,1980)

Elle souffre d'une faible répétitivée (Demarquilly et al,1970 ; Mehrez,1977 ; Lindberg,1985 ;Barne,1969 ; Demarquilly ,1979 ;Oldham,1986)et quelque soit son utilisation, cette méthode doit être rigoureusement standardisée, d'une part pour réduire la variabilité liée à l'emploi de la technique, d'autre part pour éviter les biais liés à la méthodologie utilisée, susceptible de modifier le classement des aliments en fonction du critère étudié(Michalet-Doreau et Aufère,1990)

II.2.Méthode in vitro :

IL existe plusieurs méthodes utilisant l'inoculum de rumen.ces méthodes sont dites IN VITRO. La méthode de Telly et Terry, 1963 est la plus utilisée dans le monde, elle consiste à reproduire le plus fidèlement possible

le milieu biologique très complexe que constitue le rumen .IL s'agit d'une incubation en deux temps :

- Incubation d'un échantillon de fourrage en présence du jus de rumen et d'une solution tampon (salive artificielle) pendant 48heures en anaérobiose, à une température de38°C et un PH 6.7-6.9 de sorte que les conditions soient les plus proches possibles de celle du rumen. Cette première étape simule la digestion dans le rumen.
- Incubation pendant 48heure consécutive à la première dans une solution HCL-pepsine pour simuler la digestion dans la caillette.

Cette méthode donne une très bonne prédiction de la digestibilité IN VIVO des aliments cependant, elle présente certains inconvénient, elle nécessite l'entretien d'animaux fistulés donneurs du jus de rumen

De plus, la variabilité du jus de rumen rend les comparaisons entre laboratoires difficiles, ce qui explique la reproductibilité insuffisante de cette méthode et au sein d'un même laboratoire (Demarquilly et Jarrige, 1981).

III. Méthode enzymatique :

Afin de supprimer l'inconvénient majeur des méthodes IN VITRO, les chercheurs ont essayé de reproduire l'activité cellulolytique du rumen à l'aide d'enzymes dites « cellulase », extraites de champignon *Aspergillus Niger* ou *Trichoderma viride*

Les premiers à avoir utilisé des préparations d'enzymes cellulolytiques extraites de champignons est Donefer et al, 1963, mais les résultats obtenus sont peu satisfaisants, (Jarrige et Thivend, 1969). Ont utilisé une cellulase fongique fabriquée à des fins pharmaceutiques.

Ils'agit, en réalité, d'un nombre d'enzyme qui attaquent non seulement la cellulose, mais aussi les hémicelluloses, les protéines, l'amidon .Elle a donc une action comparable à celle de la population microbienne du rumen, mais beaucoup moins intense.

Le résidu de cette digestion cellulolique pendant 24 heures permet de prévoir la digestibilité des principaux fourrages avec une bonne précision que la digestibilité IN VITRO mesurée selon la technique de TILLEY et TEERY, 1963 et de façon plus simple et plus reproductible (Jarrige et al 1970).

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

I. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIF :

L'insuffisance de la production fourragère et la non connaissance de la valeur alimentaire réelle de nos fourrages constituent un obstacle au développement de l'élevage des ruminants en Algérie.

La détermination de la valeur nutritive des aliments destinés aux animaux d'élevage nécessite la connaissance de la digestibilité « in vivo » de la matière organique. Mais cette dernière est lourde à mettre en oeuvre.

Dans un but de simplification nous avons donc cherché à estimer cette digestibilité in vivo à partir de paramètre chimique.

II. Matériels et méthodes

II.1. Matériel végétal :

Dans notre expérimentation quatre aliments ont été étudiés (tableau 2, figure 2).

Tableau 2 : les fourrages étudiés :

Fourrage vert	Foin	Sous-produit
Bersim (2 ^{ème} cycle)		Grignons d'olive
Fétuque (1 ^{er} cycle)	Ray-grass	

- Les échantillons proviennent des fermes expérimentales de Baba Ali (ITELV) et de Mahdi Boualem (Baraki, ITGC)



Figure 2 : Les échantillons analysés

II.2. Méthodes d'analyses :

Les différentes étapes

- Récolte des échantillons de plantes au niveau de L' ITGC et ITELV
- Analyses chimiques des échantillons au laboratoire de l'ENSV selon la méthode d'Alfort 1985

PROTOCOLE D'ANALYSES

II.2.1. Détermination de la matière sèche :

La matière sèche est la masse restante après dessiccation complète, elle est déterminée conventionnellement par le poids de ces aliments après dessiccation dans une étuve.

- **Principe :**

Evaporation de l'eau d'une prise d'essai dans une étuve à température de 105 ± 2 C° pendant 24h

- **Mode opératoire :**

Prendre un plateau et ajouter 100 g d'échantillon à analyser. Introduire le plateau dans une étuve réglée à 105 ± 2 °c pendant 24h.

Après ce temps, fait sortir l'échantillon de l'étuve et le pesé.

- **Expression des résultats :**

La matière sèche est exprimée en pourcentage est donnée par la relation :

$$\text{Teneur en MS\%} = (X/Y) \times 100$$

X : poids de l'échantillon après dessiccation

Y : poids de l'échantillon humide

MS : matière sèche

II.2.2. Détermination des matières minérales (cendres) (MM) :

Ce sont des substances résultantes de la destruction de la matière organique après incinération.

- **Principe :**

Incinération de la matière sèche à $550 \pm 25^\circ\text{C}$ dans un lent courant d'air et pesée du résidu obtenu

- **mode opératoire :**

Porter au four à moufle la coupelle qui contient 2g de la matière sèche par dessiccation à l'étuve.

Chauffer progressivement, afin d'obtenir une carbonisation sans inflammation de la masse : pendant 1h30 à 200°C puis 2h30mn à 550°C .

L'incinération doit être poursuivie s'il y a lieu jusqu'à combustion complète du charbon formé (résidu blanc ou gris claire). Placer la capsule dans le dessiccateur puis peser.

- **Expression des résultats :**

$$\text{Teneur en MM\%MS} = (A \times 100) / (B \times \text{MS})$$

A : poids des cendres (g)

B : poids de l'échantillon sec. (g)

MS : teneur en matière sèche en (%)

II.2.3 détermination de la matière organique :

$$\text{Teneur en MO\%MS} = \text{MS} - \text{MM\%}$$

MO : matière organique

II.2.4. Détermination des matières azotes totales (MAT) :

L'azote totale est dosé par titrimétrie, après minéralisation (selon la méthode Kjeldahl) et distillation. Le produit est minéralisé par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur : l'azote organique est transformé en azote ammoniacal par lessive de soude et on le dose après l'avoir reçu dans l'acide borique (indicateur)

- **Mode opératoire :**

- ✓ Minéralisation :

Introduire dans un matras 2g d'échantillon.

Porter le matras sur le support d'attaque après avoir ajouté 2 g de catalyseur, et 20ml d'acide sulfurique. Chauffer doucement et augmenter la température jusqu'à l'obtention de coloration verte stable.

Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu, avec précaution 200ml d'eau distillée en agitant. Laisser refroidir et compléter au trait de jauge.

- ✓ Distillation

Transvaser 50ml du minéralisé dans le matras de l'appareil distillatoire.

Dans un bécher destiné à recueillir le distillat ; introduire 20 ml de l'indicateur

Verser dans le matras contenant le minéralisé 50 ml de lessive de soude. Mettre l'appareil en position de marche. Poursuivre la distillation jusqu'à récupération d'environ de 100 ml de distillat.

- ✓ Titrage

Titrer en retour par de l'acide sulfurique N/20 jusqu'à la réobtention de la couleur initiale de l'indicateur.

- **Expression de résultat**

$$Q = X \times 0,00028 \times 100 / Y \times 200 / A$$

Q : quantité d'azote (g)

X : descente de la burette (ml)

Y : poids de l'échantillon de départ (g)

A : volume de la prise d'essai

0.00028: quantité en (g) d'azote correspondant à 1ml d'acide sulfurique

(1/20) N

$$\text{Teneur en MAT (\% MS)} = Ng \times 6.25$$

II.2.5.Détermination de la teneur en matière grasse :

- **Principe :**

Les matières grasses des aliments sont obtenues par extraction directe au moyen d'un solvant, puis élimination du solvant par distillation et dessiccation. Pesé du résidu.

- **Expression des résultats :**

$$\text{Teneur en MG \%MS} = (A - B \times 100) / (c \times MS) \times 100$$

A : poids de ballon + résidu après l'étuve de 2 h

B : poids de ballon vide

C : poids pris d'essai

MS: matière sèche

II.2.6. Détermination de la teneur en cellulose brute :

- **principe :**

Déterminée par la méthode de Weende, par convention, c'est le résidu organique c'est –à-dire la matière cellulosique obtenue après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin

- **Mode opératoire**

Peser 1g de l'échantillon. L'introduire dans un ballon de 500ml, muni d'un réfrigérant. Ajouter 100ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12.5g d'acide sulfurique pour 1000ml.

Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle –ci pendant 30mn. Agiter le ballon du réfrigérant. Transverser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuses en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon

Centrifuger jusqu'à clarification totale de liquide. Eliminer celui-ci et laver le résidu à l'eau bouillante, jusqu'à ce que les eaux de lavage ne soient plus acides.

Introduire le résidu dans le même ballon, et le détachent du tube à centrifuger avec 100 ml de solution bouillante contenant 12,5g de soude pour 1000 ml. Faire bouillir durant 30 mn.

Ensuite filtrer sur creuset à porosité (1 ou 2) préalablement pesé, le résidu passer le creuset qui contient le résidu à l'étuve réglée à 105c° jusqu'à poids constant.

Effectuer les pesées après refroidissement au dessiccateur, puis incinérer dans le four à moufle à 400c° durant 5 heures, refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

PARTIE EXPERIMENTALE

La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques : une grande partie de cellulose vraie, une partie de lignine et des résidus d'hémicellulose

- **Expression des résultats**

$$\text{Teneur en CB (\% MS)} = [(A-B) \times 100 / C \times \text{MS}] \times 100$$

A : poids du creuset +résidu après dessiccation.

B : poids du creuset + résidu après incinération.

C : poids de l'échantillon de départ

II.2.7. Détermination de la digestibilité des différents échantillons :

$$\text{MOD} = \text{CUD} \times \text{MO}$$

- **MOD** : matière organique digestible

- **CUD = dMO** : digestibilité des matières organique

- **MO** : matières organique

Tableau 3 : Equations de prévision de la digestibilité (%) des fourrages à partir de la cellulose brute (CB), en %MS :

Nature des échantillons	Equations	Référence
Fourrage vert	$dMO = -0.32 \text{ CB} + 74.3$	Vencl et flam, 1981
Foin	$dMO = -1.22 \text{ CB} + 105.5$	Aerts et al, 1977
Sous-produit	$dMO = -1.00 \text{ CB} + 92.0$	Aerts et al, 1977

RÉSULTATS

ET

DISCUSSIONS

RESULTATS ET DISCUSSION

I. la composition chimique :

La composition chimique des quatre échantillons est mentionnée dans le (tableau 4)

Tableau 4 : composition chimique des différents aliments :

Fourrage	MS	MM% MS	MAT%MS	MG%MS	CB%MS
Bersim (cycle 2)	12.06	15.5	7.33	4.3	23
Fétuque (cycle 1)	23	9.3	3.04	2.7	26
Foin de Ray-grass	88.9	10.49	1.99	2.6	40
Les grignons D'olive	92	1.75	3.99	1.8	44.61

1. la teneur en matière sèche :

L'analyse de ce tableau montre que le taux de matière sèche du bersim (cycle 2) est relativement bas 12.06%, par apport au résultat trouvé par ATTOU.1983, et BOUADA FATMA 2009, 29.66%, par contre le fétuque, leur teneur en MS relativement élevé par apport aux résultats obtenus par THERIEZ, 1965, 23 % contre 29 %, ceci peut-être expliqué par le stade de coupe tardif de nos fourrages

Quant aux foins de ray- grass et le grignon de l'olive, la teneur en MS est tout à fait semblable à celle trouvée par R.CHABACA et C.CHIBANI 2010, (92% contre 90 %)

2. la teneur en matière azotée totale :

La teneur en matière azotée totale varie naturellement en fonction de l'espèce botanique du fourrage, en effet les légumineuses sont plus riches en matières azotées totales que les graminées, nos résultats sont en accord avec ceux trouvée par SEMSAR. S 2007, par contre GAILLARD et al 1977 ont enregistré des valeurs supérieures pour les mêmes types de fourrages

3. la teneur en cellulose brute

La teneur en cellulose brute des fourrages varie avec l'âge de la plante, tous nos résultats concordent avec ceux de la littérature sauf pour les grignons d'olive, où la teneur en cellulose brute est particulièrement élevée 44,61 de même ce résultat a été trouvé par SEMSAR SONYA 1983,35-50 % MS.

4. la teneur en matière grasse

La teneur en matière grasse des nos fourrages varie entre 2 à 4 % de MS, en effet les lipides ne représentent qu'une faible fraction de la matière sèche des fourrages.

II. LA DIGESTIBILITE :

Les valeurs de la digestibilité de la matière organique des différents échantillons sont rapportées dans le tableau 5 :

Tableau 5 : la digestibilité de la matière organique et la matière organique digestible des échantillons

Fourrage	MO%MS	CUD	MOD
Bersim (cycle 2)	84	66.94	56.22
Fétuque (cycle 1)	86.7	65.98	57.20
Foin de ray-grass	89.11	56.7	58.54
Les grignons d'olive	88.25	47.39	41.82

➤ **Bersim**

Les résultats d'analyse de la digestibilité aux quels nous avons abouti sont similaire à ceux obtenus par R .chabaka et C chibani (66,94 vs 67), la variation de la digestibilité de la matière organique n'est pas liée uniquement à l'âge de la plante mais aussi à la famille botanique, selon Gaillard : la digestibilité est plus élevée chez les légumineuses que chez les graminées.

➤ **Foin Ray-grass**

La digestibilité des foins connait une nette diminution par rapport à celle des fourrages verts correspondants (56,70 vs 77,5), cette faible digestibilité des foins enregistrées est relative à celle des fourrages verts correspondants récoltés à des stades tardifs (Andrieu ,1981) ce qui entraine des pertes de feuilles considérables lors des fenaisons.

➤ **Le fétuque**

D'après le tableau 5, nous remarquons que la digestibilité des matières organiques est de 65,98, ce résultat est similaire à celui retrouvé par THEIREZ, 1965 en Tunisie, par contre il est légèrement inférieure à celui trouvé par DEMARQUILLY et WEISS 1970,

La teneur en matière sèche et cellulose brute augmentent tandis que les taux de matière azoté totale et les cendres diminuent avec l'âge ceci entraine une diminution de leur digestibilité, et par conséquent celle de la matière organique.

La faible teneur en matière organique, observée dans ce fourrage, lui confère une digestibilité moins élevé, selon MINSON (1964), la digestibilité d'un fourrage présente une liaison très étroite avec la digestibilité de ces constituants.

➤ **Les grignons d'olive**

Les études de digestibilité des grignons d'olive dans la bibliographie sont limitées et les résultats sont très hétérogènes, notre étude montre une valeur

RESULTATS ET DISCUSSION

de digestibilité de (47,39) une teneur relativement moyenne et ceci est en relation avec la composition pariétale des produits (46% en CB).

En effet, la digestibilité de la matière organique dépend essentiellement de la digestibilité de la cellulose brute.

Les critères de variations de la digestibilité de la matière organique qui constituent l'âge et la composition chimique pour la prévision ne suffisent pas toujours à eux seuls pour donner les meilleurs précisions mais parfois c'est l'association de plusieurs d'entre eux qui donne de meilleurs résultats, en ce sens la digestibilité de la matière organique dépend essentiellement de la digestibilité des constituants pariétaux ,du fait que les constituants cytoplasmiques ont une digestibilité totale (sucre) ou très élevée (protéines et lipides) ,les aliments qui ont une teneur faible en parois ligno-cellulosique présentent des digestibilité élevées, par contre ceux qui ont des teneurs élevés en parois leurs digestibilité sont faibles, donc il y a une forte corrélation négative entre la digestibilité d'un aliment et ça teneur en parois.

En général après cette interprétation on peut dire que Le résultat d'analyse de la composition chimique et de la digestibilité de l'ensemble des échantillons étudiés montre une variation soit pour les échantillons entre eux soit avec les résultats de littérature. En effet cette variation peut être expliqué par l'influence de nombreux facteurs sur la composition chimique des fourrages et par conséquence sur leur digestibilité, essentiellement la famille botanique, l'espèce et variété, l'âge et stade de développement, les techniques culturales, le climat, le type de stockage et conservation, et enfin sans oublier nos erreurs de manipulation.

CONCLUSION

CONCLUSION :

Les ruminants consomment une grande quantité de fourrages dans leurs rations. Plusieurs méthodes d'estimation de la digestibilité ont été établies afin d'évaluer la valeur nutritive de ces fourrages.

La méthode de Weende que nous avons utilisé dans le cadre de cette étude permet d'étudier la relation entre la composition chimique et la digestibilité des fourrages, il en ressort de cette étude que les constituants chimiques (cellulose brute) et les paramètres biologiques (digestibilité) sont corrélés négativement, et nos résultats sont similaires à ceux trouvés dans la littérature donc dans l'état actuel, nous recommandent cette technique très simple non couteuse pour déterminer la digestibilité des fourrages.

RÉFÉRENCE

- **ALANE FARIDA., 2006-2007:** valeur nutritive des légumineuses fourragères cas des luzernes (genre medicago) thèse de Magistère INA. El-Harrache, Algie p13-17
- **AMADOU TRAORÉ., 2009 :** Manuel d'alimentation animale
- **ATTOU SAHNOUN., 1983 :** détérioration de la valeur alimentaire du trèfle d'Alexandrie: digestibilité «in vivo» et «in vitro».Thèse d'ingénioration, I.N.A, EL-HARRACH. Alger
- **BOUDA FATMA., 2009 :** Effet des cycles (1^{er} – 2^{ème}) sur la composition chimique du trèfle d'Alexandrie et de l'avion, thèse de docteur vétérinaire ENSV, El-Harrach, Alger
- **CAROLE DROGOU, RAYMOND GADOUD, COLLECTIF, MARIE-MADELEINE JOSEPH, ROLAND JUSSIAU., 2004 :** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage TOME 1, Deuxième édition.
- **DEMARQUILLY.C, INRA 1976 :** Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages, 7
- **DEMARQUILLY C, ANDRIEU.J., 1992:** composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert. INRA, production animales.5, 213-221
- **Dr BERKANI ASMA., 2009-2010 :** Valorisation des sous produits de palmier en vue de leur utilisation en alimentation bovin en zones arides et semi-arides, thèse de Magistère, ENSV, El-Harrach, Alger
- **FARIDE ZAIDI., 1983.** Valorisation alimentaire de grignons d'olive chez le ruminant, thèse d'ingénieur agronome INA, EL-HARRACH, Alger
- **FOKUS VERDAUUNG SCHLÜSSEL FÜR EINE EFFIZIENTE TIERERN HRUNG; INW-ETHZ., 2005 :** Digestion chez les ruminants et digestibilité des fourrages.
- **INSTITUT TECHNIQUE DES GRANDES CULTURES (ITGC) ., 2001 :** le trèfle d'Alexandrie (Bersim)
- **J.CAPUTA., 1967 :** Les pantes fourragers (3^{ème} édition), France

- **JACQUES DALAGE., 1974-1975 :** Introduction à l'alimentation composition et utilisation des aliments, INA Paris-GRIGNON
- **J.ANDARIEU, C.DEMARQUILLY, EVNA.WEGAT-LITRE., 1981 :** Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants INRA
- **MADASI BRAHIM., 1978 :** contribution à l'étude de la valeur alimentaire des fourrages couramment utilisés en Algérie, digestibilité IN VIVO de la fétuque élevée (*festuca eliator l, ssp arundinacea*) à différents stades végétative, thèse d'ingénieur agronome
INA, EL-HARRACH, Alger
- **MERABTE ALLI ., 1983 :** influence d'un traitement chimique (NaOH ou Na₂CO₃) sur la composition chimique et la digestibilité IN VITRO d'un résidu ligno-cellulosique (grignons d'olive), thèse d'ingénieur agronome, INA, EL-HARRACH, Alger
- **MEZALL.ALLEL., 1977-1978 :** Valeur alimentaire de quelque foin utilisé en Algérie, thèse d'ingénieur agronome INA, EL-HARRACH, Alger
- **RENE SANSONCY (FAO.ROME),, 1983 :** Utilisation de sous produit d'olivier en alimentation animale dans le bassin méditerranéen,
- **ROBERT JARRIE., 1995:** Nutrition des ruminants domestiques: ingestion et digestion, INRA Paris
- **SAUVANT.D., 1988 :** Composition et analyse des aliments, in Jarrige.R, alimentation des bovins, ovins et caprins, Ed INRA, 1988 pp 305-313
- **SEMSAR SONYA., 2007 :** Évolution de la composition chimique et de la digestibilité en fonction du stade végétatif de quelque fourrage cultivé dans la wilaya de Tizi-Ouzou thèse de Magistère Université Saad Dahlab de Blida

RESUME :

L'étude de digestibilité de matière organique par la méthode de Weende à été menée sur quatre échantillons des fourrages (Bersim cycle 2, foin de ray-grass, Fétuque cycle 1, les grignons d'olive), ainsi que la détermination de leur composition chimique. Cette étude montre que la digestibilité de la matière organique des aliments diminue quand la teneur en parois augmente.

Mots clés : fourrages verts, foin, sous-produits, composition chimique, la digestibilité

ملخص :

أجريت دراسة هضمية المواد العضوية باستعمال طريقة ويند على أربع عينات من الأعلاف (البرسيم دورة 2, قش راي جرى, العكرش دورة 1, وثقل), وكذلك تحديد تكوينها الكيميائي. هذه الدراسة بينت أن هضمية المواد العضوية للأغذية تنقص إذا زاد مقدارها من الجدران

الكلمات الرئيسية: الأعلاف الخضراء, التبن, المنتجات الثانوية, التكوين الكيميائي و الهضمي

SUMMARY:

The study of digestibility of organic matter by the method of Weende was conducted on four samples of fodder (Berseem 2nd cycle, hay rye grass, fescue first cycle, the pomace) and determining their chemical composition. This study shows that: the organic matter digestibility of food decreases then the amount of walls increases

Key words: green fodder, hay, by-products, chemical composition, digestibility
