

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
**République Algérienne Démocratique et Populaire**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique**

جامعة حسيبة بن بوعلي الشلف  
**Université Hassiba Ben Bouali Chlef**  
**Institut des Sciences Agronomiques**

**MEMOIRE**  
*Pour l'obtention du diplôme de*  
**MAGISTER**

*Option : Comportement alimentaire et nutrition animale*

**THEME**

**Contribution à l'étude de la valeur alimentaire  
de quelques variétés de luzerne pérenne  
cultivées dans le bas Chélif**

*Présenté par : Mme : BOUDOUR Khedidja*

*Devant le jury :*

Président	M <sup>r</sup> DILMI BOURAS A.E.K	Professeur (U.H.B.C.)
Encadreur	M <sup>r</sup> M'HAMMEDI BOUZINA M.	Professeur (U.H.B.C.)
Co-encadreur	M <sup>me</sup> NOURA A.	Maitre Assistante A (U.H.B.C.)
Examineur	M <sup>r</sup> ABDELGUERFI A.	Professeur (E.N.S.A.)
Examineur	M <sup>r</sup> BENSALD A.	Maître de conférences A (U.H.B.C.)

**2011/2012**

# *Dédicace*

*Avec les sentiments de la plus profonde humilité, je dédie ce modeste travail :*

*A ma bien aimée très chère mère, symbole de l'amour et de l'affection, celle qui m'a toujours encouragé.*

*A mon très cher père qui est à l'origine de ce qui je suis.*

*A mon mari.*

*A mes beaux-parents.*

*A mes petits trésors : Nour el houda, Abdelmalek et Mohamed Ryad.*

*A mes chers frères : Mohamed, Ahmed et Salah.*

*A mes chères sœurs : Zoubida, Djamila et Malika.*

*A mes beaux-frères : Ali, Khelifa et Mahfoudh.*

*A mes belles sœurs : Souad, yasmina et Cherifa.*

*A mes neveux: Ahmed ramy, Mohamed Islam, Abdelghani, Bahaa eddine, Abdel Illah et Haythem.*

*A mes nièces: Khouloud, Chourouk, Marwa, Oumayma, Dounia et la petite Amani.*

*A mes très chères amies qui m'ont toujours soutenu avec leurs grands cœurs: Fouzia, Kheira et Djamila.*

*A tous mes collègues de la promotion de magister 2011-2012.*

*A mes amis.*

*A tous ceux que J'aime.*

## *Remerciements*

Au terme de ce modeste travail, qu'il me soit permis d'exprimer mes plus vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Je tiens à exprimer ma très grande considération et ma vive reconnaissance à mon directeur de mémoire Monsieur **M. MHAMMEDI BOUZINA**, professeur à l'université de HASSIBA BEN BOUALI de Chlef, pour sa patience, ses précieux conseils, le suivi et l'orientation dont j'ai pu bénéficier, qu'il trouve ici mes sentiments de gratitude.

Toute ma reconnaissance et mes remerciements à mon co-encadreur, Mme **A. NOURA**, Maitre assistante à l'université de HASSIBA BENBOUALI de Chlef, pour tous ses efforts afin de mener à bien ce travail et les possibilités qu'elle m'a accordé durant la réalisation de ce mémoire, qu'elle trouve ici mes sentiments de gratitude.

Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont à l'encontre de Monsieur **Abdelkader DILMI BOURAS** professeur à l'université de HASSIBA BEN BOUALI de Chlef pour l'honneur qu'il nous a fait d'être président de jury pour l'évaluation de ce mémoire.

Mes vifs remerciements vont également à Monsieur **A. ABDELGUERFI**, Professeur à l'école nationale supérieure d'Agronomie, pour l'honneur que nous a fait d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens aussi à remercier vivement Monsieur **A. BENSaid**, maitre de conférences à l'université de HASSIBA BENBOUALI de Chlef, pour tous ses efforts, pour que notre formation de Magistère soit assurée dans les meilleures conditions et pour l'honneur qu'il nous a fait d'être membre de ce jury.

Mes remerciements vont également à Melle FZ. HAMDANI, Melle M. KOICHE, les deux M. MEZIANE, Mr A. ABABOU, Mr A. BELOUAZNI et Mr D. MOKHTARI pour leur aide et leurs encouragements.

# *Sommaire*

## **Liste des abréviations**

## **Listes des figures**

## **Liste des tableaux**

## **Introduction générale**

## **Chapitre 1 : Présentation de la luzerne**

1.1- Introduction	3
1.2- Historique et origine	4
1.3- Systématique	4
1.4- description morphologique	4
1.4.1- Racine	5
1.4.2- Tige	6
1.4.3- Fleur	6
1.4.4- Fruits	6
1.5- Croissance et développement	7
1.6- Types et variétés	7
1.7- Intérêt et utilisation	8
1.7.1- Rôle et utilisation agronomique	8
1.7.2- Rôle écologique	8
1.7.3- Rôle et utilisation économique	9
1.7.4- Rôle et utilisation nutritionnelle	9
1.8- Méthodes d'utilisation	10
1.8.1- La déshydratation	10
1.8.2- L'ensilage	10
1.8.3- Le fanage	11
1.9- La valeur alimentaire de la luzerne	11
1.9.1- La composition morphologique	11
1.9.2- La composition chimique	12
1.9.3- La digestibilité de la luzerne	13
1.10- Intégration de la luzerne déshydratée dans les rations pour vaches laitières.	14
Conclusion	15

## **Chapitre II : Méthodes d'évaluation de la valeur alimentaire des fourrages**

2.1 Introduction	16
2.2- Notion de valeur alimentaire	16
2.3- La digestibilité	17
2.4- La valeur nutritive	17
2.4.1- La valeur azotée	17
2.4.2- La valeur énergétique	18
2.5- Facteurs de variation de la valeur alimentaire	18
2.5.1- En fonction du rapport feuilles/tiges	18
2.5.2- En fonction de la composition chimique	19

2.5.3- En fonction du stade végétatif	19
2.5.4- En fonction du nombre de coupes	20
2.5.5 - En fonction du mode de conservation	20
2.6- Méthodes de détermination de la valeur alimentaires des fourrages	21
2.6.1- Prévion à partir des caractéristiques morphologiques	21
2.6.2- Méthodes chimiques	21
2.6.3- Méthodes physiques	22
2.6.4- Méthodes enzymatiques	22
2.6.5- Prévion par spectromètre SPIR	23
2.6.6- Méthodes microbiologiques	23

### **Chapitre III: Matériel et méthodes**

3.1- Matériel végétal	28
3.2- Méthodes	30
3.2.1- Méthode analytique	30
3.2.2- Méthode <i>in vitro</i> de gaz-test	34
3.2.3 - Méthode <i>in vitro</i> de Tilley et Terry	37
3.3 - Analyse statistique	38

### **Chapitre IV: Résultats et discussion**

4.1- Prévion de la valeur nutritive par la méthode chimique	39
4.1.1- Analyse fourragère	39
4.1.2 - Digestibilité de la matière organique (dMO) estimée par la méthode chimique	52
4.1.3 - La valeur énergétique	54
4.1.4- La valeur azotée	56
4.1.5- Conclusion de l'analyse chimique	58
4.2 – Prévion de la valeur nutritive par les méthodes biologiques	59
4.2.1- La méthode de gaz test	59
4.2.2- Méthode de TILEY et TERRY	68
4.2.3- Conclusion de l'étude biologique	71
4.3- Etude comparative des trois méthodes de prévion de la valeur nutritive	71
4.4- Classification des cultivars de luzerne en fonction de leur valeur alimentaire	74

### **Conclusion générale**

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

## *Liste des abréviations*

**ACP** : analyse en composantes principales.

**ADF** : acide detergent fiber

**AG** : acides gras

**AGV**: acides gras volatiles

**CB** : cellulose brute (de Weende).

**dMO**: digestibilité de la matière organique.

**dMOchim**: digestibilité de la matière organique estimée par la méthode chimique.

**dMO gaz**: digestibilité de la matière organique estimée par la méthode de gaz – test.

**dMO T.T**: digestibilité de la matière organique estimée par la méthode de Tilley et Terry.

**INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique (France).

**INRAA** : Institut National de la Recherche Agronomique (Algérie).

**MAD** : matières azotées digestibles.

**MAT** : matières azotées totales.

**MM** : matières minérales.

**MMins** : matières minérales insoluble.

**MO** : matière organique.

**MS** : matière sèche.

**NDF** : neutral detergent fiber.

**PDI** : protéines digestibles dans l'intestin.

**PDIN** : protéines digestibles dans l'intestin permises l'azote.

**PDIA** : protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire.

**PDIM** : protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne.

**UFL** : unité fourragère lait.

**UFV** : unité fourragère viande

# *Liste des figures*

<b>Figure 1</b>	Morphologie de la luzerne (Childers, 2008).	5
<b>Figure 2</b>	Le système racinaire de la luzerne (Rochat, 2005).	6
<b>Figure 3</b>	Le dispositif de la fermentation.	36
<b>Figure 4</b>	Variation de la teneur en MS (%) des cultivars par coupe	42
<b>Figure 5</b>	Variation de la teneur en MO (%MS) des cultivars par coupe	43
<b>Figure 6</b>	Variation de la teneur en MM (%MS) des cultivars par coupe	45
<b>Figure 7</b>	Variation de la teneur en MM ins (% MS) des cultivars par coupe	46
<b>Figure 8</b>	Variation de la teneur en MAT (% MS) des cultivars par coupe	48
<b>Figure 9</b>	Variation de la teneur en CB (% MS) des cultivars par coupe	50
<b>Figure 10</b>	Variation de la teneur en NDF (% MS) des cultivars par coupe	51
<b>Figure 11</b>	Variation de la teneur en ADF (% MS) des cultivars par coupe	51
<b>Figure 12</b>	variation de la dMO (%) des cultivars estimée par la méthode chimique	53
<b>Figure 13</b>	Variation des valeurs énergétiques (UFL) des cultivars par coupe	55
<b>Figure 14</b>	Variation des valeurs énergétiques (UFV) des cultivars par coupe	55
<b>Figure 15</b>	Variation de la valeur azotée (MAD en g/kg MS) par coupe	57
<b>Figure 16</b>	Cinétique de la production de gaz des cultivars pour les quatre coupes	61
<b>Figure 17</b>	Cinétique de la production de gaz des cultivars de la 1 <sup>e</sup> coupe	64
<b>Figure 18</b>	Cinétique de la production de gaz des cultivars de la 2 <sup>e</sup> coupe	65
<b>Figure 19</b>	Cinétique de la production de gaz des cultivars de la 3 <sup>e</sup> coupe	65
<b>Figure 20</b>	Cinétique de la production de gaz des cultivars de la 4 <sup>e</sup> coupe	66
<b>Figure 21</b>	Variation de la dMO (%) des cultivars estimée par la méthode de gaz-test	68
<b>Figure 22</b>	Variation de la dMO estimée par la méthode de TILLEY et TERRY	70
<b>Figure 23</b>	Comparaison entre les valeurs de digestibilité (dMO) obtenues par la méthode de gaz test et celles obtenues par la méthode chimique	73
<b>Figure 24</b>	Comparaison entre les valeurs de digestibilité (dMO) obtenues par la méthode chimique et celles obtenues par la méthode de Tilley et Terry	74
<b>Figure 25</b>	Projection des individus et des variables sur le plan formé par les deux premiers axes	77
<b>Figure 26</b>	Classification ascendante hiérarchique des variétés étudiées	78





## *Liste des tableaux*

<b>Tableau I</b>	Rendement en protéines de la luzerne comparé à deux autres espèces fourragères (Mauriès, 1994).	12
<b>Tableau II</b>	Composition en minéraux de la luzerne (Schouffet, 2004).	13
<b>Tableau III</b>	Fréquence de coupes et production de protéines (Mauriès, 1998).	20
<b>Tableau IV</b>	Variation de la composition chimique de la luzerne en fonction du mode de conservation (Mauriès, 1998).	21
<b>Tableau V</b>	Noms, origine et caractéristiques des 16 cultivars étudiés.	29
<b>Tableau VI</b>	Variation de la composition chimique des cultivars étudiés en fonction de la coupe.	40
<b>Tableau VII</b>	Variation de la valeur nutritive des cultivars étudiés pour toutes les coupes.	59
<b>Tableau VIII</b>	Comparaison des valeurs de digestibilité obtenues par les trois méthodes.	72
<b>Tableau IX</b>	Contribution des axes à la variation totale.	75
<b>Tableau X</b>	Corrélations entre les variables et les composantes principales.	76

# *Introduction générale*

En Algérie, le déficit chronique en lait et en viande est dû essentiellement à une mauvaise alimentation du troupeau, tant sur le plan quantitatif que qualitatif (Laouar et Abdelguerfi, 2006). Cela est dû à un déséquilibre de la balance fourragère.

En effet, l'analyse de cette balance a permis de mettre en exergue la persistance d'un déficit fourrager ayant des répercussions négatives sur les performances zootechniques des animaux et sur leur productivité, constituant ainsi, un obstacle au développement de l'élevage des ruminants.

En moyenne, deux millions de quintaux de fourrages naturels sont disponibles chaque année (Adem et Ferrah, 2002). Les besoins pour le cheptel sont beaucoup plus importants, ils ont été estimés en 2000 à 7 680 770 000 UF alors que les disponibilités fourragères ne représentaient que 6 862 665 782 UF soit un déficit de 818 104 218 UF. De ce fait le taux de couverture des besoins du cheptel algérien se situe à moins de 80% (Adem et Ferrah, 2002).

Cette déficience en ressources fourragères est due d'une part à une régression des superficies consacrées à la production fourragère ; ainsi la superficie cultivée en fourrages est passée de plus de 0,5 millions d'hectares vers les années 90, à moins de 300 000 hectares en 2000 (Nedjraoui, 2001) et d'autre part à la culture d'une gamme d'espèces fourragères réduites et l'utilisation de cultivars non adaptés, à potentiel nutritionnel réputé très faible. En effet, la majeure partie du fourrage (70%) est composée par des graminées (orge, avoine et seigle..), alors que la luzerne, le trèfle et le sorgho, sont peu représentatifs et n'occupent que 1% des surfaces fourragères (Abdelguerfi, 1987; Nedjraoui, 2001).

Le déficit hydrique et les périodes de disette sont aussi considérés comme le frein majeur pour le développement des cultures fourragères en Algérie.

Pour pallier à toutes ces contraintes et pouvoir accroître la production et relever le niveau de sécurité alimentaire du pays, plusieurs facteurs peuvent intervenir, tels que l'amélioration des techniques de production, le choix du matériel végétal à exploiter et la diversification des cultures fourragères tout en permettant d'étendre les superficies de plusieurs cultures.

Dans ce contexte, les légumineuses fourragères pérennes ont plusieurs avantages par rapport aux annuelles fréquemment exploitées. La luzerne pérenne occupe une place de choix sur le plan quantitatif et qualitatif, vu sa haute qualité nutritionnelle, son rendement végétatif et sa capacité à fixer l'azote de l'air et à piéger le nitrate ce qui justifie le regain d'intérêt que semble lui porter certains pays.

La luzerne permet une économie importante d'engrais azotés ce qui correspond à une économie appréciable de consommation d'énergie fossile génératrice de gaz à effet de serre (Lemaire, 2006). Elle peut, également utiliser de l'eau pendant l'année entière, restaure la fertilité du sol et rehausse la production fourragère, en contribuant de ce fait à une plus grande durabilité de systèmes agricoles pluviaux (Voltaire et Norton, 2006). C'est l'une des solutions pour réduire la dépendance en protéines en offrant ainsi aux éleveurs une alternative économique pérenne au concentré importé.

Dans ce contexte, seize cultivars de luzerne pérenne (*Medicago sativa L.*) de plusieurs origines (le cultivar local Tamantit et quinze cultivars méditerranéens introduits) ont été mis en essai à Hmadna dans le bas Cheliff sous climat semi-aride dans le but de les introduire dans les systèmes de production de fourrages dans notre pays.

Cependant, l'incorporation de ces cultivars dans le régime alimentaire du bétail nécessite une parfaite connaissance de leurs caractéristiques nutritives à savoir la digestibilité et la valeur azotée et énergétique. Cela constitue l'objectif de notre travail qui consiste en la détermination de la valeur nutritive des seize cultivars en utilisant trois méthodes différentes : une chimique et deux méthodes *in vitro*.

Les objectifs visés de ce travail sont :

- déterminer la valeur alimentaire (digestibilité, valeur azotée, valeur énergétique) des variétés étudiées.
- Mettre en place un dispositif de laboratoire permettant d'évaluer la valeur alimentaire des fourrages ;
- Recommander les cultivars les plus performants à haute valeur nutritive et adaptés à notre climat, afin de suggérer leur introduction et leur utilisation.
- Evaluer le cultivar local Tamantit par rapport aux cultivars introduits.

*Chapitre I*  
*Présentation de la luzerne*

## **Chapitre I : Présentation de la luzerne**

### **1.1 Introduction**

La luzerne est la plante fourragère la plus répandue dans le monde. Elle jouit d'un regain d'intérêt lié notamment à sa richesse en protéines. Elle offre ainsi le rendement en protéines le plus élevé des plantes fourragères. Comme toutes les légumineuses, elle possède cette formidable capacité à fixer l'azote de l'air. C'est une bactérie du genre rhizobium qui, en symbiose avec le végétal, permet cette fixation ayant lieu dans les nodosités.

La luzerne offre dans l'alimentation animale une véritable alternative en substituant, grâce à sa valeur protéique, les farines animales, assurant ainsi une sécurité alimentaire et sanitaire, comme c'est un atout environnemental et écologique considérable.

En conditions favorables, c'est l'une des plus importantes espèces de légumineuses utilisées dans l'agriculture. Sa haute qualité nutritionnelle et son rendement végétatif fait d'elle un fourrage d'excellence. (Mauriera, 2004 ; Waligora 2010), confirme qu'une luzernière qui produit 15 tonnes de matière sèche à l'hectare fournit 2,6 tonnes de protéines. Par comparaison, un soja produisant 35 quintaux/hectare n'en fournit que 1,4 tonne de protéines.

Selon Bolton et *al.* (1972), la luzerne a probablement été le premier fourrage cultivé pour l'alimentation du bétail, ainsi Suttie (2004), a montré que la luzerne constitue un précieux aliment pour toutes les catégories d'animaux vu son intérêt lié notamment à sa teneur et son offre protéique très élevé.

Les arabes lui donnèrent le nom d'Alfalfa, superlatif d'alfa, et qui signifie, d'après Rupesh Ram (2007), Lefrançois et Ruby (2003), « le meilleur fourrage » ou « père de tous les aliments ». Chez eux et depuis toujours, la luzerne a été, considérée comme une plante miracle. Ils en nourrissaient leurs chevaux pour les rendre plus forts (Nedjai, 1973). Quant à l'appellation luzerne, elle provient de l'ancien français luiserne ou du latin lucerna signifiant flamme ou lumière.

## 1.2 Historique et origine

Selon Waligora (2010) et Mauriès (1994), la culture de la luzerne est très ancienne, elle remonterait à plus de 700 ans av. J.C., elle est originaire du sud-ouest de l'Asie dans les hauts plateaux des Caucase, Iran, Afghanistan et la Turquie d'où elle se serait répandue dans le monde entier. Cette plante herbacée est l'une des plus cultivées au monde, constitue un précieux aliment pour le bétail (Schoutteten, 2004), car elle jouit d'un intérêt liée notamment à sa teneur et son offre très élevée en protéines (Suttie, 2004 ; Mauriès, 2003).

D'après Bourgeois Bach (2005), Ce sont les Arabes, maîtres incontestés en matière d'élevage chevalin qui, les premiers, ont utilisé la luzerne pour augmenter la valeur nutritive de l'alimentation destinée à leurs bêtes.

## 1.3 Systématique

D'après Quezel et Santa (1962), l'espèce est classée comme suit :

Embranchement : Spermaphytes

Sous- embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

Sous- Classe : Dialipétales.

Ordre : Rosales.

Famille : Fabacées.

Sous-famille : Papilionacées.

Tribu: Trifoliées.

Genre: Medicago

Espèce: *Medicago sativa* L.

## 1.4 Description morphologique

Au niveau morphologique, la plante de luzerne, dont la hauteur varie de 30 à 80cm, se décompose en six parties : le collet, les tiges, les feuilles, les fleurs, les gousses et la racine (figure1).



**Figure 1** : Morphologie de la luzerne (*Medicago sativa* L.). (Childers, 2008).

1 : Fleur.

2 : Fleur épanouie.

3 : Fleur ouverte.

4 et 5 : Un pétale.

6 : Une inflorescence en stade fructification.

7 : Une gousse.

8 : Une graine.

9 : Coupe longitudinale d'une graine

#### 1.4.1 Racine

Le système racinaire se caractérise par une racine pivotante centrale très puissante capable d'aller puiser l'eau et les éléments nutritifs très profondément dans le sol, et des racines secondaires plus ou moins ramifiées qui peuvent aller rechercher l'humidité à des profondeurs de 2 à 3 m ; ces racines portent des nodosités (Nedjai, 1973) où a lieu la symbiose fixatrice d'azote avec le *Rhizobium meliloti* (Figure 2), (Rochat, 2005 ; Soltner, 1988 ; Gunter et Bounedjmat, 1997).

### 1.4.2 Tige

Les tiges sont plus ou moins dressées, elles portent des feuilles nombreuses, portant à leur extrémité un mucron. Les luzernes de type non dormant produisent plus de tiges secondaires à partir du niveau des cotylédons que les types dormants dont la croissance est stoppée en hiver (Mauriès, 1994).



**Figure 2** : Le système racinaire de la luzerne (Rochat, 2005).

### 1.4.3 Fleur

La luzerne est allogame. Les fleurs hermaphrodites, symétriques, sont longues (7 à 11mm). Elles sont regroupées en inflorescences en grappe longues de 20 à 40 mm et de 15 à 30 fleurs (Camille, 1980) et à corolle bleu violacé, un pédicelle généralement plus court que le tube du calice et dont les gousses sont contournées en hélice à 1,5 –3,5 tours.

Les couleurs des fleurs sont très diversifiées. La plus fréquente chez les *M. sativa* est le mauve-violet alors que les *M. falcata* ont des fleurs jaunes (Mauriès, 1994).

### 1.4.4 Fruits

Les fruits sont des gousses noires, indéhiscentes. Elles sont enroulées en une, deux ou trois spirales. Elles sont couvertes de petites soies et d'un réseau de nervures. La gousse contient plusieurs graines brun-jaune, réniformes.



## 1.5 Croissance et développement

La luzerne doit sa pérennité et sa résistance à deux caractères spécifiques : d'une part une dormance plus ou moins prononcée et d'autre part une mise en réserve de nutriments dans les racines et le collet pour assurer une repousse après récolte.

Elle pousse dans des milieux climatiques très divers et accepte des températures extrêmes, quand la majorité des autres plantes fourragères pousse peu. Ainsi, selon Rochat (2005), la luzerne tolère la chaleur jusqu'à 40°C et jouit d'une bonne résistance au froid.

La luzerne ne craint pas la sécheresse et la chaleur estivales: des quantités non négligeables peuvent être produites pendant la période estivale (Chaabena et *al.*, 2004). Alors que les températures très élevées (+ 40 °C) peuvent réduire la croissance, le rendement et la pérennité.

Le nombre de pousses par pied de luzerne augmente avec l'âge de la plante : l'année du semis, le nombre de tiges passe en moyenne de 2-4 à 6-6,5 avec quatre cycles de récolte. L'année suivante, 5 à 8 tiges sont produites par chaque pied (Mauriès, 1994).

## 1.6 Types et variétés

Sous l'appellation luzerne on classe deux espèces botaniques et leurs hybrides : la luzerne commune (*Medicago sativa*) qui provient des zones sèches où elle survit bien grâce à son enracinement profond, et la luzerne faucille (*Medicago falcata*), qui vient au contraire de Sibérie occidentale d'où elle gagne la Russie et la Scandinavie et ensuite le reste de l'Europe (Lemaire et Alirand, 1993).

Ces deux espèces, sont adaptées à des conditions écologiques différentes. Elles sont interfertiles et leurs croisements ont donné naissance à une très large gamme d'hybrides. Les plants provenant de lignées *sativa* sont plus résistants au stress hydrique à la levée que les plants d'origine *falcata*.

Selon Rochat (2005), dans les variétés utilisées, on retrouve deux grands groupes: le type flamand proche de la luzerne faucille résistante au froid (dormance élevée) et le type méditerranéen proche de la luzerne commune résistante à la sécheresse mais sensible au froid (dormance très faible).

## **1.7 Intérêt et utilisation**

La diffusion de la luzerne est la conséquence de ses rôles agronomique, écologique, économique et nutritionnel.

### **1.7.1 Rôle et utilisation agronomique**

Parmi les légumineuses, la luzerne a vraiment bien mérité l'appellation de « reine des cultures fourragères », car elle fournit un fourrage riche en éléments nutritifs, en protéines, en matières azotées digestibles et en vitamines (Benabderrahim et *al.*, 2008).

Elle permet, non seulement d'économiser l'azote, mais encore elle en restitue à la culture suivante. Ainsi, selon Thiebeau et *al.* (2001), la moyenne de production de deux ans de luzerne est de 689 kg d'N/ha, que l'agriculteur n'aura pas à apporter sous forme d'engrais minéral.

Cet azote est soustrait à l'environnement pour être transféré à l'alimentation animale par le biais de la culture de luzerne. Waligora (2010), rapporte qu'une luzerne peut suffire, à elle seule à fertiliser tout un système cultural sans apport d'azote.

Cette particularité de pouvoir utiliser l'azote atmosphérique en plus de ses racines descendant à deux ou trois mètres de profondeur, assure l'amélioration des qualités physico-chimiques du sol (Thiebeau et *al.*, 2003). Elle mobilise fortement les nitrates du sol, limitant leur lessivage (Hnatyszyn et Guais, 1988) et empêche ainsi les mauvaises herbes de se développer (Abdelguerfi et Chebouti, 2002). Ainsi, d'après Robert et *al.* (2010), La culture de la luzerne va laisser à la culture suivante un sol dont le stock de graines de mauvaises herbes sera réduit, limitant, ainsi, l'utilisation de produits phytosanitaires.

### **1.7.2 Rôle écologique**

La fonction écologique de la luzerne se manifeste sur la conservation du sol et de sa fertilité (Beaudoin et *al.*, 1992).

Le système racinaire pivotant, très développé et profond (jusqu'à deux mètres) permet de fragmenter le sol et d'améliorer sa structure (Thiebeau et *al.*, 2003). La fixation d'azote atmosphérique et le piégeage de carbone lié au processus de la photosynthèse, que la luzerne réalise, montrent qu'elle contribue à limiter les effets de l'activité de l'homme sur son environnement.

D'après Thiebeau et *al.* (2001), le total de carbone fixé par la culture après deux années d'exploitation est de 16.0 t C/ha. Cette fixation de carbone et d'azote, permet de placer la luzerne comme une culture "dépolluante".

Une étude menée par Robert et *al.* (2010), montre que les indicateurs mesurés (oiseaux, papillons, criquets, sauterelles, chauve-souris et abeilles) sont significativement supérieurs dans une parcelle de luzerne par rapport à une parcelle de céréales.

En outre, Chatelier (2010), confirme qu'en couvrant le sol en permanence et fleurissant toute l'année, la luzerne offre un gîte et surtout un couvert de choix pour les animaux suscités et de nombreux autres constituants de la biodiversité ordinaire.

Restant en place 26 à 38 mois, la luzerne diminue fortement l'exposition des sols cultivés qu'elle occupe aux phénomènes d'érosion dus aux écoulements de surface des pluies ou aux vents (Robert et *al.*, 2010).

### **1.7.3 Rôle et utilisation économique**

La luzerne est qualifiée de plante « nitratophage », à cause de l'azote qu'elle prélève dans le sol, et dans l'atmosphère (Thiebeau et *al.*, 2001) . Ces mêmes auteurs, rapportent que la luzerne exporte 2 à 3 t/ha/an de protéines, sans aucun apport d'engrais azoté de la part de l'agriculteur.

La luzerne affiche une plus grande régularité de rendement que ses partenaires et permet ainsi de sécuriser le rendement fourrager de l'exploitation. Sa production est assez bien étalée sur toute l'année, cette répartition présente l'avantage d'avoir du fourrage vert pendant l'été et de pouvoir réaliser moins de stocks dans certaines situations (Renault, 2003).

### **1.7.4 Rôle et utilisation nutritionnelle**

Des travaux réalisés par plusieurs auteurs ont mis en évidence un effet positif de la luzerne déshydratée sur la qualité des acides gras du lait. Ainsi, Mauriès (2001), a montré que l'incorporation de 3.6 kg de luzerne déshydratée dans un ensilage de maïs améliore l'ingestion des animaux, le taux butyreux et la digestibilité de la ration totale. L'auteur a constaté une augmentation de l'ingestion de la matière sèche de 8 points sans pour autant aucun problème de météorisation ou autre trouble digestif.

Dewhurst et Coulmier (2004), ont également montré que l'ajout à la ration d'extraits de luzerne permet une augmentation de l'ingéré total et de la production laitière et par ailleurs modifie le profil en acides gras du lait en favorisant la présence de produits bénéfiques pour la santé notamment l'acide oléique (C 18:1), l'acide l'oléique (C 18:2) et l'acide linoléique (C 18:3).

De même, en étudiant l'influence de l'introduction de luzerne sur les performances zootechniques, Peyraud et *al.* (1998), ainsi que Ballard (2009a); ont constaté une augmentation du taux butyreux et des teneurs en acides gras du lait.

### **1.8 Méthodes d'utilisation**

#### **1.8.1 La déshydratation**

La luzerne conservée sous cette forme est utilisée prioritairement pour apporter des fibres (Meisser et Wyss, 2005). La déshydratation ne modifie pas la valeur énergétique. La valeur azotée réelle est même augmentée, malgré une diminution de la digestibilité de l'azote qui peut atteindre 10 points (Jarrige et *al.*, 1982).

D'après Chatelier (2010); la déshydratation de la luzerne permet de préserver ses qualités sanitaires (effet anti- acidose), de plus, Demarquilly (1982) confirme que la luzerne est mieux adaptée à la déshydratation qu'elle est plus riche en matière azotée et en carotène.

Nous retiendrons également, qu'un séchage à basse température semble permettre une meilleure valorisation finale de la luzerne (efficacité alimentaire améliorée de 14%) (Lebas et Goby, 2005).

#### **1.8.2 L'ensilage**

La luzerne est naturellement difficile à ensiler car elle est pauvre en sucres, inversement sa teneur en protéines, en cellulose brute et en minéraux est élevée ce qui explique sa résistance à l'acidification (Renault, 2003). Afin d'assurer la réussite de la méthode, Hnatyszyn et Guais (1988) envisagent l'adjonction d'un conservateur, et le hachage du fourrage pour assurer le meilleur tassement possible.

Selon Mauriès (2000a), L'ensilage de luzerne étant plus souple, plus riche en eau et moins riche en parois (ADF, NDF), peut entraîner une diminution de la fibrosité et de l'activité masticatoire.

### **1.8.3 Le fanage**

Ce type de séchage induit des pertes de feuilles au champ et des risques de contamination à travers le sol. La composition des feuilles étant différente de celle des tiges (notamment pour la matière azotée), le fanage diminue la teneur en matières azotées totales et la digestibilité de la matière organique de la luzerne de 0,078 (Demarquilly et Andrieu, 1988).

Cependant Ballard (2009b), dans une étude analysant la valeur alimentaire de la luzerne déshydratée en fonction du temps de préfanage a pu observer une stabilité de la matière azotée de la luzerne au cours du préfanage (18.5 % de MS).

## **1.9 La valeur alimentaire de la luzerne :**

D'un point de vue nutritionnel, comme tous les végétaux, la luzerne est caractérisée par sa valeur nutritive (valeur énergétique, valeur azotée, teneurs en minéraux, en vitamines...) et par son ingestibilité. Ces deux paramètres dépendent en premier lieu de la composition morphologique et de la composition chimique de la plante, elles-mêmes étroitement liées (Sauvant, 1988).

### **1.9.1 La composition morphologique**

La composition morphologique, particulièrement le rapport feuilles/tiges, est le facteur majeur et visible de la valeur alimentaire de la luzerne. Ainsi, selon Jarrige et *al.* (1982), plus la plante est riche en feuilles, plus sa valeur alimentaire est élevée.

La structure et la composition des tiges sont modifiées par la température. Le ratio lignine/cellulose des tiges augmente avec une température comprise entre 17 et 32 °C qui favorise la lignification des parois cellulaires (Mauriès, 1994).

## 1.9.2. La composition chimique

### 1.9.2.1 Les constituants pariétaux

Ils comprennent la cellulose, les hémicelluloses, les substances pectiques et la lignine, qui ont tendance à diminuer la digestibilité du fourrage (Amrane, 2002).

La luzerne est constituée, approximativement, de 50% de parois cellulaires et d'une composition équilibrée en fibres : 8% de pectines, 10% d'hémicellulose, 25% de cellulose et 7% de lignine (Mauriès, 1994).

### 1.9.2.2 Les constituants cytoplasmiques

- **L'azote**

La luzerne est caractérisée par une teneur en MAT importante, elle peut varier de 14 à 29% de la MS selon le stade , les époques et les modes de récolte (Mauriès 1998). Le même auteur affirme que la luzerne est une source de protéines très intéressante car elle fournit plus de protéines à l'hectare que le soja (Tableau I).

Les acides aminés sont tous présents en particulier tous ceux que l'on considère comme essentiels dans l'alimentation des animaux (Mauriès, 1994).

**Tableau I** : Rendement en protéines de la luzerne comparé à deux autres espèces fourragères.

Espèce	t MS/ ha	% MAT	Kg MAT/ha
Luzerne	13	20	2600
Maïs grain	7	10	700
Soja	2	40	800

Source : Mauriès (1994)

- **Les éléments minéraux**

La luzerne comporte une combinaison particulièrement intéressante de minéraux (Tableau II). Selon une étude menée en Suisse, citée par Python et *al.* (2009), la teneur de la luzerne en minéraux majeurs est de 3.7 g de phosphore et 30.5 g de potassium par kg de MS.

Schoutteten (2004), rapporte lors d'une expérimentation sur mouton que l'addition de luzerne calcinée, a permis de doubler la synthèse microbienne dans le rumen du mouton.

**Tableau II :** Composition en minéraux de la luzerne.

Minéraux	Potassium	Magnésium	Sodium	Calcium	Phosphore
Valeurs (% de MS)	1,2-2,3	0,12-0,22	0,06-0,23	1,1-1,9	0,2-0,35

Source : Schoutteten (2004).

- **Les vitamines**

La luzerne est une bonne source de vitamines liposolubles du groupe B, en particulier choline, nicotinamide et acide pantothénique. La vitamine C est abondante dans le fourrage vert (0,5%) (Schoutteten, 2004), mais le séchage ou la déshydratation la détruisent partiellement. La teneur en vitamine D augmente, au contraire au cours du séchage.

### **1.9.3 La digestibilité de la luzerne**

L'énergie apportée par la matière organique de la luzerne est diversement valorisée selon les espèces animales. Alors que les contenus cytoplasmiques sont totalement digérés, les parois cellulaires (ou fibres) composées de cellulose, d'hémicellulose et de lignines sont les constituants les moins digestibles des luzernes.

Néanmoins, le métabolisme digestif des herbivores nécessite la présence de fibres végétales plus ou moins grossières dans la ration.

Les parois cellulaires constituent toutefois l'essentiel de l'énergie disponible chez la luzerne. Cette énergie est estimée en laboratoire par la mesure de la dMO (digestibilité de la matière organique) : plus cette valeur sera élevée, plus la luzerne contiendra d'énergie.

### **1.10 Intégration de la luzerne déshydratée dans les rations pour vaches laitières**

Tous les consommateurs de la luzerne déshydratée valorisent ses protéines. Les besoins sont modulés selon les espèces animales et leurs stades physiologiques : ainsi les vaches laitières hautes productrices ont des besoins de luzerne à plus de 22 % de protéines alors qu'on limite le taux protéique chez les lapins à 17 % (Ballard, 2009a).

Selon Mauriès (2000a), les vaches consomment de grandes quantités de luzerne. En effet, une vache en lactation pesant 700 kg peut consommer 14,4 kg de foin de luzerne seul, récolté au stade bourgeonnement. L'ingestion diminue à 12,3 kg lorsque le foin atteint le stade floraison.

Dans l'expérimentation menée par Peyraud et Delaby en 1994, l'incorporation de 2.5 kg de MS de luzerne déshydratée en brins long à 23.8% de MAT dans la ration de vaches laitières pendant 8 semaines a entraîné un accroissement de la production de lait brut (+ 1 kg/j) et une diminution du taux butyreux de -1.8g/kg, alors que la teneur en protéines du lait n'a pas été affectée. Selon les mêmes auteurs, l'introduction de luzerne a permis de limiter les apports d'aliments concentrés jusqu'à -3.5kg MS/j et l'accroissement des quantités ingérées de 0.9 kg.

Bourgeois Bach (2005) rapporte que, grâce à sa remarquable teneur en protéines, la luzerne complète très bien les rations qui ont un profil de valeur nutritive inverse. Son apport en matière azotée et plus précisément en PDIN, permet une bonne valorisation des fourrages riches en énergie comme le maïs et la betterave.

En fin, les teneurs élevées en matière azotée et en calcium confèrent un bon pouvoir tampon, ce qui rend cette espèce très intéressante pour la prévention de l'acidose de la panse chez les ruminants et en particulier chez les vaches laitières.



### ***Conclusion***

La luzerne est non seulement essentielle en termes d'enjeux agronomiques, mais elle présente de nombreux avantages environnementaux. Elle est également un enjeu stratégique et économique pour une indépendance protéique en alimentation animale.

La culture de la luzerne doit donc être encouragée par tous les agriculteurs afin de restaurer la qualité de l'eau potable et participer au maintien des équilibres environnementaux.

De nombreux travaux menés sur la luzerne ont montré que son introduction dans les successions culturales réduit la concentration en nitrates des eaux de drainage à l'échelle de la rotation culturale (Robert et *al.*, 2010).

En concurrençant certains adventices, en fixant l'azote et en améliorant la structure du terrain, la luzerne est bien une remarquable plante fourragère et une excellente tête de rotation.

L'introduction de quantités modérées de luzerne déshydratée de très bonne qualité en substitution d'une partie de l'ensilage de maïs dans les rations de vaches laitières permet de modifier de manière intéressante la composition du lait par une légère diminution du taux butyreux sans affecter le taux protéique (Peyraud et Delaby, 1994).

*Chapitre I*  
*Méthodes d'évaluation de*  
*la valeur alimentaire des*  
*fourrages*

## **Chapitre II : Méthodes d'évaluation de la valeur alimentaire des fourrages**

### **2.1 Introduction**

Pour réaliser une alimentation en fonction des besoins des animaux, il est important de connaître la valeur alimentaire des fourrages. Celle-ci ne dépend pas seulement de leur richesse en différents constituants nutritifs tels que les fibres, les protéines et les minéraux, mais c'est beaucoup plus la disponibilité de ces nutriments à l'organisme animale ou encore appelée digestibilité. Cette dernière dépend selon Jarrige et *al.* (1995), de l'accessibilité des polymères du fourrage à la colonisation par les microorganismes du rumen.

D'après Jarrige (1988) et Soltner (1999), l'estimation de la valeur d'un fourrage peut être obtenue à partir d'une analyse au laboratoire, car les mesures de la digestibilité, faites sur animaux, nécessitent des installations complexes et des quantités importantes d'aliments à tester; et sont donc très coûteuses. Pour obvier à ces difficultés, de nombreux chercheurs ont mis au point des techniques de laboratoire qui permettent d'obtenir une estimation correcte des coefficients de digestibilité pour autant qu'il y ait une bonne corrélation entre les valeurs "*in vivo*" et "*in vitro*".

La digestibilité de la matière organique (dMO) peut être déterminée par différentes méthodes de laboratoire (analyses *in vitro*): incubation des échantillons dans du jus de panse ou dans une solution d'enzymes ou encore estimation à partir de la composition chimique.

### **2.2 Notion de valeur alimentaire**

La valeur alimentaire est, d'après Baumont et *al.* (1999), la capacité d'un aliment ou d'une ration à couvrir les besoins nutritionnels d'un animal.

Selon Soltner (1986), la valeur nutritive représentée par la valeur énergétique, exprimée en UF et la valeur azotée, exprimée en PDI, ainsi que la teneur en minéraux, dépend surtout de la digestibilité de la matière organique de l'aliment.

### **2.3 La digestibilité**

Daccord (2005) considère la dMO des fourrages comme une base essentielle pour estimer leur valeur nutritive. Elle exprime, Selon Istasse *et al.* (1981) et Selmi *et al.* (2011), la proportion d'un constituant chimique disparue entre sa consommation et son excrétion dans les fèces. Elle semble être liée à l'espèce, l'âge et le stade phénologique, mais aussi à la composition chimique de la plante (Daccord *et al.*, 2003; Demarquilly et Jarrige, 1981). Tous ces paramètres influent de façon significative sur l'action des microorganismes symbiotiques du rumen qui contribuent beaucoup dans le bilan final de la digestion des ruminants.

La composition chimique de la plante est fonction de sa richesse en éléments nutritifs, de leur disponibilité et de la présence plus ou moins importante d'éléments antinutritionnels. En effet, les essais de digestibilité de Traore (1998) et Michalet-Doreau et Nozière (1999) ont permis de se rendre compte de l'effet dépressif des teneurs élevées en NDF et des tanins sur la digestibilité surtout au niveau des plantes moins riches en MAT.

La digestibilité de la matière organique d'un aliment de bonne valeur alimentaire doit être selon Hornick *et al.* (2003), égale ou supérieure à 50% après 24 heures d'incubation dans le rumen.

### **2.4. La valeur nutritive**

#### **2.4.1 La valeur azotée**

Dans la plupart des pays, les apports alimentaires et les besoins des animaux en azote ont longtemps été exprimés en matières azotées digestibles (MAD), qui correspondent au bilan digestif apparent de l'ensemble des matériaux azotés (Gauthier *et al.* 1991). Ce mode d'expression simple est ensuite devenu insuffisamment précis, notamment du fait de l'accroissement des performances animales, de la diversification des sources azotées et des objectifs d'efficacité alimentaire, de la qualité des produits et de moindres rejets azotés.

L'INRA a développé un système d'évaluation de la nutrition azotée. Ce nouveau système, appelé système PDI (protéines digestibles dans l'intestin grêle). Il se caractérise par une valeur alimentaire pour chaque aliment et un besoin pour chaque animal à chaque stade physiologique.

Le système PDI est basé sur l'estimation conjointe des protéines alimentaires (PDIA) et microbienne (PDIM) digérés dans l'intestin grêle dont la somme constitue la valeur PDI. Le calcul de la valeur azotée d'un aliment (PDI) nécessite de connaître sa teneur en MAT et sa dMO.

#### **2.4.2 La valeur énergétique**

Compte tenu de la diversité des types de production des animaux, il a été envisagé d'utiliser deux unités fourragères pour exprimer la valeur énergétique des aliments, il s'agit des unités fourragères lait (UFL) et des unités fourragères viande (UFV).

### **2.5 Facteurs de variation de la valeur alimentaire**

La qualité d'un fourrage est déterminée par deux principaux paramètres : l'ingestibilité et la digestibilité, elle est fonction de l'espèce animale, de la qualité du fourrage ainsi que de sa composition chimique.

D'après Tisserand (1991), le sol, le climat et l'altitude exercent aussi un effet important sur la valeur alimentaire de l'herbe qui diminue au cours de la croissance. La température et l'aridité ont une influence directe sur la composition chimique des fourrages et par conséquent sur leur valeur nutritive.

La valeur alimentaire est également très variable selon le rapport feuilles/tiges, le stade de végétation, le nombre de coupe ainsi que le mode de conservation.

#### **2.5.1 En fonction du rapport feuilles/tiges**

La valeur nutritive des fourrages est déterminée essentiellement par le rapport feuilles/tiges car les feuilles sont plus riches en nutriments facilement utilisables par les animaux.

L'évaluation du rapport feuilles/tiges au cours de la repousse est l'un des déterminants de la dynamique d'accumulation d'azote par un peuplement de luzerne. Une approche récente (Lemaire et Gastal, 1997) a montré que l'accumulation d'azote dans les parties aériennes était proportionnelle à la proportion de feuilles de la culture, et que les feuilles qui sont ombrées à la base du couvert végétal ont une teneur en azote plus faible que les feuilles bien éclairées au sommet du couvert.

### **2.5.2 En fonction de la composition chimique**

La présence de substances anti-nutritionnelles comme les tanins, la silice et la cutine ont un effet négatif sur la digestibilité des aliments chez les ruminants, en réduisant la pénétration des enzymes microbiennes dans les cellules ou en inhibant chimiquement l'activité enzymatique.

En effet, pour une espèce donnée, les périodes de repousses où les feuilles sont beaucoup moins riches en parois totales et en lignine, donnent de meilleures dégradabilités comparées aux périodes où les feuilles sont âgées et incrustées de lignine. Il existe donc une corrélation négative entre la dégradabilité des fourrages et leur teneur en parois totales, surtout en lignine.

Ainsi, Traore (1998), a constaté que les plantes les moins riches en composants pariétaux (NDF, ADF et lignine) dont la richesse en parois totales est compensée par une teneur élevée en MAT présentent les meilleurs profils de dégradabilité.

D'après Fonty et Chaucheyras (2007), la teneur en polysides structuraux varie fortement avec l'espèce botanique, l'âge, les organes et les tissus de la plante.

### **2.5.3 En fonction du stade végétatif**

Une des principales causes de l'altération de la qualité des fourrages et le stade de végétation de l'herbe au moment où elle est utilisée (Rekik, 2005). Quand le fourrage vieillit, la proportion de feuilles diminue au bénéfice de la proportion de tiges. Ainsi chez la luzerne, la proportion de feuilles passe d'environ 60% au stade végétatif à 35% à la floraison (Waligora, 2010).

Cette diminution dans la proportion des feuilles est associée à une diminution de la teneur en eau de 85 à 75%. Elle est aussi associée, à une diminution importante de la valeur nutritive (Demarquilly, 1987).

Jarrige (1988) et Mongeau (2011), notent que la dégradation des glucides pariétaux dans le rumen diminue beaucoup au fur et à mesure que la plante vieillit, elle passe de 80-96% pour un fourrage jeune à 40-50% pour une plante âgée. De même Demarquilly et Andrieu (1988) ajoute que la teneur en CB de la luzerne passe de 22-25 %MS chez une jeune plante à 40-45 %MS chez une plante âgée ; alors que la teneur en MAT passe de 20-23 %MS à 9-10%MS.

### 2.5.4 En fonction du nombre de coupes

Ce sont surtout les dates des premières et dernières exploitations qui ont de l'importance en vue de l'accumulation des réserves (Duthil, 1967). En effet, Une coupe trop précoce intervenant au moment où les réserves ne sont pas complètement reconstituées, pénalise le rendement des coupes suivantes et la pérennité de la luzerne. L'expérience montre que l'exploitation de la luzerne en 1<sup>e</sup> coupe avant le stade bourgeonnement entraîne une chute de rendement annuel de 25%.

Selon Bourgeois Bach (2005), l'augmentation de la fréquence de coupes réduit le tonnage produit en matière sèche mais ne pénalise pas la production de protéines à l'hectare, comme le montre le tableau III.

**Tableau III** : Fréquence de coupes et production de protéines.

Fréquence des coupes	4 coupes (45jours)	5 coupes (35 jours)
Total MS (T/ha)	16,41	14,94
% MAT	19,88	21,76
Total protéines (T/ha)	3,26	3,25

Source : Mauriès (1998).

### 2.5.5 En fonction du mode de conservation

Le mode de conservation peut influencer la composition chimique, vue les pertes qu'il peut occasionner (Aufrère, 1982 ; Journet, 1992 et Renault, 2003) :

- L'ensilage peut entraîner une diminution importante de la valeur nutritive, ceci pourrait s'expliquer par les pertes d'éléments solubles occasionnées par ce mode de conservation.
- Le fanage entraîne, également, une diminution très variable de la digestibilité de la matière organique des fourrages. En effet, Selon Demarquilly et Andrieu (1988), un séchage entier des foin au sol, entraîne une diminution de digestibilité de moins 0,078 et moins 0,06 respectivement pour la luzerne et le trèfle violet. Alors que Lebas et Goby (2005), montre qu'un séchage à basse température permet une amélioration de l'efficacité alimentaire de 14%, la conservation du fourrage par déshydratation lui conserve, selon Peyraud et Delaby (1994) ; une bonne valeur nutritive (tableau IV).

**Tableau IV** : Variation de la composition chimique de la luzerne en fonction du mode de conservation.

Luzerne	Composition chimique (%)				
	MS	MO	MM	CB	MAT
En vert	16,0	88,3	11,7	27,0	19,1
En foin	90	90,8	9,2	23	20
Ensilée	22,6	90,9	9,1	31,3	16,5

Source : Mauriès (1998).

D'autres facteurs influent la valeur alimentaire des fourrages tels que le traitement physico-chimique de l'aliment tel que la forme physique du fourrage (brins longs, courts ou broyés). L'effet du broyage sur la dégradabilité des aliments a été prouvé par plusieurs auteurs, en effet selon Poncet et *al.* (2003), la réduction de la taille des particules alimentaires accroît leur dégradabilité dans le rumen en accélérant la vitesse d'hydratation, la solubilisation et la dégradation par les microorganismes.

## **2.6 Méthodes de détermination de la valeur alimentaires des fourrages**

Plusieurs méthodes sont employées pour déterminer la valeur alimentaire des fourrages.

### **2.6.1 Prévision à partir des caractéristiques morphologiques**

La valeur alimentaire des fourrages est d'abord déterminée par leur morphologie et en particulier le rapport feuilles/tiges. Les feuilles contiennent plus de protéines et moins de fibres que les tiges et sont, de ce fait plus digestibles.

Leussen (1991), considère le stade phénologique au moment de la récolte du fourrage un facteur fondamental dans la détermination de la proportion de la digestibilité et de la concentration en protéines.

### **2.6.2 Méthodes chimiques**

La détermination de la dMO à l'aide des équations de régression, basée sur les teneurs en constituants pariétaux et/ou en constituants cytoplasmiques constitue une bonne alternative.



Ces méthodes renseignent sur la composition chimique des aliments grâce à des analyses qui permettent de déterminer les éléments nutritifs contenus dans la plante : fibres (NDF, ADF), pour les hydrates de carbone, l'azote total pour les protéines, le phosphore, le calcium et le magnésium pour les minéraux ainsi que les vitamines. Par la méthode chimique, Schubiger et *al.* (2002), ont noté des valeurs proches de celles qui sont obtenues avec les animaux (méthode *in vivo*).

### 2.6.3 Méthodes physiques

L'énergie nécessaire au broyage, appelée indice de fibrosité peut donner une meilleure prévision sur la digestibilité de la cellulose brute ou d'NDF. Elle dépend surtout de la lignification du fourrage.

Chenost (1966) et Chenost et Grenet (1971), ont mesuré l'énergie nécessaire au broyage du fourrage et ont montré qu'elle varie en sens inverse de la digestibilité et de l'ingestibilité de ce fourrage.

Selon Demarquilly et Jarrige (1981), l'inconvénient de cette méthode est la non reproductibilité due à la nécessité de plusieurs répétitions à cause des différents modes d'introduction de l'aliment qui donne beaucoup de variations.

### 2.6.4 Méthodes enzymatiques

Ces méthodes ont pour principe de simuler le processus digestif chez l'animal en utilisant des enzymes. Elles présentent l'avantage d'être rapide, reproductible et économique, car elles ne font pas appel aux animaux.

Miraglia et Tisserand (1985) ont conclu, suite à des essais sur des équidés, que c'est une méthode particulièrement intéressante. Selon ces auteurs, la méthode a été proposée en 1975 par Jones et Hayward, elle a été l'une des plus utilisées pour prévoir la digestibilité des fourrages et elle comprend deux étapes : un prétraitement par la pepsine dans de l'acide chlorhydrique dilué (0,1 N) pendant 24 heures suivi d'un traitement par la cellulase pendant 48 heures.

Cependant, en comparant quatre méthodes de prévision de la digestibilité des fourrages, Schubiger et *al.* (2002) trouvent que la méthode enzymatique, utilisant des enzymes à la place du jus de panse, est celle qui a donné les moins bons résultats.

### **2.6.5 Prévision par spectrophotométrie (SPIR)**

La spectrophotométrie dans le proche infrarouge (SPIR) constitue une méthode qui permet d'analyser très rapidement un grand nombre d'échantillons de façon fiable et peu coûteuse (Schubiger et *al.* 2002). Cette méthode offre en outre un avantage de taille : il est possible de déterminer plusieurs paramètres analytiques à partir du même cycle de mesures. Néanmoins, elle demande de disposer d'échantillons comparables à ceux qu'on se propose d'étudier, de composition chimique et de digestibilité connus (Demarquilly et Andrieu, 1987).

L'application de la spectrométrie paraît capable d'apporter à l'analyse des aliments des progrès décisifs que les méthodes chimiques ne semblent pas atteindre (Demarquilly 1987).

### **2.6.6 Méthodes microbiologiques**

#### **2.6.6.1 Méthodes directes (*in vivo*)**

Ce sont des méthodes réalisées sur des animaux vivants, maintenus en cage, elles constituent des méthodes de référence ; et sont utilisées pour la mesure de la digestibilité des aliments déjà analysés en se basant sur la mesure des quantités ingérées et des fèces excrétées. La mesure de la digestibilité se fait sur 4 à 6 béliers, de préférence castrés, âgé de 2 à 5 ans, en bonne santé et qui représentent une résistance à la cage de métabolisme.

Selon Hornick et *al.* (2003) et Schubiger et *al.* (2002), la méthode de la cage à métabolisme est longue, laborieuse, lourde et nécessite de gros moyens et un aliment de composition constante. En outre, elle n'est pas utilisable pour de nombreux échantillons. Les fourrages distribués ne correspondent pas tout à fait à ce que l'animal ingère au pâturage et de fortes variations individuelles ou raciales sont constatées.

#### **2.6.6.2 Méthodes indirectes**

##### **2.6.6.2.1 Méthodes *in sacco***

La méthode *in sacco* consiste à introduire des petits sachets de nylon qui ont une grandeur de 10 - 20 centimètres et un diamètre de pore de 50 µm dans le rumen. Ces sachets contiennent un échantillon d'aliment d'environ 5 g. L'incubation se fait à 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 et 72 heures. Après chaque période d'incubation, les sacs de nylon sont enlevés du rumen et lavés avec de l'eau distillé, puis séchés à 65°C pendant 48 heures.

La digestibilité des aliments est estimée à partir de la quantité de matière sèche restante présente dans le sachet après une période d'incubation dans le rumen, ainsi, selon Giger Reverdin et *al.* (2000) tout ce qui passe des mailles du sachet est considéré comme dégradé. Cette technique a été classée par Selmi et *al.* (2011) parmi les méthodes largement utilisées dans les études de digestion pour caractériser l'aptitude d'un écosystème microbien à dégrader un aliment.

#### **2.6.6.2.2 Méthodes *in vitro***

Plusieurs méthodes d'estimation de la digestibilité au laboratoire (*in vitro*) ont été proposées. Parmi elles, la méthode en deux étapes développée par Tilley et Terry (1963) et la méthode de gaz proposée par Menke et *al.* (1979), se sont bien imposées.

Ces méthodes ont pour principe de simuler le processus digestif chez l'animal, par incubation de l'aliment avec les microbes du liquide ruminal dans les conditions favorables d'anaérobiose, de température et de pH, aussi voisines que possible de celles du rumen. Cela est réalisé en additionnant une solution tampon (Mc dowell 1988).

Une bonne corrélation de la technique *in vitro* et de la méthode *in vivo* a été rapportée par la bibliographie: Selon Daccort (2005), les méthodes microbiologiques permettent de prévoir la dMO des fourrages de manière plus précise parce qu'elles utilisent les micro-organismes du rumen et permettent d'isoler un résidu pariétal indigestible.

En comparant quatre méthodes de digestibilité, Schubiger et *al.* (2002) ont trouvé que le procédé microbiologique est celui qui a permis d'estimer les valeurs *in vivo* avec la plus grande précision.

En plus, comparativement aux méthodes *in vivo*, la méthode microbiologique permet le traitement d'un grand nombre d'échantillons, avec un nombre restreint d'animaux. C'est ainsi que cette méthode peut s'avérer utile, selon Gofflot et *al.* (2002), dans des criblages visant à sélectionner au sein d'un grand nombre d'échantillons, des aliments en fonction de leur dégradabilité ruminale, à condition toutefois que la correspondance avec les valeurs obtenue *in vivo* soit validée.

Néanmoins, et selon Istasse et *al.* (1981), les déterminations "*in vitro*" ne sont pas des techniques absolues comme pourraient l'être les déterminations "*in vivo*". Safietou (1988), ajoute que l'hétérogénéité et les multiples facteurs de variation de l'écosystème du rumen expliquent les difficultés de la mise en œuvre des méthodes biologiques *in vitro* qui utilisent le jus de rumen comme principal milieu d'incubation. C'est pourquoi, selon le même auteur, une description précise et une standardisation des modes opératoires sont nécessaires.

#### **a- Méthode *in vitro* de Tilley et Terry**

La méthode en deux étapes de Tilley Terry est une tentative de reproduction des conditions ruminales *in vitro* par incubation d'un échantillon d'aliment dans un mélange de salive artificielle et de jus de rumen filtré (selon Mc Dowel, 1988), pendant 48 heures, puis dans une solution de pepsine acide à 39°C pendant 48 h, pour simuler la phase intestinale de la digestion. Le pourcentage de matière sèche disparu à l'issue de cette double incubation représente la digestibilité de la matière sèche.

Daccord (2006) et Belbis (2007), classent les techniques *in vitro* parmi les méthodes les plus exactes et pratiques disponibles. Cependant, Schubiger et *al.* (2002) trouvent que d'utilisation de cette méthode est limitée par l'exigence du jus de panse provenant d'animaux fistules et s'affronte, donc, par la difficulté d'entretien de ces animaux. De même, Istasse et *al.* (1981), ajoutent que c'est une technique qui pose des problèmes de reproductibilité. Ces inconvénients peuvent être limités, selon Belbis (2007) par une standardisation du matériel et du mode opératoire permettant une bonne corrélation avec la méthode *in vivo*.

#### **b- Méthode *in vitro* de Gaz test**

Le principe de cette méthode est de simuler le processus digestif chez l'animal en évaluant la production de gaz, qui reflète l'intensité des fermentations des aliments par la microflore de l'inoculum, notamment par les bactéries amylolytiques et cellulolytiques (Nagadi et *al.*, 2000). La quantité de gaz libérée donne selon Menke et *al.* (1979) et Getachew et *al.* (2004), une meilleure estimation de la digestibilité et de la valeur nutritive des fourrages pour les ruminants.

Les principaux produits de la digestion microbienne sont : l'ammoniac, les acides gras volatils (AGV), le méthane et le gaz carbonique. Selon Michelland (2009), les proportions en AGV standard sont de 65% d'acide acétique, 25% d'acide propionique et 10% d'acide butyrique. Alors que le mélange des gaz est fait selon Giger-Reverdin *et al.* (2002), de CO<sub>2</sub> (63%) et de méthane (34%).

Mongeau (2011), considère qu'une concentration d'AGV de 17,5 % après 4 heures, démontre une meilleure utilisation de l'aliment.

Les principaux facteurs de variations qui limitent la précision de cette méthode et celle de la précédente, selon Safietou (1988), sont étroitement associés à leur écosystème. Une étude de cet écosystème est donc un préalable indispensable à la compréhension des variations méthodologiques.

### **c- L'écosystème ruminal**

Le milieu ruminal offre des conditions physicochimiques idéales et même favorables à la vie des microorganismes ruminants, il représente les caractéristiques essentielles d'un fermenteur par :

- une température favorable maintenue à 39-40°C et qui peut atteindre selon Thivend *et al.* (1985), 41°C lors des grandes fermentations.
- des conditions d'anaérobiose: le contenu ruminal est surmonté par une poche gazeuse composé de dioxyde de carbone (60-70%) et de méthane (25-35%), alors que l'O<sub>2</sub> ne représente que moins de 1%, (Belbis, 2007).
- un pH réglé et relativement constant, oscille entre 7.2 et 6.5, la régulation de ce pH est assurée grâce à une neutralisation des acides provenant de la digestion par la salive (Blain, 2002).

### **d- La microflore ruminale**

Les conditions du rumen favorisent le développement d'une microflore anaérobie extrêmement importante et diversifiée. Elle est composée de bactéries, champignons et protozoaires. L'action de ces micro-organismes revêt une importance toute particulière puisqu'ils sont les premiers à dégrader les aliments dans le rumen précédant ainsi l'action des enzymes digestives de l'hôte. Robles (2006), montre que la micro-population ruminale dégrade 60 à 90 % des aliments digestibles.

➤ **Les bactéries**

Au nombre de  $10^{10}$  par millilitre de jus de rumen (Robles, 2006 et Michelland, 2009), représentant ainsi, 50% de la biomasse microbienne et constituant, de ce fait, la flore la plus performante pour digérer la cellulose des fourrages. Le régime alimentaire offert détermine, selon Belbis (2007), la prédominance numérique d'une espèce bactérienne sur une autre. Les bactéries du rumen sont anaérobies en majorité. Parmi elles, un petit nombre est anaérobie facultatif.

Offner (2003), classe les bactéries selon leur aptitude à dégrader et à fermenter les substrats en : bactéries cellulolytiques, pectinolytiques, uréolytiques, amylolytiques et les bactéries utilisatrices de glucides simples, créant ainsi des conditions de milieu très acides. (Fonty et Chaucheyras, 2007).

➤ **Les protozoaires**

D'après Hornick et *al.* (2003) et Robles (2006), se sont principalement des ciliés au nombre de 10 millions/ml, représentant 40% de la biomasse microbienne ruminale. Ils sont 1000 fois moins nombreux que les bactéries mais ils représentent la même proportion de la biomasse vue leur volume cellulaire beaucoup plus élevé (Fonty, 1999).

Les protozoaires ciliés peuvent transformer les constituants alimentaires et bactériens en métabolites utilisés ensuite par l'animal.

➤ **Les champignons**

Au nombre de 10 milles/ml (Michelland, 2009), ce sont des anaérobies stricts et sont liés à la fraction solide du contenu ruminal, ils sont selon Jouany (1981) plus nombreux chez les animaux recevant des aliments succulents ou qui pâturent une herbe jeune. Tous les champignons sont des cellulolytiques et leurs cellulases sont les plus actives (Fonty, 1999).

*Chapitre III*  
*Matériel et méthodes*

## Chapitre III : Matériel et méthodes

L'évaluation de la valeur nutritive des aliments des animaux repose sur plusieurs mesures qui peuvent aller des analyses chimiques simples jusqu'à l'étude de la digestibilité, soit *in vivo* ou *in vitro*.

Au cours de notre travail, et dans le but d'étudier la valeur nutritive de nos cultivars, nous avons pu réaliser des analyses relatives au contenu en matière organique, matière azotée, cellulose brute et matière minérale totale et insoluble.

La digestibilité de nos cultivars a été estimée par des équations faisant intégrer les résultats de l'analyse fourragère et en utilisant deux méthodes *in vitro* : la méthode en deux étapes de Tilley et Terry et la méthode de gaz-test.

Nos expériences ont été réalisées au niveau du laboratoire de production animale de l'institut des sciences agronomiques à l'université de Hassiba Ben Bouali de Chlef.

### 3.1 Matériel végétal

Notre étude a été menée sur des échantillons de luzerne pérenne, *Medicago sativa L.* Il s'agit de 16 variétés de différentes origines (tableau V), cultivées sous un régime hydrique pluvial et mises en place le 17/ 10/ 2004 dans la station expérimentale INRAA de H'madna, située dans le bas Cheliff, aux coordonnées 35° 54' N et 0° 47' E , à une altitude de 48m, dans une région appartenant à l'étage bioclimatique semi- aride, caractérisée par un climat spécifique très rude et très contrasté par une pluviométrie annuelle de 238 mm, un été très chaud avec un maximum de température de 38°C et des températures basses en hiver avec une minimale moyenne de 5°C (Bellague et *al.*, 2006). La récolte a été réalisée sur quatre coupes : 03 au printemps (mi-mars, fin-avril, et fin-mai) et une en été (début juillet).

Avant d'effectuer les analyses, les échantillons sont séchés à 60°C, finement broyés, puis passés sur un tamis de 2 mm, et conservés, à température ambiante, dans des flacons hermétiquement fermés, nettoyés et séchés au préalable.



**Tableau V** : Noms, origine et caractéristiques des 16 cultivars étudiés.

N°	Variété	origine	Identification génétique.
1	Ecotipo Siciliano	Italie	c'est une population locale, originaire de la Sicile.
2	Prosementi	Italie	C'est une population améliorée A partir d'un germoplasm local. Il est très résistant au froid et à la sécheresse.
3	ABT 805	USA	Un cultivar synthétique issu de 90 parents. Il a une faible dormance ; sélectionné pour la tolérance au pâturage.
4	Ameristand 801s	USA	Cultivar synthétique issu de 250 parents. Il est sélectionné après 10 cycles pour augmenter la germination et la production fourragère dans les conditions de stress salin (sol et eau); la dernière sélection a été effectuée pour la résistance au sel en Arizona et Californie.
5	Mamuntanas	Italie	Cultivar italien originaire de Sardaigne sélectionné en 1982.
6	Tamantit	Algérie	Population d'oasis cultivée dans le village de tamantit situé à environ 10 Km au sud de la ville d'Adrar (sud-ouest de l'Algérie). Au Sud, il donne une luzernière fauchée de façon très fréquente. Par contre au nord, il s'adapte mal, il s'est montré sensible à différents ravageurs et agents pathogènes.
7	Sardi 10	Australie	C'est un cultivar hautement actif en hiver.
8	Siriver	Australie	Crée en 1980 en Australie. Cultivar très actif est très résistant aux pucerons.
9	Africaine	Tunisie	Originaire du Maroc et de la Tunisie.
10	Gabes-2355	Tunisie	Originaire de Gabés dans le sud. C'est un cultivar de type oasisien relativement résistant au sel.
11	Magali	France	Sélectionné par l'INRA Montpellier (France) et enregistré dans la liste Française des variétés. Il est issu du croisement de deux cultivars de luzerne, l'un de type dormant (Flamande), l'autre de type non dormant (Provence). Il est largement adapté au climat méditerranéen subhumide, aussi bien en pluvial qu'en irrigué.
12	Melissa	France	Un cultivar sélectionné par l'INRA Montpellier (France) et enregistré dans la liste Française et européenne des variétés Comme un cultivar de type méditerranéen. Il est adapté aux régions chaudes.
13	Coussouls	France	Cultivar sélectionné par l'INRA Montpellier (France) et enregistré dans la liste Française des variétés. Amélioré à partir d'un matériel de type Provence, il représente le type méditerranéen de luzerne classique où il peut être cultivé aussi bien en pluvial qu'en irrigué.
14	Rich2	Maroc	Une population locale originaire des montagnes d'Atlas du Maroc de l'Oasis de la vallée Ziz. Issu d'une population locale, il a été amélioré à l'INRA Maroc. Il est actif en hiver. Il est très adapté aux conditions pédoclimatiques des oasis (stress hydro-salin).

15	Erfoud	Maroc	Population locale originaire de sud est du Maroc de l'Oasis de la vallée Ziz. Issu d'une population locale, il est tolérant au sel au stade de germination et élongation. Très productif dans les conditions de stress hydrosalin.
16	Demnat	Maroc	Population locale originaire des montagnes d'Atlas du Maroc. Issu d'une population locale, il est actif en hiver. Il est très productif dans les véritables conditions de ferme et aussi durant la sécheresse estivale.

Source : Bellague et *al.* (2006)

## 3.2 Méthodes

### 3.2.1 Méthode analytique

Une analyse fourragère classique a été effectuée au laboratoire de production animale où ont été déterminées les teneurs en matière sèche, en matière minérale, en cellulose brute et en matière azotée totale. Les analyses effectuées sont toutes conformes aux normes (AFNOR Paris, 1985) citées par Jarrige (1988) et établies par l'INRA.

Tous les dosages sont effectués en triple et les résultats sont rapportés par rapport à 100g de matière sèche.

#### 3.2.1.1 Dosage de la matière sèche (MS)

##### a. Principe

Le principe consiste à placer un échantillon dans une étuve maintenue à 105°C jusqu'à poids constant, toute l'eau s'évapore et le résidu sec après dessiccation s'appelle la matière sèche (MS).

##### b. Formule et Calcul

La teneur en matière sèche est calculée par la relation suivante :

$$\% \text{ MS} = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0}$$

Où :

$P_0$  : représente le poids du creuset vide (g).

$P_1$  : représente le poids du creuset avant séchage (tare + échantillon) (g).

$P_2$  : représente le poids du creuset et du résidu après séchage (tare + résidu) (g).

Le taux d'humidité est calculé à partir de la formule suivante :

$$\% \text{ d'humidité} = 100 - \% \text{MS.}$$

### **3.2.1.2 Dosage des matières minérales ou cendres (MM)**

#### **a. Principe**

Lorsque l'échantillon est soumis à une incinération, la matière organique est consommée et la matière résiduelle représente le poids des minéraux (cendres) dans les échantillons (A.O.A.C, 1990). Le but est de déterminer la teneur en matières minérales dans les échantillons, de façon à calculer la quantité de matière organique (MO). Cette dernière représente la différence entre la MS et les matières minérales (MM).

#### **b. Formule et calcul**

Le pourcentage des cendres est calculé par l'équation suivante :

$$\% \text{ Cendres} = \frac{P_3 - P_0}{P_2 - P_0} \times 100$$

Où :

$P_3$  : représente le poids du creuset vide et du résidu après calcination (tare + cendres) (g).

### **3.2.1.3 Détermination de la matière organique (MO)**

La teneur en matière organique est déterminée par :

$$\text{MO \% (MS)} = 100 - \text{MM}$$

### **3.2.1.4 Détermination de la matière minérale insoluble (MM in)**

#### **a. Principe**

C'est à partir des cendres (matières minérales totales) qu'on détermine le taux des cendres insolubles. L'attaque à chaud par l'acide chlorhydrique laisse un résidu à partir des cendres, ce sont les cendres insolubles.

**b. Formule et calcul :**

Le pourcentage des cendres insolubles est obtenu par la formule suivante :

$$\% \text{ MMinS} = \frac{P_4 - P_0}{P_3 - P_0} \times 100$$

Où:

P<sub>4</sub> = poids du creuset et du résidu (g).

**3.2.1.5 Dosage de la cellulose brute (CB)**

**a. Principe**

La teneur en CB est déterminée par la méthode de WEENDE. Le principe consiste à doser les résidus cellulosiques obtenus après une double hydrolyse acide et alcaline. Ce procédé a été normalisé aux Etats-Unis, et y utilisé pour établir les tables alimentaires modernes (Gautier et *al.*, 1991).

**b. Formule et calcul :**

La teneur en cellulose brute est calculée par la formule suivante :

$$\% \text{ CB} = \frac{P_1 - P_2}{P_0} \times \frac{100}{\text{MS}}$$

Où :

P<sub>1</sub> : Poids du creuset + résidu après étuvage.

P<sub>2</sub> : Poids du creuset + résidu après incinération.

P<sub>0</sub> : Poids de la prise d'essai.

**3.2.1.6 Détermination de la teneur en fibres (ADF et NDF)**

**a. Principe**

Les méthodes d'analyse des fibres sont basées sur des traitements chimiques successifs sur l'échantillon afin de solubiliser les composants non fibreux et à la fin l'obtention d'un résidu qui détermine la teneur en fibres (ADF et NDF).

**b. Formule et calcul**

Par manque de produits chimiques la méthode de Van-Soest (1991), permettant de déterminer la teneur en fibres n'a pas pu être réalisée, nous avons utilisé par défaut les équations de l'INRA (2007), qui permettent de déterminer la teneur en parois totales (NDF) et en lignocellulose (ADF) de la luzerne en fonction de la teneur en cellulose brute :

$$\text{NDF} = 0.575 \text{ CB} + 320$$

$$\text{ADF} = 0.579 \text{ CB} + 147$$

Toutes les valeurs sont exprimées en g/kg de MS.

**3.2.1.7 Dosage des matières azotées totales (MAT)**

**a. Principe**

L'azote total est dosé par la méthode de Kjeldhal. L'azote organique de l'aliment est minéralisé par l'acide sulfurique à chaud en présence d'un catalyseur approprié, l'azote ammoniacal formé est déplacé par une base forte et dosé dans une solution titrée d'acide borique (Lecoq, 1965).

**b. Formule et calcul**

La teneur en azote totale est calculée par la formule suivante :

$$\% \text{ MAT} = \frac{1.40 \times N (V_1 - V_0)}{P}$$

N = La normalité de l'acide sulfurique

V<sub>1</sub> = quantité d'acide sulfurique en millilitre, utilisée au cours du titrage.

V<sub>0</sub> = volume d'acide sulfurique en millilitre, utilisé au cours de l'essai à blanc.

P = La prise d'essai (g).

Si on admet que l'azote représente une moyenne de 16 % de la masse des protéines la concentration des protéines sera :

$$\% \text{ Protéines} = \% \text{ N} \times 6.25$$

### 3.2.1.8 Prévion de la digestibilité par la composition chimique (dMOchim)

La digestibilité de la matière organique (dMO en %), ainsi que la valeur nutritive ont été déterminées par les équations de régression établies par Chibani et *al.* (2010) à partir de la composition chimique des cultivars. Ces équations sont le résultat de plusieurs travaux réalisés pendant une quarantaine d'années sur des fourrages algériens et sont, d'après les mêmes auteurs, comparables et parfois même meilleures que celles fréquemment utilisées pour prédire la valeur nutritive.

$$\text{dMOchim (\%)} = -0,90 \text{ ADF} + 1,177 \text{ MM} + 82,25$$

### 3.2.1.9 Détermination de la valeur nutritive des cultivars par la méthode chimique.

#### a. La valeur énergétique

Pour la valeur énergétique, la démarche consiste, essentiellement à calculer les UFL et les UFV, en les reliant par des régressions linéaires aux différents composants chimiques des cultivars notamment la teneur en ADF et en MM.

$$\text{UFL} = -0,0146 \text{ ADF} + 0,0184 \text{ MM} + 1,0943$$

$$\text{UFV} = -0,0163 \text{ ADF} + 0,0218 \text{ MM} + 1,0339$$

#### b. La valeur azotée

Pour calculer la valeur azotée des cultivars étudiés (en g de MAD/kg MS), nous avons utilisé la formule reliant les MAD aux MAT et au CB.

$$\text{MAD} = 0,8319 \text{ MAT} - 0,089 \text{ CB} + 11,3056$$

## 3.2.2 Méthode *in vitro* de gaz-test

### 3.2.2.1 Principe

La méthode de gaz test a pour but de mesurer les produits de fermentation anaérobique par les microorganismes du rumen (acides gras volatils, gaz : dioxyde de carbone, méthane). La quantité de gaz produite est mesurée pendant l'incubation pour prévoir la digestion de l'aliment (Getachew et *al.*, 2004).

### 3.2.2.2 Mode opératoire

#### a. Préparation de la salive artificielle

La salive artificielle est une solution minérale qui joue le rôle d'une part d'un tampon et, d'autre part, elle constitue un apport de sels minéraux et d'oligoéléments aux microorganismes du rumen (Safiétou ; 1988). Elle est préparée selon les procédures décrites par Menke et Steingass (1988), (annexe 1)

Le pH de la solution tampon doit se situer entre 6.8 et 7.

#### b. Préparation de l'inoculum

- *La collecte du liquide ruminal*

Le jus de rumen utilisé pour la fermentation des échantillons a été prélevé directement du rumen de bovins, abattus le matin au niveau de l'abattoir municipal de Chlef, juste après l'éviscération. Puis transféré dans des thermos préalablement lavés et aseptisés, pour être traité au laboratoire dans les premières heures qui suivent la collecte. Il est filtré à travers quatre couches de gaze chirurgicale stérile afin d'éliminer les microbes attachés aux particules alimentaires.

- *Mélange de la salive avec le contenu ruminal*

L'inoculum est préparé selon les procédures décrites par Menke et Steingass (1988). Elles consistent à mélanger un volume de jus ruminal filtré avec deux volumes de solution de salive artificielle. Dans nos essais nous avons utilisé 800 ml de salive artificielle pour 400 ml de liquide ruminal.

La saturation de l'inoculum en CO<sub>2</sub>, pour assurer les conditions d'anaérobiose, est assurée par une fermentation à la levure de bière.

#### c. Inoculation et incubation

De chaque substrat, 500mg d'échantillon préalablement broyée, sont pesés dans une seringue en polypropylène de 60ml, préalablement stérilisée et préchauffée à 39°C. Les seringues sont inoculées par 50ml d'inoculum, ensuite incubées dans un bain marie réglé à 39°C pendant 48 heures (figure 3). La température sera régulièrement contrôlée et les seringues seront agitées deux fois par jour.

Chaque échantillon est incubé en triple par essai. L'incubation d'un témoin (sans prise d'essai) permet la correction des résultats. Le pH de la salive artificielle est mesuré directement avant et après l'ajout du liquide ruminal filtré, à l'aide d'un pH mètre préalablement étalonné.



**Figure 3** : Le dispositif de la fermentation

- **Lecture du volume de gaz produit**

Le suivi de la cinétique de fermentation est effectué par la mesure volumétrique de la production de gaz. Le déplacement du piston de la seringue dû à la production de gaz est noté après 2, 4, 6, 8, 12, 24, 30 et 48 heures d'incubation.

### 3.2.2.3 Calcul de la digestibilité

Les volumes de gaz enregistrés pour chaque cultivar vont nous aider à calculer la digestibilité de sa matière organique selon l'équation suivante, établie par Close et Menke (1986) :

$$\text{dMO}(\%) = 14.88 + 0.889 \text{ GP} + 0.45 \text{ MAT} + 0.0651 \text{ MM}$$

Avec GP : quantité de gaz produit après 24 heures d'incubation.



### 3.2.3 Méthode *in vitro* de Tilley et Terry

#### 3.2.3.1 Principe

C'est une tentative de reproduction des conditions ruminales *in vitro* par incubation d'un échantillon d'aliment dans un mélange de jus de rumen et de salive artificielle pendant 48 heures (selon Mc Dowell, 1988 ), puis dans une solution de pepsine acide (selon Tilley et Terry, 1963) à 39°C pendant 48 heures, pour simuler la phase intestinale de la digestion. Le pourcentage de la matière organique disparu à l'issue de cette double incubation représente la digestibilité de la matière organique.

#### 3.2.3.2 Mode opératoire

##### a. Digestion avec le mélange salive artificielle - jus de rumen

Cette phase a été réalisée en suivant les mêmes étapes que la méthode de gaz test pour la collecte, la préparation de l'inoculum et l'incubation.

##### b. Digestion par la pepsine acide

Après les 48 heures de digestion ruminale, on ajoute directement dans chaque seringue 4 cm<sup>3</sup> de solution d'acide chlorhydrique dilué, puis 5 ml de solution de pepsine. Les seringues sont de nouveau laissées en incubation à 39° pendant 48 heures en agitant deux fois par jour.

##### c. Filtration

Après 48 heures de digestion pepsique, le contenu de chaque seringue est filtré sur un creuset filtrant préalablement taré. Les creusets sont par la suite mis dans un four à moufle à 550°C.

#### 3.2.3.3 Formule et calcul

Le pourcentage de l'échantillon disparu après calcination du creuset représente la digestibilité de sa matière organique. Elle est calculée par l'équation suivante (Tilley et Terry, 1963) :

$$dMO = \frac{PE \times \frac{MS}{100} \times \frac{MO}{100} - RO + ROT}{PE \times \frac{MS}{100} \times \frac{MO}{100}}$$

### **3.3 Analyses statistiques**

Les données recueillies pour les caractères étudiés sur les seize variétés ont été soumises à une analyse de la variance avec le test d'ANOVA, pour évaluer la signification de l'effet au seuil  $P < 0,05$  par rapport à la plus petite différence significative avec les tests de Newman-Keuls et Fisher LSD.

Une analyse en composantes principales (ACP) pour la corrélation des différents paramètres.

Les différentes analyses sont faites par le logiciel XLSTAT 2012.

*Chapitre IV*  
*Résultats et discussion*

## Chapitre IV : Résultats et discussion

### 4.1 Préviation de la valeur nutritive par la méthode chimique

#### 4.1.1 Analyse fourragère

Les résultats de l'analyse fourragère des seize cultivars étudiés sont répertoriés dans le tableau VI. Nous avons entrepris la détermination des paramètres essentiels de la composition chimique (MS, MO, MAT, CB, MM, MMin, NDF et ADF), qui permettront d'estimer la valeur nutritive des cultivars.

##### 4.1.1.1 Teneur en matière sèche

Les résultats montrent que quel que soit le cultivar étudié et son numéro de coupe, la teneur en matière sèche demeure élevée car dépassant 85%, valeur comparable à la moyenne publiée par l'INRA (2007). La plus faible teneur est de 85,26% enregistrée pour le cultivar Magali en 2<sup>e</sup> coupe et la plus forte est de 96 % pour le cultivar Ameristand en 4<sup>e</sup> coupe. Le cultivar local Tamantit présente une valeur assez élevée en MS soit 95,80% en troisième coupe.

Plusieurs auteurs ont publié des résultats proches des nôtres. Chibani et *al.* (2010) enregistrent un poids sec de 88,5 % pour le foin de luzerne et de 91,1% pour la luzerne déshydratée.

Il semblerait que ces teneurs élevées en MS soient liées aux conditions de la déshydratation et aux pertes de feuilles lors de la conservation des échantillons.

En revanche, nos résultats sont nettement supérieurs à ceux rapportés par Jarrige et *al.* (1995), qui enregistrent une teneur en MS de 80%.



## Chapitre IV : Résultats et discussion

**Tableau VI :** Variation de la composition chimique des cultivars étudiés en fonction de la coupe.

Cultivar	N° de coupe	MS, %	MO,%MS	MAT, %MS	CB, %MS	NDF,%MS	ADF, %MS	MM, %MS	MM <sub>ins</sub> , %MS
Cultivar 1 Ecotipo Siciliano	Coupe 1	93.60 ab	85.96 a	27.11 bcd	23.89 a	45.73 a	28.53 a	14.02 b	4.40 ab
	Coupe 2	90.33 ab	88.99 a	25.37 bcd	29.80 a	49.13 a	31.95 a	11.00 b	7.86 ab
	Coupe 3	94.40 ab	87.18 a	20.44 bcd	32.82 a	50.87 a	33.70 a	12.77 b	4.73 ab
	Coupe 4	92.00 ab	87.31 a	19.24 bcd	38.11 a	53.91 a	36.76 a	12.68 b	7.09 ab
Cultivar 2 prosomentti	Coupe 1	88.50 b	85.82 ab	26.24 bcd	16.10 a	41.25 a	24.02 a	14.17 ab	2.73 ab
	Coupe 2	87.33 b	86.55 ab	22.74 bcd	21.96 a	44.62 a	27.41 a	13.44 ab	4.9 0ab
	Coupe 3	94.70 b	86.96 ab	21. 91 bcd	36.14 a	52.78 a	35.62 a	13.03 ab	6.33 ab
	Coupe 4	91.80 b	89.31 ab	21.02 bcd	37.83 a	53.75 a	36.60 a	10.67 ab	6.12 ab
Cultivar 3 ABT 805	Coupe 1	92.10 b	87.45 ab	30.60 bcde	15.42 a	40.86 a	28.49 a	12.55 ab	4.43 ab
	Coupe 2	85.93 b	86.05 ab	20.85 bcde	23.83 a	45.70 a	36.19 a	13.95 ab	5.43 ab
	Coupe 3	92.25 b	87.05 ab	20.44 bcde	37.13 a	53.35 a	37.15 a	12.95 ab	6.73 ab
	Coupe 4	92.00 b	87.87 ab	17.53 bcde	38.72 a	54.30 a	38.35 a	12.11 ab	5.53 ab
Cultivar 4 Ameristand	Coupe 1	91.00 a	88.90 ab	22.72 def	19.42 a	43.16 a	25.94 a	11.10 ab	3.93 ab
	Coupe 2	94.40 a	85.73 ab	21.87 def	22.71 a	45.50 a	27.84 a	14.26 ab	3.86 ab
	Coupe 3	94.50 a	87.16 ab	20.12 def	37.59 a	53.61 a	36.46 a	13.00 ab	9.40 ab
	Coupe 4	96.00 a	87.37 ab	20.12 def	42.05 a	56.17 a	39.04 a	12.62 ab	5.97 ab
Cultivar 5 Mamuntanas	Coupe 1	92.25 ab	87.69 a	22.75 def	18.55 a	42.66 a	25.44 a	12.27 a	3.93 a
	Coupe 2	89.60 ab	86.67 a	21.87 def	23.49 a	45.50 a	28.30 a	13.32 a	5.86 a
	Coupe 3	95.00 ab	88.43 a	20.01 def	36.53 a	53.00 a	35.85 a	11.56 a	10.2 a
	Coupe 4	94.00 ab	88.61 a	19.25 def	40.40 a	55.23 a	38.09 a	11.38 a	6.22 a
Cultivar 6 Tamantit	Coupe 1	91.00 ab	83.59 ab	23.64 cdef	21.07 a	44.11 a	29.89 a	16.40 ab	4.66 ab
	Coupe 2	90.00 ab	87.07 ab	21.87 cdef	27.11 a	47.58 a	30.39 a	12.92 ab	4.36 ab
	Coupe 3	95.80 ab	83.07 ab	19.27 cdef	37.42 a	53.51 a	36.36 a	16.52 ab	5.16 ab
	Coupe 4	92.40 ab	88.61 ab	18.69 cdef	38.32 a	54.03 a	36.88 a	11.38 ab	6.41 ab
Cultivar 7 Sardi 10	Coupe 1	93.25 b	85.61 ab	23.63 ef	18.59 a	42.69 a	25.46 a	14.37 ab	4.4 ab
	Coupe 2	88.60 b	86.66 ab	20.40 ef	21.89 a	44.58 a	27.37 a	13.33 ab	6.06 ab
	Coupe 3	95.40 b	85.37 ab	19.24 ef	37.02 a	53.28 a	36.13 a	14.62 ab	5.13 ab
	Coupe 4	92.20 b	88.74 ab	17.51 ef	40.51 a	54.28 a	38.15 a	11.24 ab	5.82 ab
Cultivar 8 Siriver	Coupe 1	90.20 b	86.90 ab	23.62 cdef	23.96 a	45.77 a	28.57 a	13.10 ab	5.76 ab
	Coupe 2	86.00 b	86.13 ab	21.21 cdef	26.16 a	47.04 a	29.84 a	13.86 ab	6 ab
	Coupe 3	94.90 b	84.67 ab	20.25 cdef	34.09 a	51.60 a	34.43 a	15.32 ab	5.86 ab
	Coupe 4	92.40 b	87.79 ab	19.43 cdef	42.46 a	56.41 a	39.24 a	12.19 ab	4.73 ab
Cultivar 9 Africaine	Coupe 1	88.50 b	85.32 ab	21.11 ef	25.71 a	46.78 a	29.58 a	14.67 ab	4.1 ab
	Coupe 2	88.00 b	85.81 ab	21.07 ef	30.11 a	49.31 a	32.13 a	14.23 ab	5.1 ab
	Coupe 3	94.30 b	85.92 ab	21.07 ef	30.38 a	49.46 a	32.29 a	14.07 ab	6.73 ab
	Coupe 4	93.20 b	87.21 ab	19.25 ef	36.78 a	53.14 a	35.99 a	12.78 ab	6.01 ab

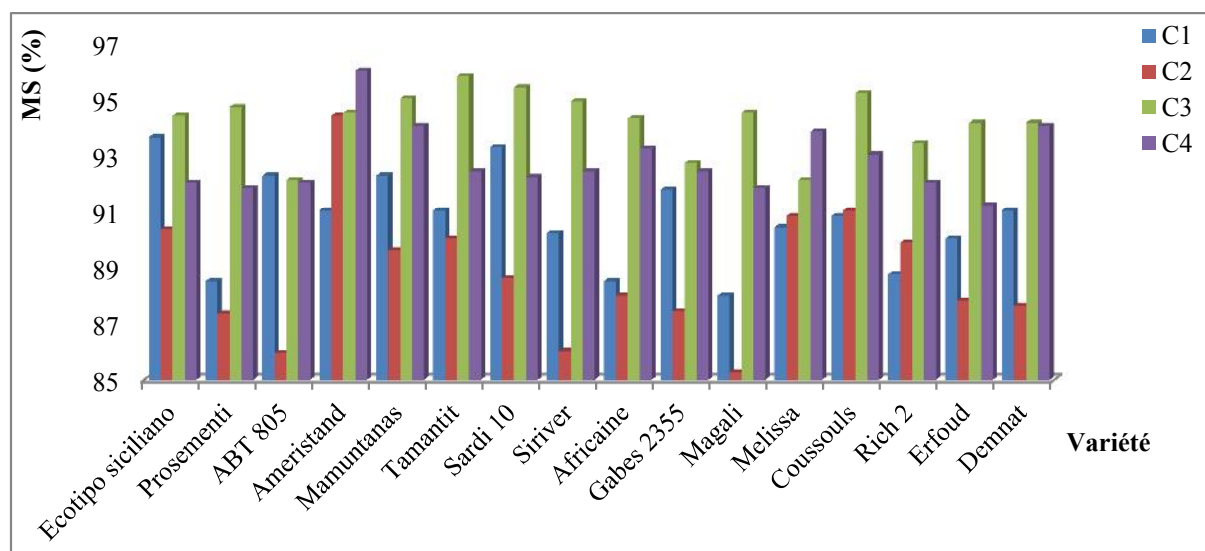
## Chapitre IV : Résultats et discussion

Cultivar 10 Gabes 2355	Coupe 1	91.75 b	84.60 b	23.66 ef	21.58 a	44.40 a	27.19 a	15.40 ab	3.46 ab
	Coupe 2	87.40 b	82.90 b	22.74 ef	23.23 a	45.35 a	28.15 a	16.20 ab	5.1 ab
	Coupe 3	92.70 b	85.56 b	19.22 ef	38.13 a	53.92 a	36.77 a	14.44 ab	5.23 ab
	Coupe 4	92.40 b	86.92 b	18.36 ef	39.27 a	54.58 a	37.43 a	13.07 ab	5.86 ab
Cultivar 11 Magali	Coupe 1	88.00 b	85.66 ab	28.04 bc	18.27 a	42.50 a	25.27 a	14.33 b	3.73 b
	Coupe 2	85.26 b	85.88 ab	22.75 bc	20.80 a	43.96 a	26.74 a	14.11 b	2.96 b
	Coupe 3	94.50 b	80.10 ab	21.43 bc	30.02 a	49.26 a	32.08 a	17.50 b	5.36 b
	Coupe 4	91.80 b	89.22 ab	21.22 bc	31.64 a	50.19 a	33.01 a	10.76 b	5.76 b
Cultivar 12 Melissa	Coupe 1	90.40 ab	85.57 ab	21.10 f	15.16 a	40.71 a	23.47 a	14.42 ab	4.46 ab
	Coupe 2	90.80 ab	84.82 ab	19.27 f	22.28 a	44.81 a	27.60 a	15.17 ab	6.66 ab
	Coupe 3	92.10 ab	88.25 ab	18.58 f	37.23 a	52.36 a	35.20 a	11.75 ab	4.2 ab
	Coupe 4	93.80 ab	88.49 ab	18.31 f	35.42 a	53.40 a	36.25 a	11.50 ab	5.99 ab
Cultivar 13 Coussouls	Coupe 1	90.80 ab	85.10 ab	31.48 a	17.78 a	42.33 a	25.11 a	14.90 ab	2.8 ab
	Coupe 2	91.00 ab	85.42 ab	25.35 a	21.71 a	44.48 a	27.27 a	14.57 ab	5.7 ab
	Coupe 3	95.20 ab	84.95 ab	24.45 a	34.23 a	51.68 a	35.51 a	15.06 ab	4.66 ab
	Coupe 4	93.00 ab	88.05 ab	23.04 a	37.95 a	53.82 a	36.67 a	11.93 ab	6.65 ab
Cultivar 14 Rich 2	Coupe 1	88.75 b	87.90 ab	27.10 a	17.10 a	41.83 a	24.60 a	12.15 ab	6.03 ab
	Coupe 2	89.86 b	85.75 ab	23.60 a	28.68 a	48.49 a	31.30 a	14.24 ab	7.1 ab
	Coupe 3	93.40 b	85.27 ab	22.10 a	36.67 a	53.08 a	35.93 a	14.72 ab	5.33 ab
	Coupe 4	92.00 b	88.25 ab	20.91 a	41.38 a	55.79 a	38.65 a	11.73 ab	5.42 ab
Cultivar 15 Erfoud	Coupe 1	90.00 ab	86.42 ab	26.25 ab	15.35 a	40.82 a	23.58 a	13.75 ab	3.33 ab
	Coupe 2	87.80 ab	87.67 ab	25.34 ab	17.80 a	42.23 a	25.00 a	12.32 ab	5.3 ab
	Coupe 3	94.10 ab	82.57 ab	25.34 ab	37.26 a	53.42 a	36.27 a	11.42 ab	5.5 ab
	Coupe 4	91.20 ab	89.02 ab	19.18 ab	44.95 a	57.84 a	40.72 a	10.97 ab	5.28 ab
Cultivar 16 Demnat	Coupe 1	91.00 ab	85.75 b	30.99 bcde	22.83 a	45.12 a	27.91 a	14.32 b	3.2 b
	Coupe 2	87.60 ab	87.75 b	20.85 bcde	26.07 a	46.99 a	29.79 a	12.25 b	4.63 b
	Coupe 3	94.10 ab	82.10 b	20.01 bcde	34.77 a	51.95 a	34.83 a	11.90 b	3.9 b
	Coupe 4	94.00 ab	87.65 b	17.53 bcde	37.83 a	53.75 a	36.60 a	12.33 b	4.84 b
Moyenne		91.60	86.46	22.05	29.67	49.05	32.17	13.29	5.21
Ecart type		2.63	1.83	3.21	8.83	5.05	5.04	1.55	1.26

Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5

Le numéro de coupe semble avoir un effet favorable sur la teneur en MS (figure 4). En effet pour tous les cultivars, la plus grande production est obtenue lors de la 3<sup>e</sup> coupe, à l'exception des cultivars Melissa et Ameristand, pour les quels c'est la quatrième coupe qui offre les teneurs en MS les plus élevées. Alors que les taux les plus faibles sont observés pour la deuxième coupe, pour la plus part des cultivars, à l'exception de Ameristand et Melissa où une progression graduelle avec le numéro de coupe est observée.

Nos résultats concordent avec ceux de l'INRA (2007), dans le cas où on observe une réduction de la teneur en MS puis une adaptation de la plante au cours de son 3<sup>e</sup> cycle. La teneur en MS de la 2<sup>e</sup> coupe pourrait être pénalisée par une 1<sup>e</sup> coupe trop précoce, en effet selon les résultats publiés par l'INRA (2007), le rendement augmente quand on retarde le stade de récolte.



**Figure 4 :** Variation de la teneur en MS (%) des cultivars par coupe.

L'analyse de la variance avec un seuil de signification de 5 % et avec le test Fisher révèle une différence non significative entre les seize cultivars et fait ressortir deux groupes homogènes : le groupe A contenant le cultivar Ameristand avec une teneur de 95.69% et le groupe B contenant les cultivars Africaine, Rich 2, Gabes 2355, Magali, Sardi 10, Siriver, ABT 805 et Prosomentti.



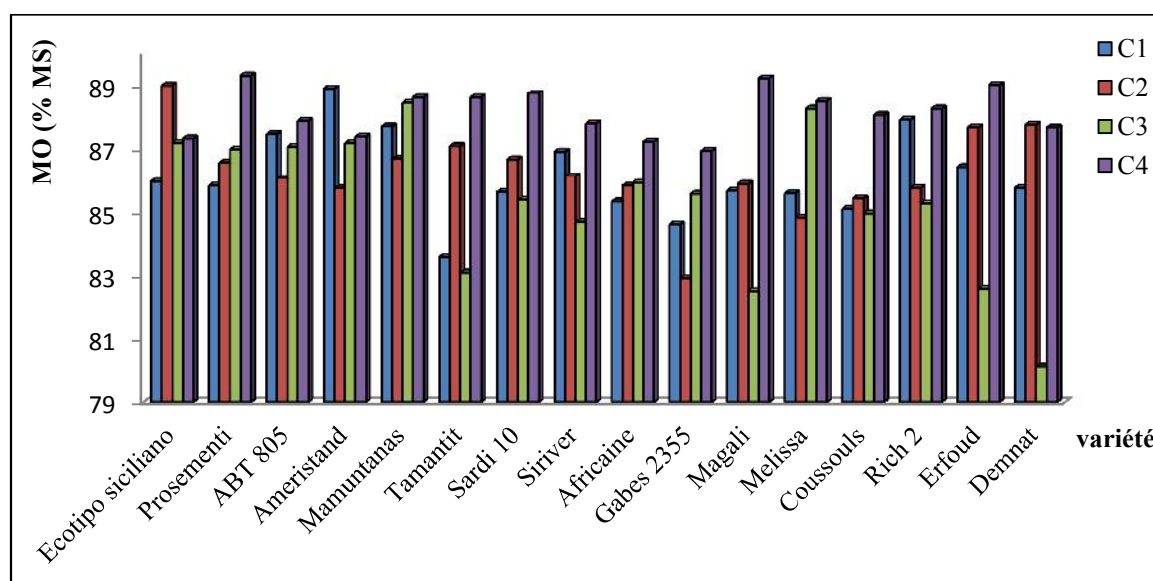
Alors que nos observations concernant l'effet de la coupe sont confirmées par l'analyse statistique qui a révélé une différence très hautement significative ( $P < 0,0001$ ) et a classé la troisième coupe dans le groupe A avec une moyenne de  $96,02 \pm 2,63\%MS$  et la deuxième coupe dans le groupe B avec une moyenne de  $92,20 \pm 2,63\%MS$ , la troisième et la quatrième coupe sont classées dans un groupe intermédiaire.

#### 4.1.1.2 Teneur en matière organique

Les cultivars étudiés présentent tous, des taux élevés en matière organique. La valeur la plus élevée est notée pour le cultivar Prosementi, en quatrième coupe ( $89,31\%MS$ ). La valeur la plus faible est observée chez le cultivar Magali en troisième coupe ( $80,10\%MS$ ), alors que Chaabena et Abdelguerfi (2004) ont enregistré une valeur de  $87,5\%MS$  pour le même cultivar.

Chibani et *al.* (2010) enregistrent des teneurs en matière organique inférieures aux nôtres, soit  $77,8\%MS$  pour le foin de luzerne et  $80,7\%MS$  pour la luzerne déshydratée.

Concernant l'effet de la coupe, on constate que le 4<sup>e</sup> cycle permet de produire plus de MO, à l'exception des cultivars Ecotipo Siciliano où c'est la 2<sup>e</sup> coupe qui offre les teneurs les plus élevées et Ameristand où c'est la 1<sup>e</sup> coupe qui présente la teneur la plus élevée (figure 5), bien que l'analyse de la variance n'a révélé aucune différence significative entre les quatre coupes.



**Figure 5 :** Variation de la teneur en MO (%MS) des cultivars par coupe.

Selon Mauriès (1994), les variations de la production en MO d'une coupe à une autre ne représentent que des systèmes de compensation de la production d'une plante pérenne : ce qu'elle gagne dans un cycle le perd dans l'autre et vis-versa.

L'analyse de la variance réalisée n'a révélé aucune différence significative entre les cultivars. Le test de Fisher a décelé deux groupes homogènes, le premier contenant les cultivars Mamuntanas et Ecotipo siciliano et le deuxième les cultivars Gabes 2355 et Demnat.

### 4.1.1.3 Teneur en matières minérales

Selon les résultats de Python et *al.* (2009), le contenu en matière minérale est appréciable pour tous les cultivars. Magali en troisième coupe présente la valeur la plus élevée (17.5% MS) par rapport à Prosementi en 4<sup>e</sup> coupe (10.67%). Ce résultat est analogue à celui trouvé par Chibani et *al.* (2010), soit de 10.7% et 10.5% de MS respectivement pour le foin de luzerne et la luzerne déshydratée.

En revanche, nos résultats semblent être, en moyenne, supérieurs à ceux rapportés par Ballard (2009b), qui enregistre une teneur Maximum de 12% et une teneur Minimum de 9% pour la variété Marshal en 2<sup>e</sup> coupe. Cette différence peut être expliquée par le fait que nos variétés sont cultivées sur des sols relativement riches en sels (Bellague, 2010).

Chaabena et Abdelguerfi (2004), affichent une teneur en MM totales légèrement inférieure, soit 12% de MS avec le cultivar Magali contre une moyenne de 14, 17 pour le même cultivar dans nos analyses.

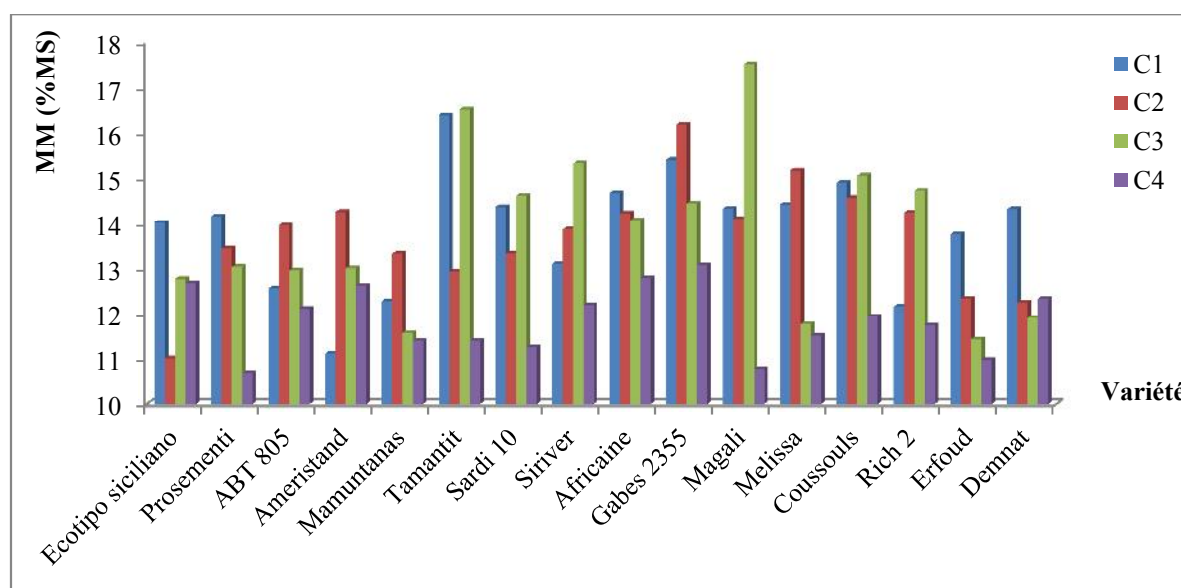
Selon Jordan et Müller (1980), la variation intra spécifique des teneurs en substances minérales peut être attribuée à la capacité pour chaque cultivar de puiser des nutriments plus ou moins profondément.

Il est bien connu que le système racinaire joue un rôle d'encrage dans le sol, mais également d'absorption d'eau et d'éléments minéraux par la plante. A ce titre, le degré de ramification des racines qui assurent le contact avec le milieu joue un rôle important à considérer. Ainsi, Burch et Jones (1978) ont noté la relation étroite qui existe entre la quantité d'eau et d'éléments minéraux absorbés par la plante et la longueur de ses racines présentes par unité de volume de sol.

L'analyse de la variance n'a pas décelé une différence significative entre les cultivars, cependant le test Fisher a donné deux groupes homogènes : le premier (A) contenant les cultivars Demnat et Gabes 2355 avec une grande teneur en MM et le groupe B contenant les cultivars Ecotipo siciliano et Mamuntanas avec les teneurs les plus faibles. Le cultivar local se situe dans un groupe intermédiaire.

Il est à remarquer que les cultivars ayant une grande teneur en matière sèche, présentent le taux le plus faible en MM ce qui concorde avec Meschy et Gueguen (1995) ; qui admettent que plus la plante accumule de la matière sèche plus la teneur en minéraux diminue, ce qui confirme les variations déjà observées.

L'observation de la figure 6 qui représente la variation de la teneur en matières minérales totales en fonction du numéro de coupe, montre qu'il existe des différences entre les quatre coupes. C'est la coupe 4 qui, contrairement à la teneur en MO, offre les teneurs les plus faibles.



**Figure 6 :** Variation de la teneur en MM (%MS) des cultivars par coupe.

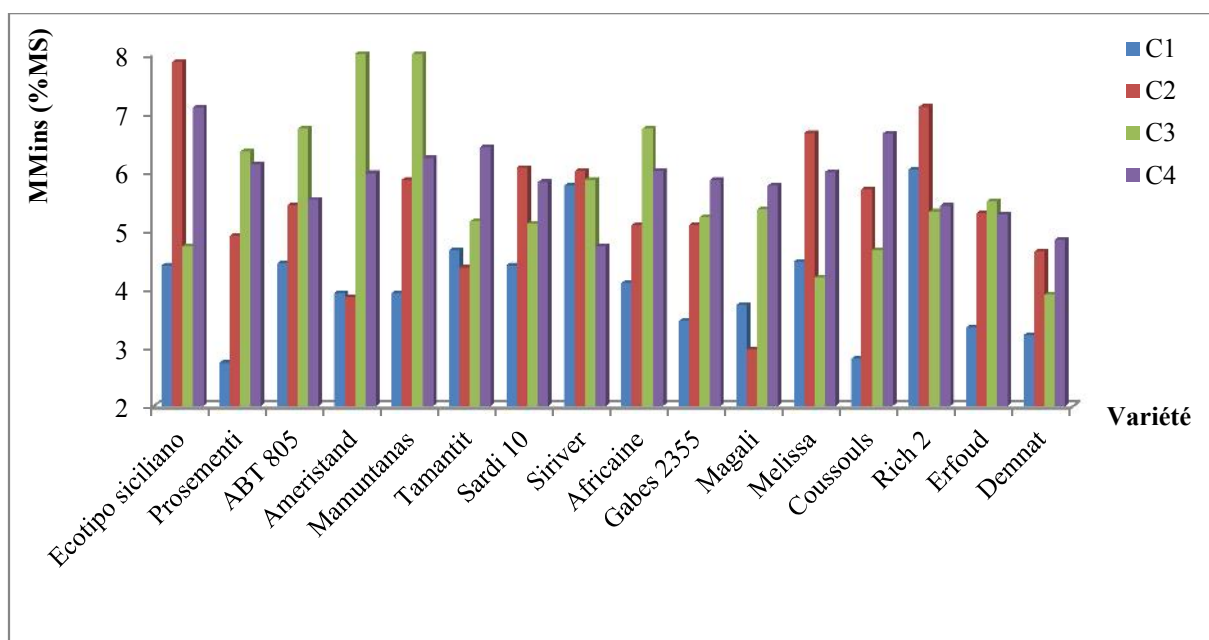
En effet Chebouti et *al.* (2000), confirment que le taux de la MM et de la MO évoluent dans des sens opposés. Ceci a été confirmé par l'analyse de la variance avec un seuil de signification de 5% qui a décelé une différence très hautement significative ( $P < 0,0001$ ) et a fait ressortir deux groupes homogènes dont les trois premières coupes ont été classées dans le groupe A avec une teneur élevée en MM alors que la quatrième coupe a été classée dans le groupe B avec une teneur relativement faible.

#### 4.1.1.4 La teneur en cendres insolubles

Les cendres insolubles représentent la fraction minérale non assimilable du fait de sa forte insolubilité ; un taux élevé en insoluble chlorhydrique dans un aliment pourrait constituer un élément de jugement négatif sur sa qualité.

La différence en composition minérale totale observée au préalable, pourrait être due en grande partie à la variation de la teneur en minéraux insolubles (figure 7), de ce fait les mêmes interprétations peuvent être apportées pour ces derniers.

Prosementi et Coussouls, en 1<sup>e</sup> coupe, sont plus pauvres en cendres insolubles dans l'acide (2,73 et 2,80% MS) contrairement à Mamuntanas et Ameristand en 3<sup>e</sup> coupe (10.2% et 9.4 MS).



**Figure 7 :** Variation de la teneur en MM ins (% MS) des cultivars par coupe.

L'analyse statistique à un seuil de signification de 0.05 n'a pas révélé une différence significative entre les cultivars. Le test Fisher a décelé deux groupes homogènes, le groupe A renfermant le cultivar Mamuntanas avec une valeur de 6.55% de MS et le groupe B contenant les cultivars Magali et Melissa.

Simultanément à la teneur en MM totales, l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les coupes ( $P < 0,0001$ ) et a classé la deuxième, la troisième et la quatrième coupe dans le groupe A et la première coupe dans le groupe B.

#### 4.1.1.5 La teneur en protéines

Tous les cultivars apparaissent riches en protéines en tenant compte des résultats de Journet (1992), qui montrent que les luzernes déshydratées ont de très hautes teneurs en MAT (de 22 à 24% MS) pouvant même atteindre des valeurs semblables à celles d'un tourteau de tourne sol (35%MS).

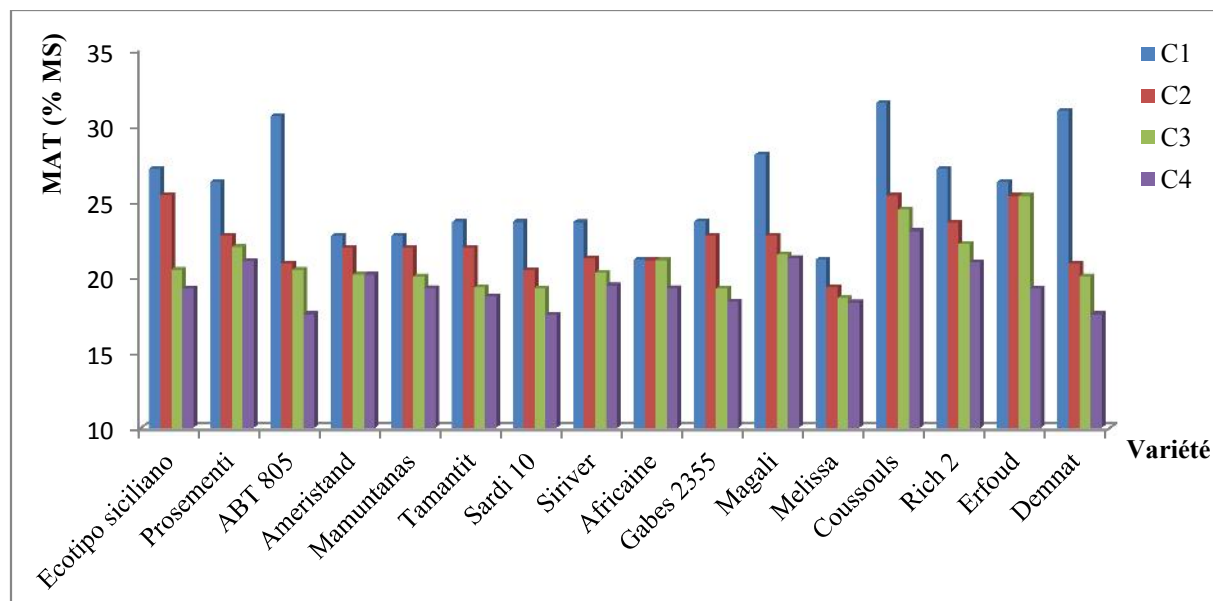
En effet, le contenu azoté de nos cultivars varie entre les valeurs extrêmes de 17,51% MS et 31,48% MS, où les taux les plus faibles sont enregistrés pour Sardi 10 et ABT 805 en 4<sup>e</sup> coupe soient respectivement de 17.51%MS et 17.53% MS. Alors que les valeurs les plus élevées sont enregistrées pour Coussouls en première coupe où on enregistre une teneur de 31,48%MS, c'est une valeur très intéressante comparée aux résultats publiés par Jarrige et *al.* (1995) pour les feuilles de luzerne (22.5-31% MS),

Alors que par rapport aux résultats de Chibani et *al.* (2010), qui enregistrent un contenu en protéines de 16.8% de MS pour le foin de luzerne, nos valeurs semblent encore plus intéressantes. De même Thiebeau et *al.* (2001) et Thiebeau et *al.* (2003) affichent des teneurs en protéines de la luzerne inférieures à la teneur de la majorité de nos cultivars, soient respectivement de 19,4 et de 17 à 23 % de MS.

Ballard (2009b), travaillant sur la variété Marshal préfanée en 2<sup>e</sup> coupe, enregistre une teneur en MAT de 18.5 % de MS. Cette valeur faible par rapport à nos valeurs, est due probablement, au préfanage qui entraîne une perte de feuilles au champ, la composition des feuilles étant différente de celle des tiges, notamment pour la matière azotée.

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les variétés ( $P < 0,0001$ ) et a décelé avec le test Fisher six groupes homogènes dont le premier groupe contient les cultivars Coussouls, Demnat et Erfoud et le dernier groupe contient seulement le cultivar le moins riche en MAT (Melissa) avec une valeur de 19.25% de MS.

Concernant l'effet de la coupe (figure 8), nous constatons que la teneur en MAT évolue dans le même sens pour tous les cultivars où les teneurs les plus importantes sont observées pour la 1<sup>e</sup> coupe puis elles diminuent progressivement pour les coupes suivantes.



**Figure 8 :** Variation de la teneur en MAT (% MS) des cultivars par coupe.

Les coupes printanières présentent, pour tous les cultivars, les valeurs les plus élevées, comparativement à la coupe d'été, en particulier pour les variétés ABT 805, Magali, Coussouls et Demnat. En effet, d'après Thiebeau et *al.* (2001), Le stress hydrique des plantes joue un rôle important sur la teneur en azote en réduisant la production de biomasse et la fixation symbiotique, ce qui pénalise fortement la teneur en azote.

En suivant l'accumulation de l'azote dans les feuilles et dans les tiges d'un peuplement de luzerne, lors de la pousse de printemps et des différentes repousses estivales, Lemaire et *al.* (1985), ont pu montrer que la consommation d'azote par les feuilles était indépendante du numéro de la repousse tandis que celle des tiges diminuait du printemps à l'été.

Cependant, selon Schouffet (2004), L'augmentation de la fréquence de coupes réduit le tonnage produit en matière sèche sans pénaliser la production de protéines à l'hectare.

Selon Lemaire et Allirand (1993), les différences de prélèvement d'azote entre la pousse de printemps et les repousses d'été se trouvent expliquées par une évolution différente du rapport feuilles/tiges, sachant que l'azote est particulièrement concentré dans les feuilles, et que les basses températures (cas des coupes printanières) ont tendance à limiter plus fortement la croissance des tiges que la celle des feuilles.

En outre, Lemaire et Gastal (1997) et Lemaire (2006), confirment que l'accumulation de l'azote (protéines) dans les parties aériennes est proportionnelle à l'expansion de l'indice foliaire de la culture.

Ces constatations sont confirmées par l'analyse de la variance qui décèle trois groupes homogènes : le groupe A avec la première coupe et une moyenne de  $25.79 \pm 3.61\%$ MS, le groupe B avec la deuxième coupe et une moyenne de  $22.30 \pm 3.61\%$ MS. Le troisième groupe C renferme la troisième et la quatrième coupe avec des moyennes de 20.21 et  $19.41 \pm 3.61\%$ MS de protéines respectivement.

#### **4.1.1.6 La teneur en parois**

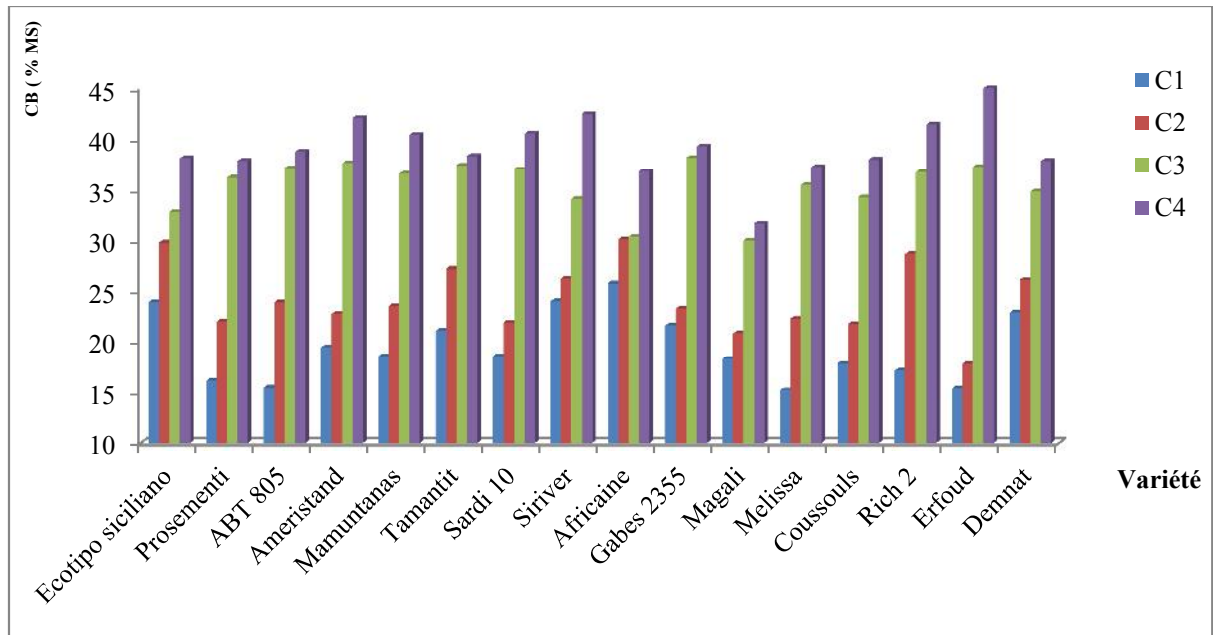
##### **4.1.1.6.1 Teneur en cellulose brute**

La cellulose représentant la paroi cellulaire végétale utilisée par les microorganismes du rumen comme source principale des acides gras volatils, est abondante dans tous nos cultivars allant d'une valeur de 15,16 %MS pour Melissa en 1<sup>e</sup> coupe, à 44,95 %MS pour Erfoud en 4<sup>e</sup> coupe. Jarrige et *al.* (1995) affichent une teneur moyenne de 33.5%MS pour la luzerne déshydratée, valeur comparable à la moyenne enregistrée pour nos cultivars, légèrement supérieure à celle trouvée par Aufrere (1982), qui varie de 20.2% MS à 29 %MS.

Cependant, nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Ballard (2009b), sur la variété Marshal, dont la teneur en CB varie de 32%MS à 37% MS.

Concernant l'effet de la coupe (figure 9), nous constatons que pour l'ensemble des cultivars et contrairement à l'évolution de la MAT, la teneur en CB augmente progressivement avec le numéro de coupe, où les teneurs les moins élevées sont observées lors de la 1<sup>e</sup> coupe puis elles augmentent progressivement pour les coupes suivantes.

La matrice des corrélations réalisée (annexe 3) révèle une corrélation positive entre la cellulose brute et la matière sèche ( $r=0,59$ ). La différence apparaît plus nettement dans le cercle de corrélation (annexe 4) où la cellulose brute et la matière sèche sont situées du même côté, opposées à la teneur en MAT.



**Figure 9 :** Variation de la teneur en CB (% MS) des cultivars par coupe.

#### 4.1.1.6.2 Teneur en NDF

La fraction NDF représentant la paroi totale, varie entre les valeurs extrêmes de 40.71 et 57.84% MS. La teneur la plus élevée est enregistrée pour le cultivar Erfoud en 4<sup>e</sup> coupe et la teneur la plus faible pour Melissa en 1<sup>e</sup> coupe ce qui confirme les résultats pour la CB.

Ces taux relativement élevés des cultivars étudiés ne sont pas surprenants du fait que dans des conditions de stress hydrique, comme c'est le cas de nos conditions de culture (Bellague, 2010), les fourrages présentent une physiologie particulière produisant plus de fibres et entraînant une lignification précoce.

Nos résultats ne sont pas loin de ceux enregistrés par Ballard (2009b), qui a déterminé la valeur alimentaire de la variété Marshal en 2<sup>e</sup> coupe et qui note une teneur Maximale en NDF de 48.5% et une teneur Minimale de 46%.

Concernant l'effet de coupe, les mêmes observations que pour la cellulose brute peuvent être constatées, où on observe une progression de la teneur en NDF avec le numéro de coupe (figure 10).



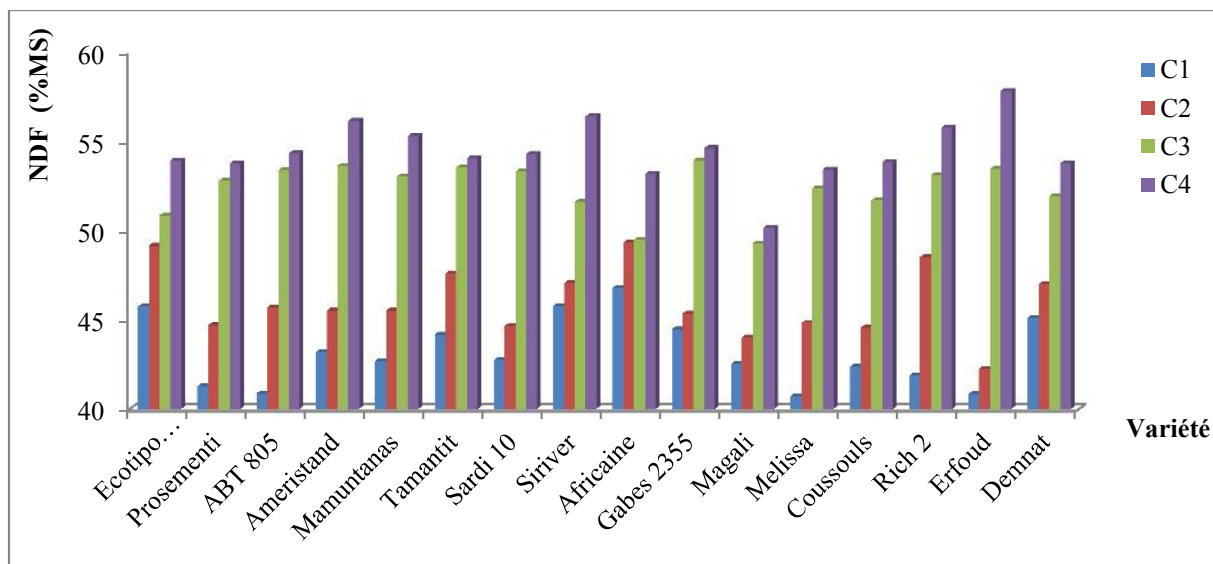


Figure 10 : Variation de la teneur en NDF (% MS) des cultivars par coupe.

#### 4.1.1.6.3 Teneur en ADF

La teneur en fibres acides constituant le complexe lignocellulotique de la paroi végétale des cultivars, varie entre une valeur de 40.72 %MS pour le cultivar Erfoud en 4<sup>e</sup> coupe et 23.47%MS pour le cultivar Melissa en 1<sup>re</sup> coupe ; la fourchette de nos résultats semble être plus large par rapport aux résultats de Ballard (2009b), qui affiche des teneurs variant de 36 % à 40%.

Parallèlement à l'évolution des teneurs en CB et en NDF, la teneur en ADF a tendance à augmenter progressivement avec le numéro de coupe (figure 11).

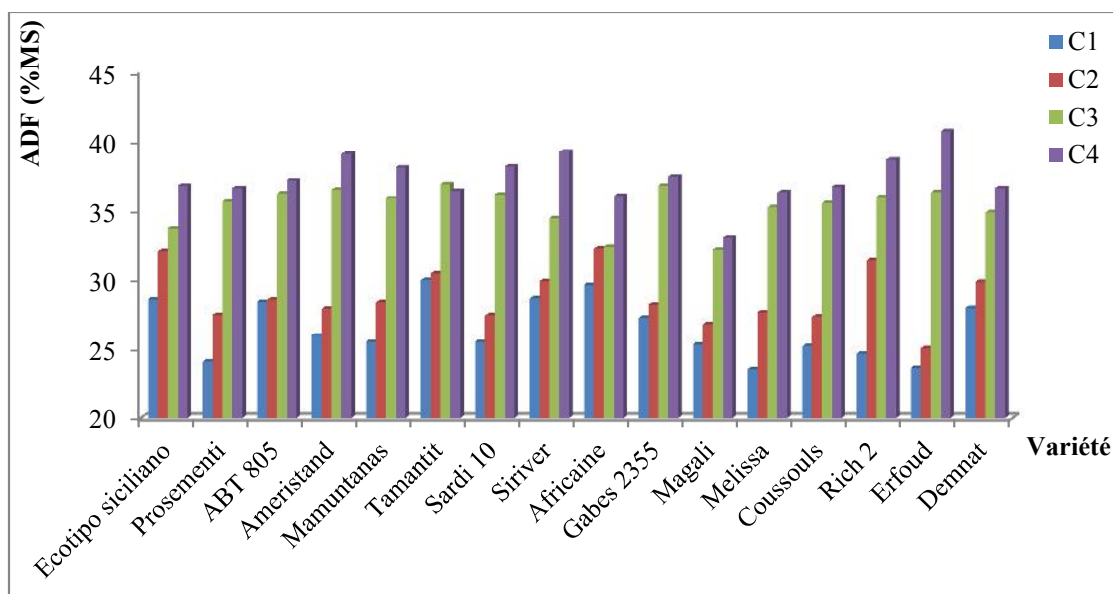


Figure 11 : Variation de la teneur en ADF (% MS) des cultivars par coupe.

La différence dans la teneur en parois totales observée entre les quatre coupes se trouve expliquée par une évolution différente du rapport feuilles/tiges, sachant que les tiges renferment plus de parois (Jarrige, 1981) et que les basses températures (coupes printanières) ont tendance à limiter plus fortement la croissance des tiges que celle des feuilles (Lemaire et Allirand, 1993), ce qui pénalise la teneur en parois pour les trois premières coupes par rapport à la 4<sup>e</sup> coupe.

De même, selon Demarquilly et Andrieu (1988), l'effet des conditions climatiques sur l'augmentation de la teneur en parois est renforcé par la sécheresse lorsque les températures et l'intensité lumineuse deviennent très importantes et la plante aura tendance à développer les tiges au dépend des feuilles, ce qui explique l'augmentation des parois pendant la 4<sup>e</sup> coupe estivale.

L'analyse de la variance avec le seuil de signification  $\alpha = 0.05$  n'a pas révélé une différence significative entre les cultivars. Alors que la différence entre les coupes était très hautement significative ( $P < 0,0001$ ). Le test de Fisher les a classés en trois groupes : le premier groupe (A) contient la troisième et la quatrième coupe. Le groupe (B) contient la deuxième coupe. La première coupe se trouve dans le troisième groupe (C).

#### **4.1.2 Digestibilité de la matière organique (dMO) estimée par la méthode chimique**

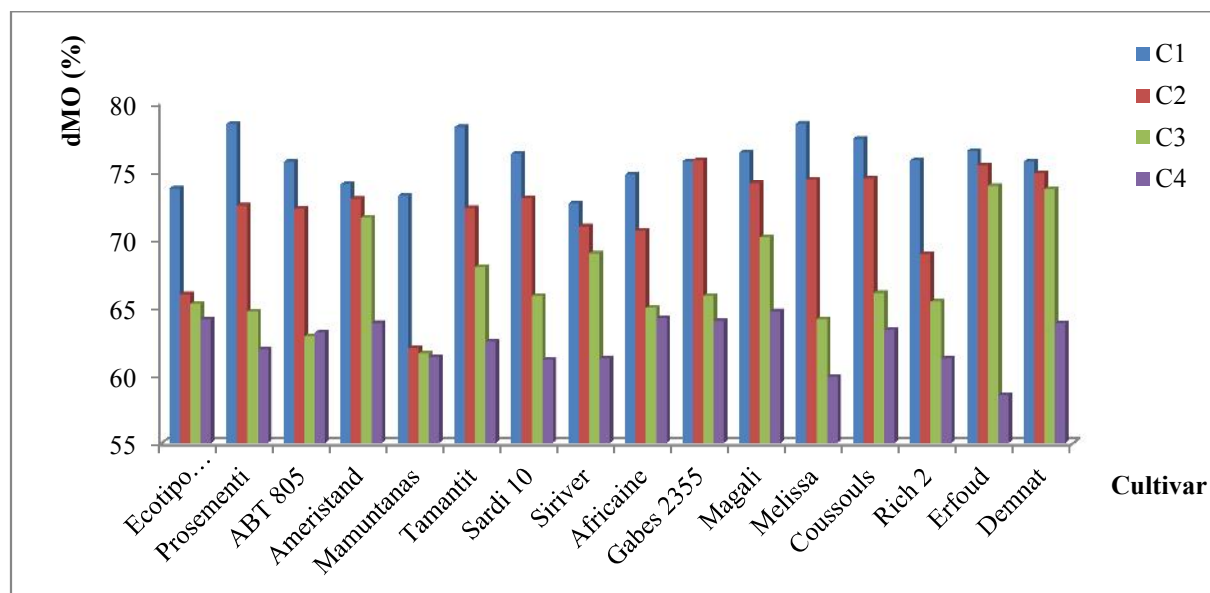
L'équation utilisée pour la détermination de la dMO et établies par Chibani et *al.* (2010), fait intervenir la teneur en ADF avec celle des matières minérales. Ainsi, ces auteurs indiquent que, prise seule, la teneur en ADF donne le modèle le plus satisfaisant pour la prédiction de la dMO, mais la précision et le coefficient de détermination sont améliorés de 10% en associant les ADF aux MM.

En outre, (Andrieu et Aufrere (1993), ont trouvés que la dMO *in vivo* de la plante entière de maïs chez le mouton est étroitement liée ( $r=0.981$ ) à sa teneur en NDF et que les constituants pariétaux sont les meilleurs prédicteurs de la dMO que les constituants cytoplasmiques.

La dMO des cultivars étudiés pour les différentes coupes varie de 58,24% à 78,09% avec une moyenne de  $69,27 \pm 6.93\%$ , ce qui est supérieure aux valeurs enregistrées par Ballard (2009b), soient une valeur maximale de 62,5% et une valeur minimale de 57,5% pour une luzerne déshydratée en 2<sup>e</sup> coupe.

Demarquilly et Andrieu (1992), affichent une valeur de dMO *in vivo* supérieure à nos résultats, soit de 80,9% mais pour une luzerne en vert. Les valeurs moins élevées de nos cultivars peuvent être dues à une perte de feuilles occasionnée par la déshydratation, étant donné que les feuilles contribuent en grande partie, selon Poncet et *al.* (2003), dans l'augmentation de la dMO par leur importante teneur en substances très digestibles.

Concernant l'effet de la coupe (figure 12), on remarque une régression progressive avec le numéro de celle-ci, ce qui concorde avec la bibliographie, dans la mesure où c'est l'augmentation de la teneur en parois, qui est responsable de la diminution de la digestibilité (Maurières, 1994).



**Figure 12** : variation de la dMO (%) des cultivars estimée par la méthode chimique.

Ces résultats sont confirmés par l'étude statistique, où l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les coupes ( $P < 0,0001$ ). De même, la matrice des corrélations réalisée (annexe 3), révèle une corrélation positive entre la teneur en MAT ( $r = 0,45$ ) et la teneur en MM ( $r = 0,63$ ) d'une part et la dMO d'autre part, et une corrélation négative entre le taux de la matière sèche ( $r = -0,53$ ) et le taux de la CB ( $r = -0,89$ ) d'une part et la dMO d'autre part.

Ces résultats corroborent avec ceux de la bibliographie. Ainsi, plusieurs auteurs rapportent l'existence d'étroites corrélations entre la digestibilité des aliments et leur composition chimique.

Van Soest (1982), note que la richesse en parois cellulaires a une influence négative sur la digestibilité. De même Ballard (2009b), montre qu'un accroissement des constituants pariétaux impliquerait une perte de 2 à 3 point de la dMO.

Notre étude montre que les cultivars Africaine et Magali qui ont une faible teneur en parois totales présentent aussi une bonne digestibilité. En effet, Andrieu et Weiss (1981), Safietou (1988), ainsi que Demarquilly et Andrieu (1992), confirment que la digestibilité et la valeur énergétique d'une plante donnée sont liées positivement à sa teneur en matières azotées et négativement à sa teneur en cellulose brute.

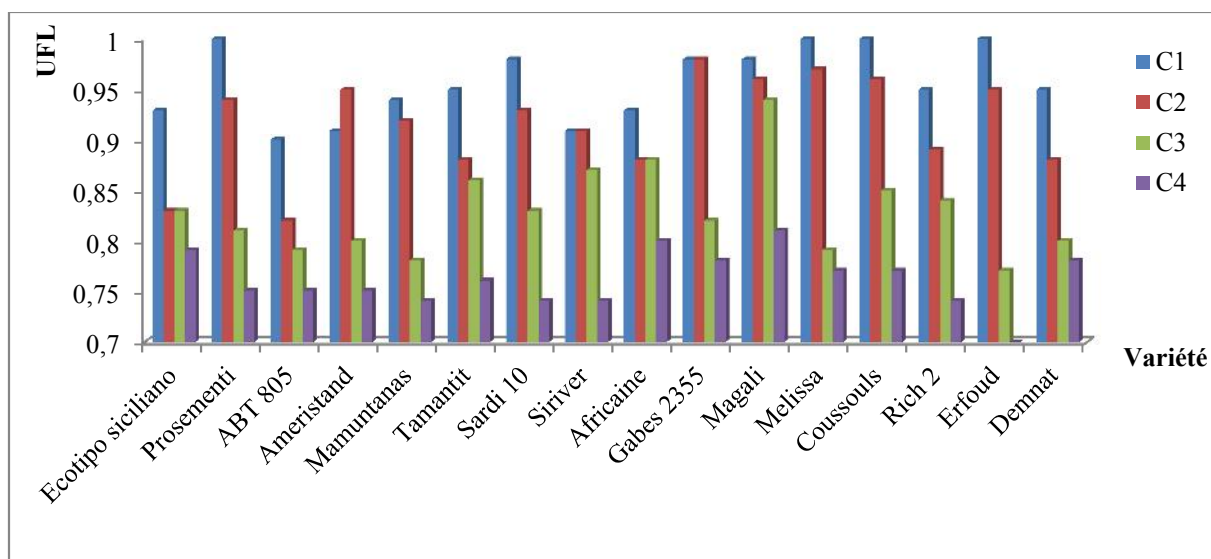
Nos résultats montrent également que la dMO est négativement corrélée à la teneur en cendres insolubles dans l'acide. On constate que Demnat qui a la teneur la plus faible en MM insolubles (tableau VI), présente une digestibilité très élevée par rapport aux autres cultivars (72.02%). Alors que Mamuntanas qui a la teneur la plus élevée en cendres insolubles soit de 6.55% de MS, présente une digestibilité faible (66.90%).

#### **4.1.3 La valeur énergétique**

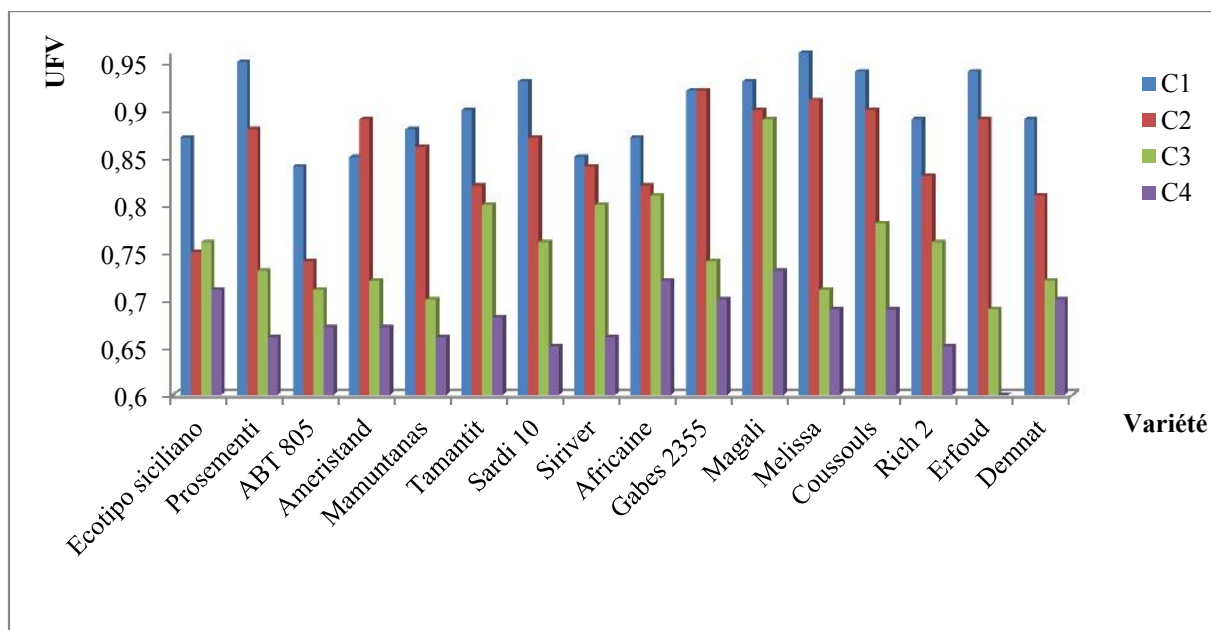
La valeur nutritive des seize cultivars (en UFL, UFV et MAD) a été estimée à partir d'équations de régression établies par Chibani et *al.* (2010) en utilisant les paramètres de la composition chimique déterminés au préalable. Ces équations sont le fruit de plusieurs travaux réalisés pendant une quarantaine d'années sur des fourrages algériens. D'après ces auteurs, ces modèles sont comparables et parfois même meilleurs que ceux qui sont couramment utilisés pour prédire la valeur nutritive (modèles INRA par exemple).

Les résultats de la valeur énergétique des cultivars pour les quatre coupes sont représentés dans les figures 13 et 14 respectivement pour les UFL et les UFV.

On a enregistré un apport fourrager moyen de  $0,864 \pm 0,089$ /kg de MS pour les UFL et de  $0,795 \pm 0,099$ /kg de MS pour les UFV. Les valeurs les plus faibles ont été enregistrées pour le cultivar ABT 805 avec une teneur moyenne de 0,81 UFL/kg de MS et de 0,74UFV/kg de MS. Alors que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées pour le cultivar Magali avec 0,92 UFL/kg de MS et 0,86 UFV/kg de MS.



**Figure 13 :** Variation des valeurs énergétiques (UFL) des cultivars par coupe.



**Figure 14 :** Variation des valeurs énergétiques (UFV) des cultivars par coupe.

Nos résultats sont inférieurs à ceux rapportés par Mauriès (1994) et Jarrige (1988), qui enregistrent une teneur en énergie des luzernes déshydratées de 0,95 et 0,88 UFL /kg de MS et de 0,87 et 0,82 UFV /kg de MS.

Cependant, nos cultivars s'avèrent plus énergétiques comparativement aux données de Thiebeau *et al.* (2001) qui enregistrent 0,82 UFL/kg de MS pour la luzerne déshydratée, d'une teneur en protéines de 19,4 %.

L'évolution de l'énergie au cours des quatre coupes, nous permet de déduire que celle-ci varie dans le même sens que la teneur en MAT et serait, donc moins élevée pour la 4<sup>e</sup> coupe, contrairement à la 1<sup>e</sup> coupe.

A la lumière de ces résultats et de ceux de la composition chimique de nos cultivars, ainsi que les résultats de l'étude statistique, nous pouvons établir un rapport linéaire entre l'apport énergétique (UFL, UFV) que les cultivars fournissent et la teneur en protéines.

En effet la matrice de corrélation réalisée (annexe 3) révèle des corrélations positives entre UFL et UFV d'une part et le taux des matières azotées totales d'autre part ( $r=0,41$  et  $0,44$  respectivement) et de fortes corrélations négatives entre les UFL et les UFV et la cellulose brute ( $r=-0,86$  et  $-0,89$ ).

Nos résultats corroborent avec ceux de Peyraud et Delaby (1994), qui ont constaté, pour une gamme de teneur en MAT allant de 18 à 30%, comme c'est le cas de nos cultivars, une augmentation de 0.03 UFL pour une augmentation d'une unité en pourcentage de MAT sur la matière sèche. Mauriès (1994), signale également que la valeur énergétique des luzernes déshydratées augmente de 0.034 UFL par point de MAT en plus.

De même, Journet (1992), signale que la luzerne déshydratée possède une teneur énergétique qui augmente linéairement quand on augmente la teneur en protéines.

#### **4.1.4 La valeur azotée**

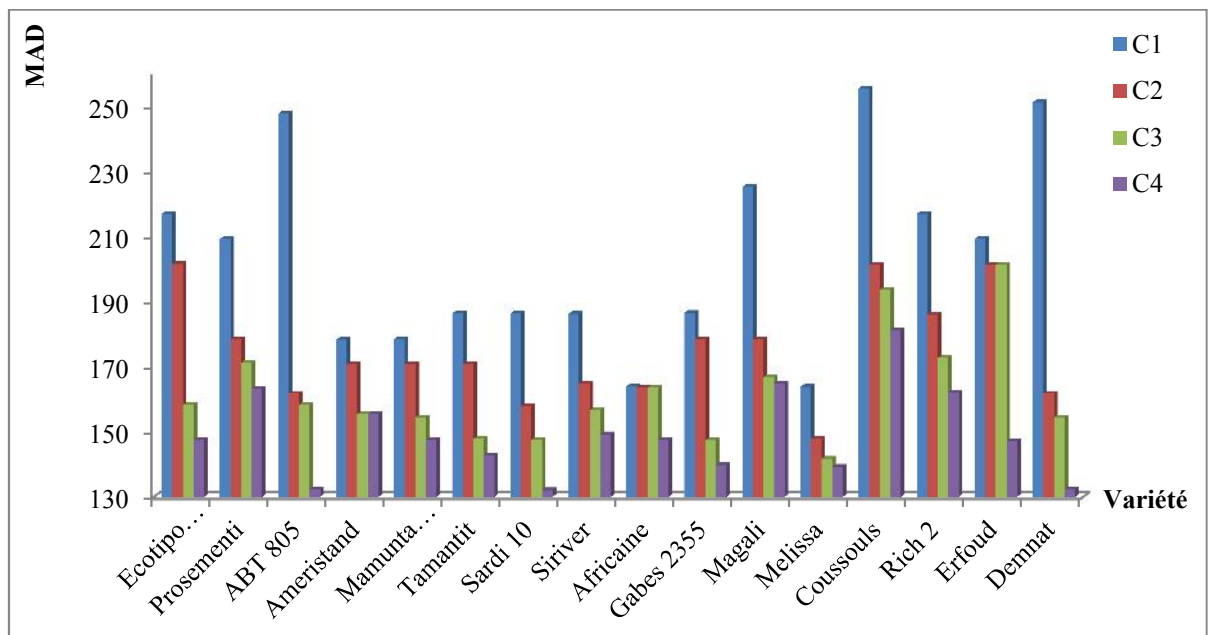
La valeur azotée moyenne de nos cultivars en MAD est de  $203,70 \pm 28,33$ g/kg de MS pour la 1<sup>e</sup> coupe, puis elle diminue jusqu'à la 4<sup>e</sup> coupe où on enregistre le taux le plus faible ( $139,79 \pm 28,33$ g/kg de MS) (figure15).

La valeur azotée de nos cultivars dépend essentiellement de la teneur en MAT et elle varie dans le même sens que celle-ci, bien que cette corrélation positive puisse être entravée par des valeurs élevées en cellulose brute. C'est le cas du cultivar Erfoud qui présente une valeur azotée moyenne relativement faible ( $189,595 \pm 32,144$  g MAD/kg MS) malgré sa teneur élevée en MAT ( $26,18 \pm 3.21\%$  MS) du fait d'une teneur élevée en CB ( $32,5 \pm 8.83\%$  MS).

En effet, La matrice des corrélations réalisée, révèle une corrélation négative entre les MAD et la teneur en cellulose brute ( $r = - 0, 61$ ).

Coussouls en 1<sup>o</sup> coupe enregistre la valeur la plus élevée soit de 255,34g/kg de MS, alors que les valeurs les moins élevées sont enregistrées pour les cultivars ABT 805 avec 132,25g/kg de MS et Sardi 10 avec 132,07g/kg de MS (annexe 5).

Nos résultats se rapprochent des valeurs citées par Jarrige (1988), soit de 176 g de MAD/kg de MS, contre une moyenne de  $172,19 \pm 28,33$  g de MAD/kg de MS pour nos cultivars. Alors qu'ils sont largement supérieurs à ceux de Chibani et *al.* (2010) qui affichent une valeur de 118,3 et de 118g/kg de MS respectivement pour le foin et la luzerne déshydratée.



**Figure 15** : Variation de la valeur azotée (MAD en g/kg MS) par coupe.

L'analyse de la variance réalisée avec le test Newman-Keuls et un intervalle de confiance de 95% a fait ressortir six groupes homogènes dont le premier groupe contient les cultivars ayant la valeur azotée la plus élevée (Demnat et Coussouls), alors que le dernier groupe contient un seul cultivar (Melissa) qui a la valeur azotée la plus faible.

#### 4.1.5 Conclusion de l'analyse chimique

L'étude de la composition chimique a constitué une étape importante dans l'évaluation de la valeur nutritive des cultivars. Poncet et *al.* (2003), rapporte l'existence d'étroites corrélations entre la digestibilité des aliments et leur composition chimique.

A la lumière de cette analyse fourragère et de l'utilisation des résultats obtenus, on peut conclure que les seize cultivars semblent présenter des teneurs dans leurs constituants nutritifs qui les différencient entre eux, bien que ces différences ne soient pas révélées par l'analyse statistique pour la majorité des constituants chimiques, où l'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les cultivars ( $P > 0,05$ ).

La teneur en MAT est le seul constituant chimique statistiquement affecté par le cultivar, nous avons pu révéler six groupes pour ce paramètre, le premier groupe contient les cultivars Demnat et Coussouls, le deuxième le cultivar Erfoud et le dernier contient le cultivar Melissa (tableau VI).

Concernant l'effet de la coupe sur les différents paramètres de la composition chimique ainsi que sur la valeur nutritive des cultivars, l'analyse statistique a confirmé les différences constatées et a révélé une différence très hautement significative entre les quatre coupes.

Cependant, en travaillant sur trois coupes successives de fourrages tropicaux, Boukary (2000) conclue que les coupes successives effectuées sur une même plante à un stade de croissance similaire, comme c'est le cas de nos coupes, n'a apparemment pas de conséquence sur les caractéristiques de dégradation.

Cette différence montre à quel point la composition chimique de nos cultivars dépend des quantités d'eau qu'ils reçoivent.

La valeur nutritive des cultivars (tableau VII) semble être en grande partie conditionnée par leur teneur en parois totales. Van Soest (1982) note que la richesse en parois cellulaires notamment en lignocellulose a une influence négative sur la digestibilité. Notre étude montre que les cultivars Africaine et Magali qui ont une faible teneur en parois totales, présentent aussi une bonne digestibilité.



Une corrélation très fortement négative a été enregistrée entre la dMO d'une part et la teneur en CB, ADF et NDF d'autre part avec des coefficients de corrélation respectivement de - 0,89, - 0,89 et - 0,95. Ces différences constatées dans la dMO entre les cultivars étaient statistiquement non significatives. En effet, Demarquilly et Andrieu (1992), confirment que les différences de digestibilité entre variétés à l'intérieur d'une même espèce sont très faibles.

**Tableau VII** : Variation de la valeur nutritive des cultivars étudiés pour toutes les coupes.

	Valeur énergétique		Valeur azotée (MAD en g/kg MS)	dMO
	UFL	UFV		
Ecotipo siciliano	0,842 A	0,767 A	178,196BCD	67,210 A
Prosomenti	0,876 A	0,807 A	178,247 BCD	69,353 A
ABT 805	0,861 A	0,790 A	170,243 BCDE	68,450 A
Ameristand	0,857 A	0,785 A	160,754 DEF	68,170 A
Mamuntanas	0,837 A	0,762 A	160,901 DEF	66,909 A
Tamantit	0,889 A	0,823 A	161,673 CDEF	70,229 A
Sardi 10	0,871 A	0,801 A	149,347 EF	69,042 A
Siriver	0,861 A	0,790 A	163,621 CDEF	68,422 A
Africaine	0,864 A	0,794 A	155,411 EF	68,624 A
Gabes 2355	0,890 A	0,825 A	151,118 EF	70,321 A
Magali	0,907 A	0,842 A	183,135 BC	71,309 A
Melissa	0,873 A	0,804 A	147,429 F	69,205 A
Coussouls	0,890 A	0,824 A	207,750 A	70,280 A
Rich 2	0,851 A	0,779 A	208,529 A	67,835 A
Erfoud	0,903 A	0,838 A	189,595 AB	71,083 A
Demnat	0,918 A	0,856 A	170,243 BCDE	72,024 A
Moyenne	0,874	0,806	171,012	69,279
Ecart-type	0,111	0,126	32,144	6,931

Les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les cendres insolubles dans l'acide sont négativement corrélées à la dMO ( $r = - 0,26$ ), elles peuvent être un facteur qui limite la digestibilité de nos cultivars. En effet on constate que les variétés qui renferment des teneurs moins élevés en MMin, présentent une digestibilité satisfaisante par rapport aux autres cultivars.

## 4.2 Prédiction de la valeur nutritive par les méthodes biologiques

### 4.2.1 La méthode de gaz test

L'analyse chimique ne peut pas à elle seule expliquer tous les aspects de la digestion, elle doit être complétée par d'autres techniques qui simulent l'atmosphère particulière du rumen dans les moindres détails, tout en étant simples et économiques.

Parmi les différentes méthodes développées tout au long de ces dernières années, la technique de la production de gaz *in vitro* est de loin la plus économique, car elle se situe en amont de la digestion animale et rend compte de la fermentescibilité des substrats alimentaires végétaux qui est la condition indispensable à leur valorisation nutritionnelle par l'animal, puisque par lui-même il est incapable de digérer les nutriments végétaux, les enzymes nécessaires à ce processus étant absentes de son tube digestif.

#### 4.2.1.1 La production moyenne de gaz

Les quantités de gaz produites pendant les 48 heures d'incubation par cultivar et par coupe sont répertoriées en annexe 6. Elles varient en moyenne entre les valeurs extrêmes de  $67,5 \pm 2,67$  ml pour le cultivar Demnat en première coupe et  $32,25 \pm 2,47$ ml pour Erfoud en quatrième coupe.

Nos résultats sont proches de la limite inférieure des quantités de gaz obtenus par Selmi et *al.* (2011) par incubation de différents types de concentré, soient des quantités de gaz variant de 56.58ml à 87.00ml.

Ces valeurs plus élevées par rapport aux nôtres, malgré un temps d'incubation plus courts (36 heure contre 48 heure pour nos essais), pourraient être expliquées par la richesse du concentré, par rapport à nos échantillons, en amidon rapidement dégradable dans le rumen ou par une richesse de nos échantillons relativement au concentré en parois cellulaires. Ces derniers sont connus pour affecter négativement la digestibilité et notamment la production de gaz *in vitro* (Tjardes et *al.* , 2002).

En effet Selmi et *al.* (2011), signalent que la production de gaz dépend principalement du taux de dégradation et de la nature des caractéristiques de paroi cellulaire, d'amidon et d'hydrates de carbone de la ration.

Alors que par rapport aux résultats obtenus par Noura (2001) pour différents types de pailles et ceux enregistrées par Rachedi (2005) pour la paille d'orge soient respectivement de 44,2 ml et 32,75 ml, les notre sont supérieurs. Cette variation est expliquée par le fait que nos cultivars sont plus riches en substances cytoplasmiques rapidement fermentescibles, en particulier les MAT et plus pauvres en parois indigestibles que les pailles (74,63% MS).

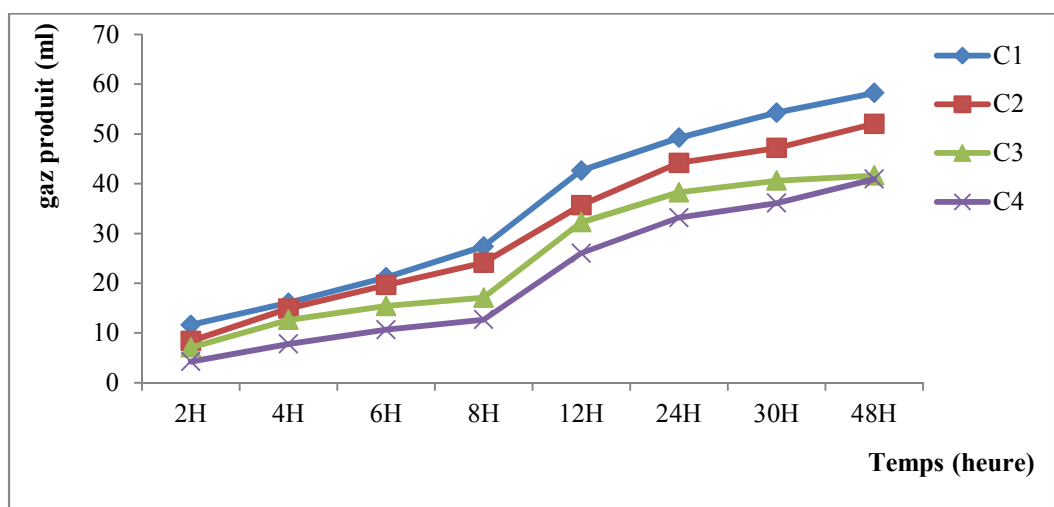
Dans les essais témoins (seringues ne contenant pas de substrat), on constate une légère production de gaz qui varie de 6,5 à 7,5ml. Ly (1997) signale le même phénomène avec un volume de gaz de 7,8 ml dans les seringues témoins. Ces résultats sont sans doute le reflet d'une activité microbienne sur les résidus d'une ration alimentaire prise avant l'abattage (Menke et Steingass, 1988).

La production de gaz est corrélée aux différents constituants chimiques des cultivars étudiés, elle est corrélée négativement à la matière sèche (-0,34), à la teneur en NDF (-0,41) et en ADF (-0,43). Ceci peut être interprété par le fait que plus de matière sèche ramène plus de substances en mesure de freiner la production de gaz et que les NDF et les ADF peuvent avoir un effet dépressif sur la fermentation. Par contre, la production de gaz est corrélée positivement à la teneur en MAT (0,58).

#### 4.2.1.2 Cinétique de production de gaz moyenne

La production de gaz obtenue en fonction du temps résultant de l'attaque microbienne sur les constituants chimiques des cultivars constitue une cinétique qui peut fournir des indications sur l'importance de leur dégradation grâce au volume total de gaz obtenu.

Afin d'effectuer une étude comparative de la cinétique de gaz pour les quatre coupes, des valeurs moyennes de gaz produit par les seize cultivars confondus ont été calculé. Les résultats sont représentés dans la figure 16.



**Figure 16** : Cinétique de la production de gaz des cultivars pour les quatre coupes

La première constatation faite est que les quatre coupes présentent la même allure de courbes où on peut aisément distinguer trois phases de la cinétique de production de gaz :

- phase de latence, allant de 0 à 8 heures, elle se caractérise par une pente constante et faible. Selon Orskov et Ryle (1990a et 1990b) cette phase est toujours présente dans la dégradation des fourrages, elle représente une période préalable durant laquelle les microorganismes colonisent les particules alimentaires avant qu'aucune dégradation ne soit détectable.

La moyenne des quantités de gaz produites durant cette phase pour tous les cultivars et toutes les coupes est de  $20,31 \pm 6,50$  ml ce qui est inférieur à la valeur enregistrée par Guetachew et *al.* (2004), pour la même phase et pour un foin de luzerne soit 27ml. Cette différence pourrait être expliquée par une teneur relativement moins élevée de nos cultivars en azote ou par leur teneur plus élevée en parois.

En effet, Selmi et *al.* (2011) signalent que les taux élevés de gaz produit dans les premières heures de fermentation sont dus à une forte disponibilité de l'azote pour les microorganismes. Par contre, une faible quantité de gaz produite est attribuée à un taux élevé en NDF qui entrave l'attachement des bactéries aux substrats.

- Phase de croissance allant de 8 h à 24 h, durant laquelle la production de gaz est très importante avec une vitesse maximale. Pendant cette phase les microorganismes dégradent les constituants de la paroi végétale pour former différentes substances pour leur métabolisme. Durant cette phase nos cultivars ont produit en moyenne  $41,20 \pm 7,41$ ml pour toutes les coupes confondues.
- phase stationnaire, allant de 24 à 48h, elle se caractérisant par une vitesse de production faible et constante. La production de gaz a tendance à se stabiliser pour certains cultivars suite à l'épuisement des substrats rapidement fermentescibles, mais elle atteint un maximum vers 48 heures pour le reste des cultivars pour lesquels il serait peut-être intéressant d'étaler le temps d'incubation au-delà de 48 heures. En effet Jones et Barnes (1996) signale que la digestion chez les ruminants semble être finie après 72h.

Il a suggéré l'insertion d'un temps d'incubation supplémentaire de 72 H afin d'obtenir une meilleure représentation de la courbe de dégradabilité et d'atteindre le plateau de celle-ci, (c'est-à-dire le temps où aucune dégradation significative n'a lieu).

Cependant, selon Safiétou (1988), la durée du temps d'incubation nécessaire pour identifier clairement le plateau de dégradabilité doit être adapté à la nature de l'échantillon analysé. Ainsi un temps d'incubation de 48 H est suffisant pour les aliments protéiques et certains fourrages tandis qu'au moins 72 H d'incubation sont nécessaires pour la majorité des fourrages.

D'après le même auteur, les différences entre la digestibilité à 48H et celle à 72H des fourrages sont négligeables. Néanmoins, l'utilisation de temps d'incubations supérieurs à 48H permet probablement d'obtenir des résultats plus précis, le plateau de dégradabilité étant plus sûrement atteint.

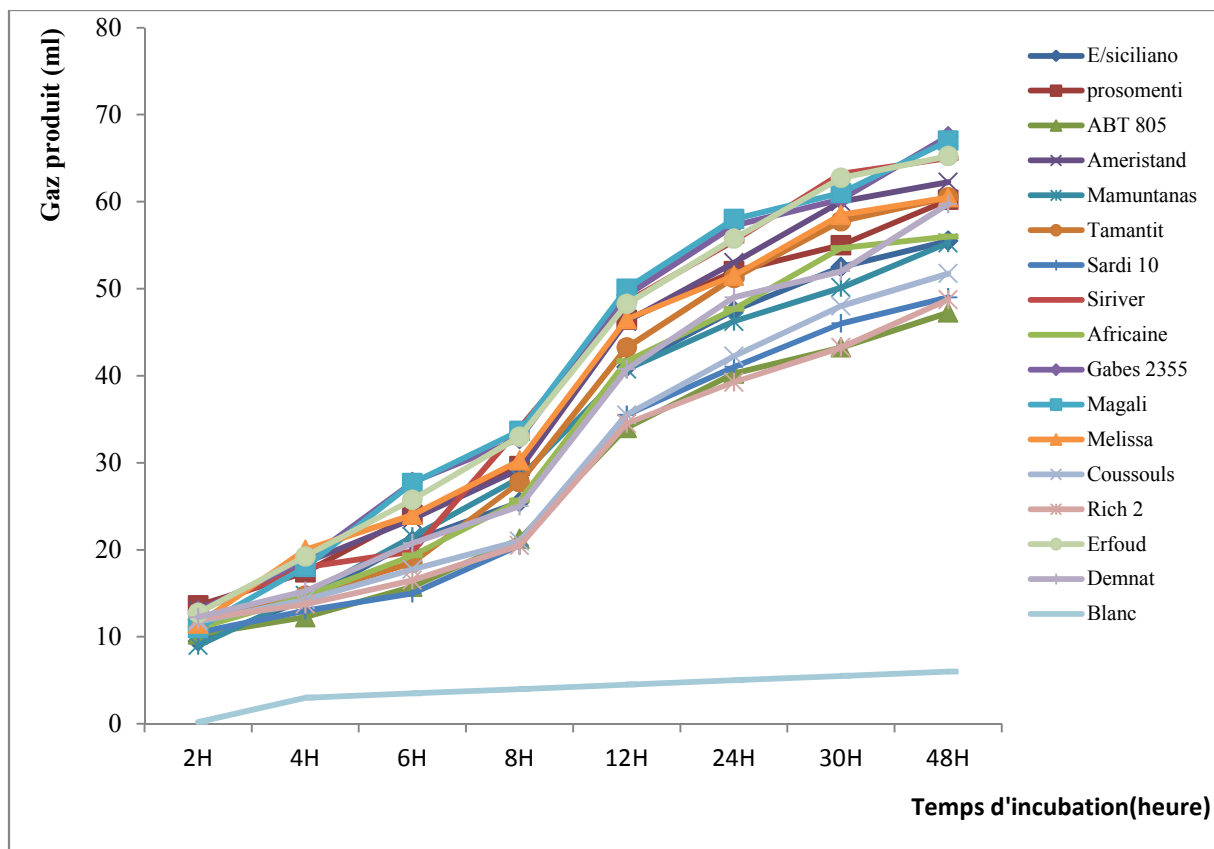
On note également une diminution progressive de la production de gaz avec le numéro de la coupe, ce qui est parfaitement corroboré avec la composition fourragère, où les parois et plus particulièrement la fraction ADF augmentent dans le même sens. Ces derniers sont connus pour affecter négativement la digestibilité et notamment la production de gaz *in vitro* (Tjardes *et al.* 2002).

#### **4.2.1.3 Cinétique de production de gaz par coupe**

##### **4.2.1.3.1 Première coupe**

L'évolution de la cinétique de production de gaz suite à la fermentation des cultivars étudiés de la première coupe est représentée sur la figure 17.

On constate que la production de gaz pendant les premières heures d'incubation varie de 20 à 34 ml pour l'ensemble des cultivars.



**Figure 17 :** Cinétique de la production de gaz des cultivars de la 1ère coupe

La meilleure production de gaz pendant la première phase d'incubation est observée pour le cultivar Magali (33,66ml) à l'opposé des cultivars Rich 2 et Sardi 10 qui n'ont produit que 20,5ml, le reste des cultivars ont produit des quantités variant de 21 à 32,75ml.

A partir de 8 heures et jusqu'à 24 d'incubation, la production de gaz devient importante avec une grande vitesse pour tous les cultivars.

A partir de 24 heures d'incubation, la vitesse de production de gaz devient constante, la quantité de gaz produite varie de 39,25ml pour ABT 805 à 67,5 pour Gages 2355ml.

#### 4.2.1.3.2 Deuxième coupe

L'allure des courbes (figure 18) ne varie pas visiblement par rapport à la 1<sup>e</sup> coupe, mais la production de gaz est plus faible, en particulier pour le cultivar Gages 2355 pour lequel les meilleures valeurs étaient observées dans la première coupe. Tandis qu'ABT 805 qui a enregistré les valeurs les plus faibles pendant la 1<sup>e</sup> coupe, produit en 2<sup>e</sup> coupe la quantité la plus élevée (59,33 ml).

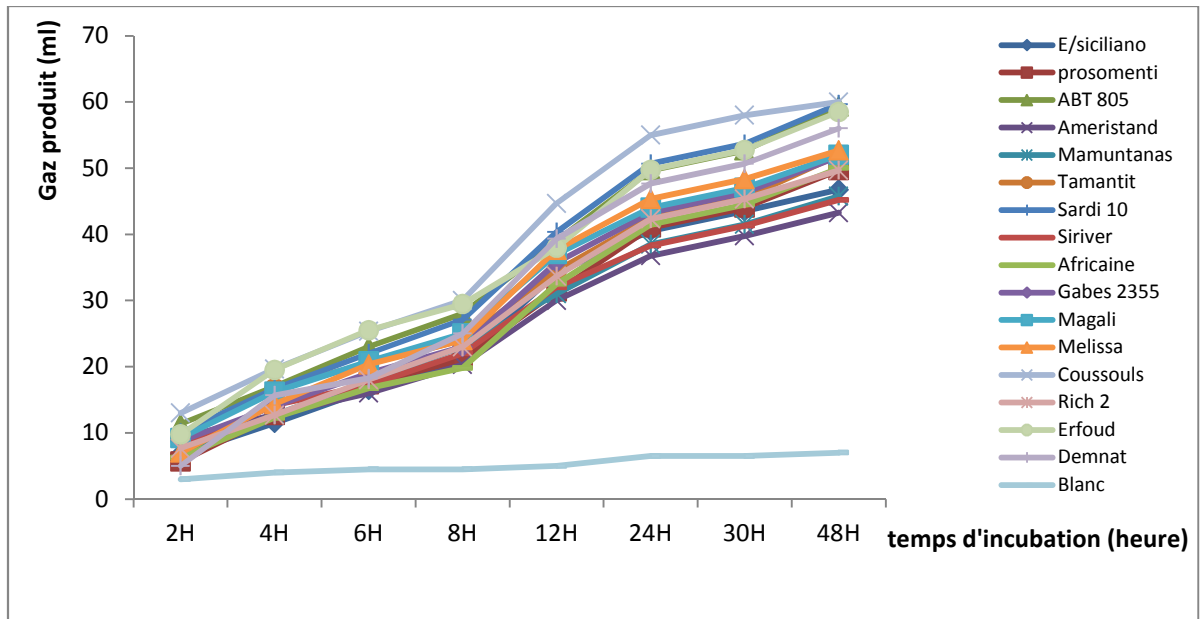


Figure 18 : Cinétique de la production de gaz des cultivars de la 2<sup>e</sup> coupe

#### 4.2.1.3.3 Troisième coupe

Le cumulé de gaz produit pendant les 48 heures est comparable pour l'ensemble des cultivars mais il est plus faible que pour les deux premières coupes, en effet, la première phase de la courbe révèle qu'il ne s'est produit que 15 à 20 ml de gaz après 8 heures d'incubation.

Pour l'allure des courbes, aucune différence entre les cultivars n'est à signaler, ils présentent tous une pente plus stable (figure 19).

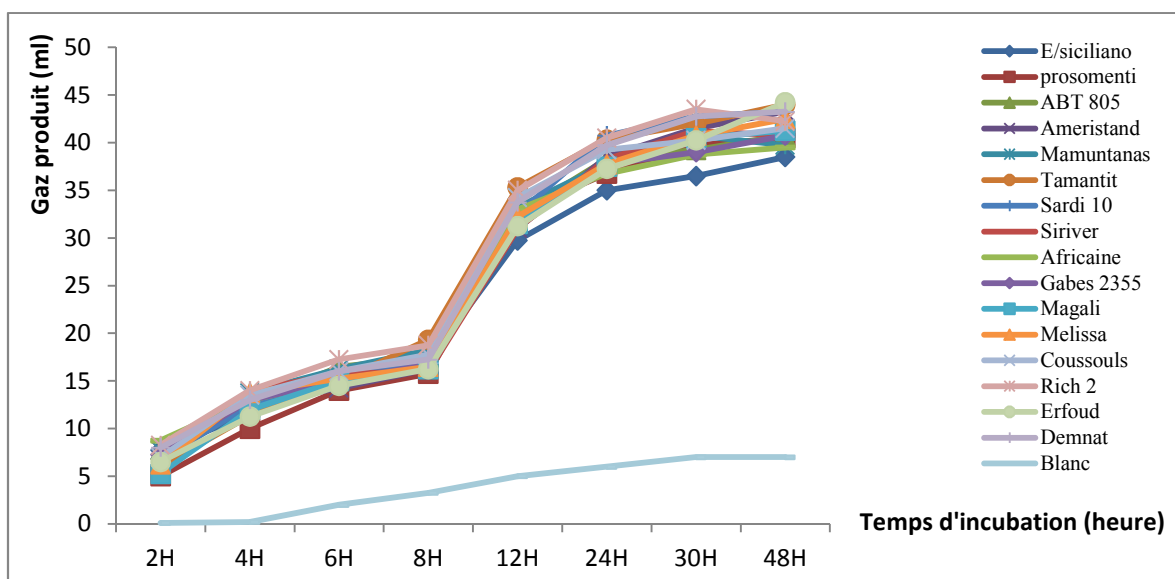
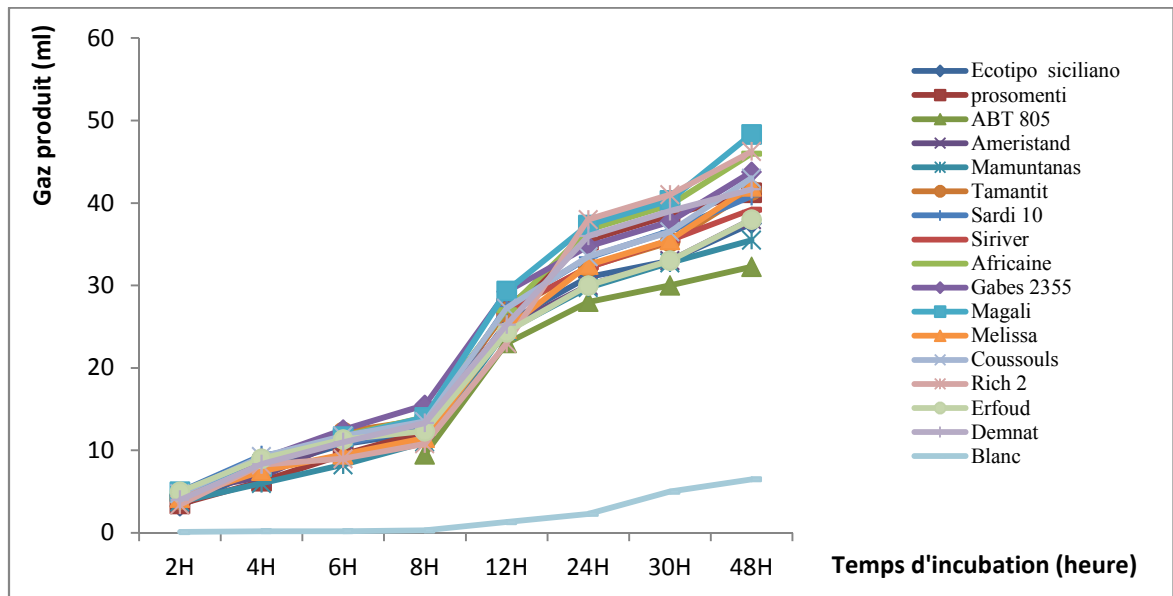


Figure 19 : Cinétique de la production de gaz des cultivars de la 3<sup>e</sup> coupe

#### 4.2.1.3.4 Quatrième coupe

Les meilleures valeurs sont notées pour le cultivar Magali (48,33 ml), alors que la plus faible quantité de gaz a été produite par ABT 805 soit 32,25 ml (figure 20). Cette variation dans le volume de gaz produits pourrait s'expliquer par les différences qui existent dans la composition chimique des cultivars pendant cette coupe. En effet, Magali est le cultivar le moins riche en CB (31,64 %MS) comparativement aux autres. Alors qu'ABT 805 figure parmi les cultivars les plus fibreux avec une teneur en CB de 38,72 % MS et une teneur élevée en ADF et en NDF.



**Figure 20** : Cinétique de la production de gaz des cultivars de la 4<sup>e</sup> coupe

Malgré les différences constatées entre les cultivars, l'étude statistique n'a révélé aucun effet significatif ( $p > 0,05$ ) du cultivar sur la production de gaz.

#### 4.2.1.4 Digestibilité de la matière organique estimée par la méthode de gaz test

D'après Pitt *et al.* (1999) la quantité de gaz libérée lorsque les aliments sont incubés *in vitro* avec le liquide ruminal est étroitement liée à la digestibilité et à la valeur énergétique des nutriments pour les ruminants.

Nos résultats montrent que la plus grande digestibilité caractérise le cultivar Gabes 2355 en 1<sup>e</sup> coupe avec une valeur de 80,65%. ABT 805, Mamuntanas et Erfoud en 4<sup>e</sup> coupe se distinguent par les valeurs les plus faibles : 49,94, 50,86 et 50,89% respectivement.



La moyenne de la digestibilité *in vitro* de nos cultivars ( $62,30 \pm 7,60\%$ ) est comparable à celle enregistrée par Emile et Traineau (1993), soit de 62,7%. Elle est également proche de la valeur affichée par Jean Blain et al. (1992), et qui rapporte une valeur de DMO de la luzerne de 60%.

En utilisant deux méthodes, *in vivo* et gaz-test, Seker (2002), enregistre des valeurs de digestibilité de la luzerne inférieures à la moyenne enregistrée par nos cultivars, soient respectivement 59.54% et 58.76%. L'auteur explique cette faible digestibilité par une mauvaise qualité de la luzerne utilisée pour son étude, à cause d'une faible teneur en protéines (13,61% MS).

En effet la matrice des corrélations que nous avons réalisé révèle une forte corrélation positive ( $r=0,72$ ) entre la teneur en MAT et la digestibilité estimée par le gaz test.

Nous avons constaté également que les cultivars les moins riches en composants pariétaux (NDF, ADF) dont la richesse en parois totales est compensée par une teneur élevée en MAT présentent les meilleurs profils de dégradabilité. Il existe donc une corrélation importante et négative ( $r=-0,67$ ) entre la dégradabilité des cultivars et leur teneur en parois totales.

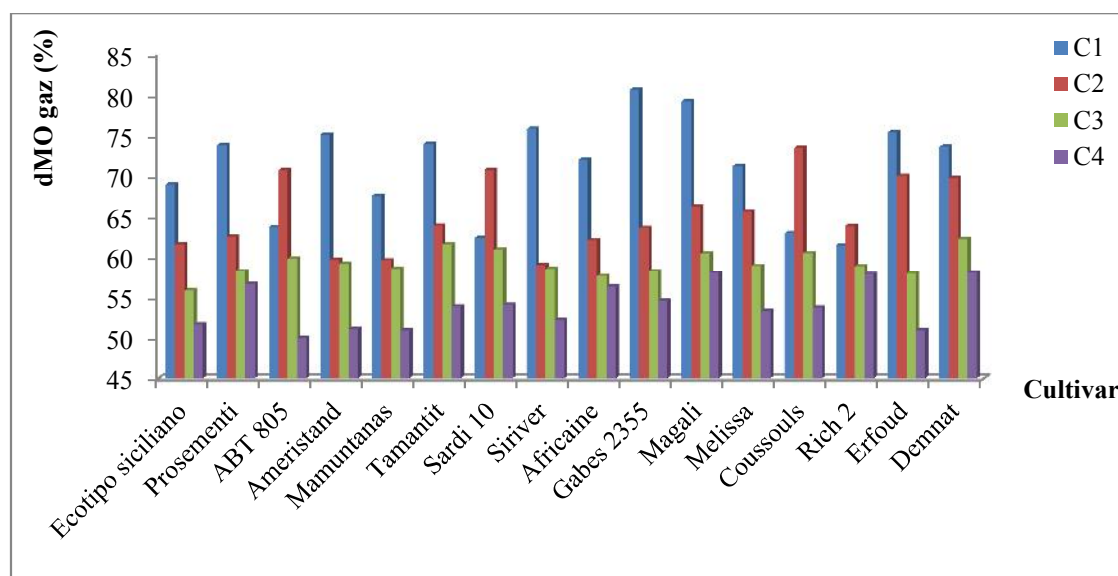
Par contre la teneur en MAT semble avoir une influence plus marquée sur la dégradabilité de la MO et les fortes teneurs semblent masquer l'effet dépressif des parois. C'est le cas de plusieurs cultivars, comme Demnat qui présente une bonne digestibilité malgré sa teneur élevée en paroi du fait qu'il a une teneur élevée en MAT.

Alors que dans la même coupe, les écarts entre les cultivars ne sont pas statistiquement significatifs ( $P>0,05$ ), la digestibilité des cultivars est significativement différente d'une coupe à l'autre ( $P<0,0001$ ), où nous observons une régression progressive avec le numéro de coupe.

Ces écarts sont dus soit à une composition chimique significativement différente entre les quatre coupes, et particulièrement la teneur en MAT, étant le facteur favorisant la digestibilité et la teneur en parois, étant le facteur limitant celle-ci, soit à la nature différente du jus de rumen utilisé d'une semaine à l'autre et qui aurait pu engendrer une variabilité de l'activité microbienne de l'inoculum.

En effet, Safiétou (1998), annonce que la précision des méthodes *in vitro* a des limites inhérentes à l'instabilité de l'écosystème du rumen et aux difficultés de sa reproduction exacte *in vitro* surtout en absence d'animaux fistules dans nos essais.

Nos résultats concordent avec ceux de Jean Blain et *al.* (1992), qui rapporte que la digestibilité de la matière organique varie avec la teneur en parois. Lorsque le taux de ces derniers augmente la digestibilité décroît. L'allure de cette décroissance varie suivant le numéro de coupe, elle est maximale à la première coupe (figure 21).



**Figure 21** : Variation de la dMO (%) des cultivars estimée par la méthode de gaz-test.

#### 4.2.2 Méthode de TILLEY et TERRY

Plus rapide et moins coûteuse que la technique classique des bilans *in vivo*, la méthode de TILLEY-TERRY permet d'évaluer le pourcentage de digestibilité de la matière organique des aliments, et d'estimer leur valeur nutritive.

C'est une tentative de reproduction des conditions ruminales *in vitro* par incubation d'un échantillon d'aliment dans un mélange à volume égal de jus de rumen et de salive artificielle pendant 48 heures, puis dans une solution de pepsine acide à 39°C pendant 48 h, pour simuler la phase intestinale de la digestion. Le pourcentage de matière organique disparu à l'issus de cette double incubation représente la digestibilité de la matière organique.

La dMO des cultivars étudiés estimée par cette méthode a atteint une moyenne de  $59,53 \pm 5,83\%$  avec des valeurs extrêmes de 48,49 % pour ABT 805 en 4<sup>e</sup> coupe et 72,56 % pour Gabes 2355 en 1<sup>e</sup> coupe.

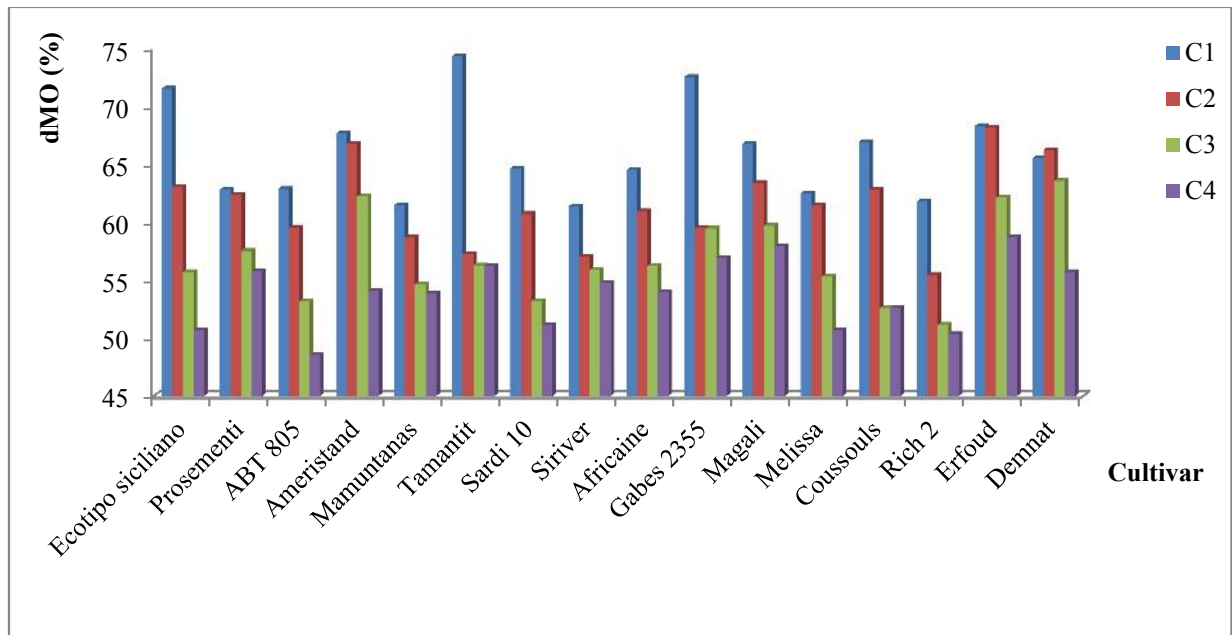
Nos résultats sont proches de ceux publiés par l'INRA (2007), soit une digestibilité de 60 % pour une luzerne fanée au sol par beau temps. De même, Andueza et *al.* (1998), enregistre une valeur comparable à la moyenne obtenue pour nos cultivars soit une digestibilité de 59.88% pour un foin de luzerne, en utilisant la méthode de spectrophotométrie dans le proche infrarouge.

Cependant, Chibani et *al.* (2010), ont enregistré des valeurs de digestibilité légèrement supérieures aux notre soient 61,5 % pour un foin et une luzerne déshydratée.

Ces différences pourraient être expliquées soit par les conditions de manipulation dans le laboratoire qui ont engendré une perte de l'échantillon pendant la manipulation, soit par un temps d'incubation faible, car Jones et Barnes (1996), préconise l'étalement du temps d'incubation des fourrages au-delà de 48h. Aussi, selon Safiétou (1998), il est nécessaire d'incuber les fourrages jusqu'à 72 heures pour atteindre les meilleurs dégradabilités intraruminales.

Cependant Chenost et *al.* (1970), signale que les légumineuses ont une vitesse de dégradation supérieure aux graminées, et qu'un temps d'incubation de 48h suivie d'un traitement à la pepsine acide donne des valeurs proches de la digestibilité *in vivo*. De même, sur 137 échantillons (graminées et légumineuses) incubés pendant 48heures, Lindberg (1981), a enregistré un coefficient de corrélation de 0,91 entre la méthode *in vivo* et la méthode *in vitro*.

L'ordre décroissant de la digestibilité des cultivars étudiés en fonction du numéro de coupe, observé pour la méthode chimique et la méthode de gaz-test est maintenu pour cette méthode (figure 22).



**Figure 22** : Variation de la dMO des cultivars étudiés estimée par la méthode de TILLEY et TERRY.

Les raisons suivantes peuvent être suspectées d'être la cause des écarts observés entre les coupes :

- la composition chimique des cultivars différente d'une coupe à l'autre, notamment la teneur en MAT ( $r= 0,71$ ) et en parois totales ( $r=- 0,63$ ).
- la variabilité biologique du jus de rumen d'une semaine à l'autre, cette variabilité dépend selon Safiétou (1988), de l'animal, des conditions de son alimentation et certainement aux horaires de prélèvement et à l'endroit du rumen où le jus est prélevé ; ces paramètres ne sont pas tous parfaitement maîtrisables, malgré les corrections appliquées par le témoin utilisé. ce qui pose des problèmes de reproductibilité de cette technique par rapport aux méthodes chimiques.

Pour contourner cette limite de la méthode de Tilley et Terry, il est indispensable, d'après Seker (2002), de la standardiser de la manière la plus complète possible pour permettre une bonne corrélation avec la méthode *in vivo*.

### 4.2.3 Conclusion de l'étude biologique

La technique principale utilisée lors de cette partie consiste en la détermination de la digestibilité *in vitro* des cultivars étudiés.

La première étape concerne la quantification des gaz fermentaires produits suite à la digestion *in vitro* des substrats. Selon différents auteurs notamment Menke et Steingass (1988), le volume total de gaz produit au bout d'un laps de temps dépendant de la nature de l'aliment étudié, est un marqueur qui traduit efficacement le cours de la fermentation d'un substrat, et fournit donc d'importantes données sur sa valeur nutritive.

La production de gaz *in vitro* est parfaitement corrélée à la digestibilité des substrats, et peut donc être un bon marqueur dans l'évaluation de leur potentiel nutritif pour l'animal. Les résultats de Seker (2002) confirment notre conclusion où il a comparé les résultats de digestibilité de 13 échantillons déterminée par deux méthodes *in vivo* et *in vitro* de gaz et a prouvé que la corrélation entre les valeurs des deux méthodes était significative avec un coefficient de corrélation de 0,48.

La production de gaz *in vitro* permet de classer les cultivars dans le même ordre en matière de fermentescibilité. En effet, Erfoud présente la digestibilité la plus élevée, suivie de Demnat.

Menke et Stengass (1988), ont trouvé un coefficient de corrélation de 0.56 avec 100 échantillons et de 0.86 avec 385 échantillons ce qui a permis d'identifier la méthode *in vitro* de gaz test comme étant la mieux corrélée aux données *in vivo* comparativement aux méthodes chimiques.

### 4.3 Etude comparative des trois méthodes de prévision de la valeur nutritive

Pour pouvoir comparer les résultats de digestibilité des trois méthodes utilisées au cours de notre travail, une valeur moyenne des quatre coupes pour chaque cultivar a été calculée en fonction de la méthode utilisée. Les résultats sont répertoriés dans le tableau VIII.

**Tableau VIII** : Comparaison des valeurs de digestibilité obtenues par les trois méthodes.

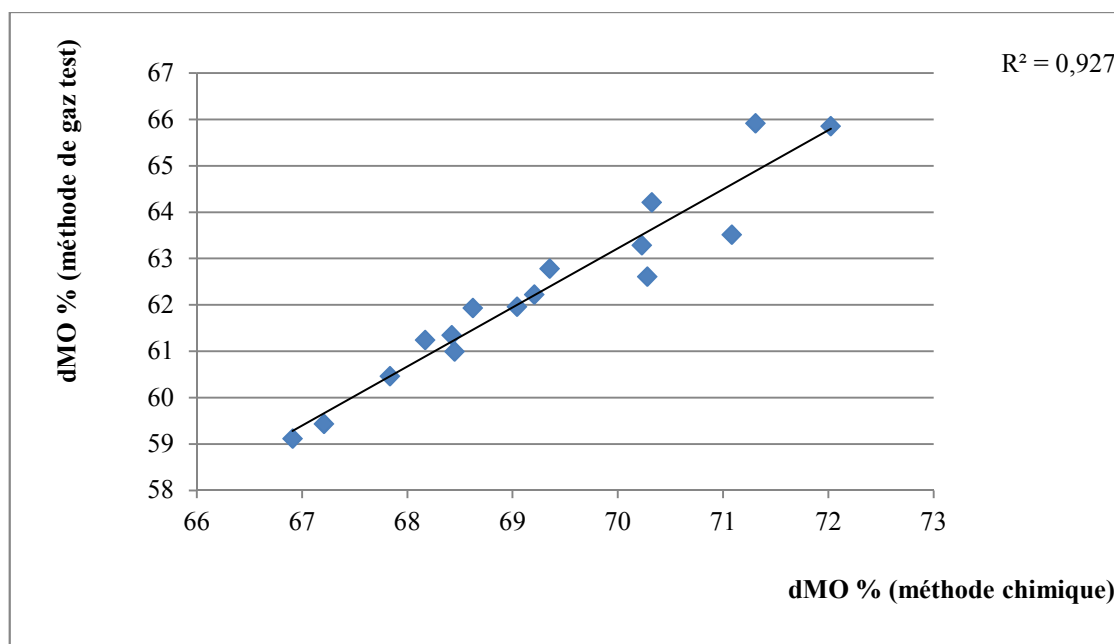
Cultivar	dMO chimique	dMO de gaz test	dMO de TILLEY et TERRY
Ecotipo siciliano	67,21	59,42	60,23
Prosomenti	69,35	62,78	59,63
ABT 805	68,45	60,98	56,02
Ameristand	68,17	61,24	62,70
Mamuntanas	66,90	59,11	57,16
Tamantit	70,22	63,28	61,02
Sardi 10	69,04	61,95	57,44
Siriver	68,42	61,34	57,27
Africaine	68,62	61,93	58,93
Gabes 2355	70,32	64,21	62,08
Magali	71,30	65,91	61,95
Melissa	69,20	62,21	57,48
Coussouls	70,28	62,60	58,77
Rich 2	67,83	60,45	54,68
Erfoud	71,08	63,51	64,38
Demnat	72,02	65,85	62,77
Moyenne	69,27	62,29	59,53
Ecart-type	1,55	1,96	2,77

L'observation du tableau VIII montre que la plage de variation des valeurs est plus grande avec les méthodes microbiologiques qu'avec la méthode chimique. En effet, la réalisation de cette dernière est plus ou moins maîtrisée relativement aux deux premières où beaucoup de paramètres varient en particulier le jus de rumen utilisé malgré les corrections apportés par le témoin.

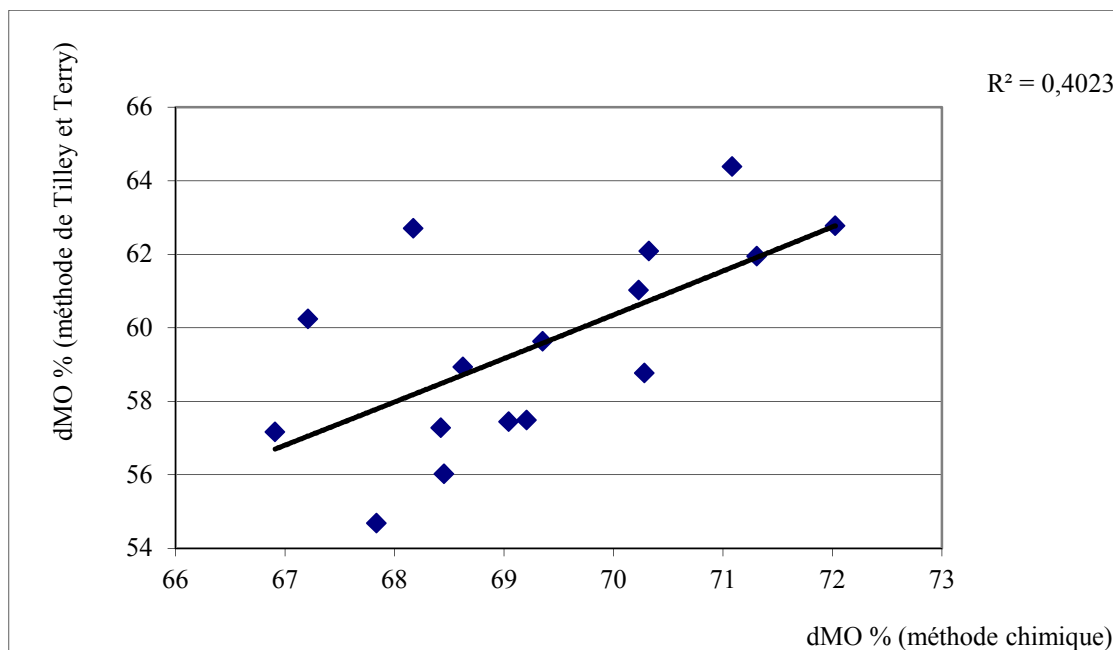
Les valeurs obtenues avec les deux méthodes microbiologiques sont inférieures à celles obtenues par la méthode chimique, mais comparées entre elles, la méthode de gaz test permet des valeurs plus élevées par rapport à celles de Tiley et Thierry, tout en maintenant le même classement que pour la digestibilité chimique pour la plus part des cultivars.

En effet les deux méthodes biologiques révèlent que Rich 2 et Mamuntanas s'avèrent être les cultivars les moins dégradables par la microflore ruminale. Les résultats obtenus par la méthode chimique conduit à la même conclusion. Cela pourrait s'expliquer par la composition chimique de ces substrats. En effet, ces cultivars sont plus riches en parois totales, connus pour leur action antagoniste sur le métabolisme microbien. Alors que Demnat, Erfoud, Magali et Gabes 2355 sont les cultivars les mieux métabolisés pour les trois méthodes, à cause probablement de leurs compositions notamment la richesse en protéines et la pauvreté en parois.

L'étude de la corrélation entre la méthode chimique, considérée comme méthode de référence dans notre étude pour les raisons que nous avons déjà cité, et les deux méthodes biologiques montre que les procédés chimiques ont une relation plus étroite avec la méthode de gaz test ( $r=0,96$ ) (figure 23) qu'avec la méthode de Tilley et Terry ( $r=0,63$ ) (figure 24).



**Figure 23 :** Comparaison entre les valeurs de digestibilité (dMO) obtenues par la méthode de gaz test et celles obtenues par la méthode chimique ;  
( $R^2$  = coefficient de détermination)



**Figure 24 :** Comparaison entre les valeurs de digestibilité (dMO) obtenues par la méthode chimique et celles obtenues par la méthode de Tilley et Terry ; (R<sup>2</sup> = coefficient de détermination)

Cependant, Chenost et *al.* (1970) confirment que la méthode de Tilley et Terry pose des problèmes de reproductibilité et des facteurs de variation qui sont le reflet de l'instabilité du milieu intraruminal, bien qu'elles sont plus rapides et moins coûteuses que la technique classique des bilans *in vivo*.

Nos résultats concordent avec ceux de Schubiger (2002), qui a démontré que la méthode de gaz test comparée à trois autres méthodes de laboratoire semble avoir la meilleure concordance avec les valeurs *in vivo*.

En fin, cette étude comparative montre que la méthode de gaz test, simple, rapide et moins coûteuse semble être la meilleure méthode prédictive de la digestibilité des fourrages, à condition de disposer d'animaux fistules servant de donneurs de jus de rumen afin de minimiser au maximum les variations de reproductibilité.

#### 4.4 Classification des cultivars de luzerne en fonction de leur valeur alimentaire

Pour une classification des cultivars de luzerne en fonction de leur valeur alimentaire estimée par les trois méthodes, une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée.



Cette analyse nous permet de déduire la variabilité observée sur l'ensemble des individus ou l'ensemble des variables.

Les premiers résultats que l'on obtient grâce à cette analyse sont :

- Les valeurs propres ;
- Le pourcentage de la variance expliquée ;
- Le pourcentage cumulé de la variance.

Ces résultats sont mentionnés sur le tableau (IX). Ils nous permettent de choisir les composantes principales contribuant à la plus grande variation.

**Tableau IX** : Contribution des axes à la variation totale.

Valeur propre	Variabilité (%)	Cumulé (%)
F1	59,764	59,764
F2	13,039	72,803
F3	11,615	84,418
F4	6,802	91,220
F5	5,283	96,503
F6	2,716	99,219
F7	0,502	99,721
F8	0,192	99,913
F9	0,086	100,000

Le tableau montre que le premier axe explique à lui seul 59,764 % de l'ensemble des variations, le deuxième axe explique 13,039 % et le troisième axe 11,615%. Le total de l'information expliquée par les trois premiers axes est de 84,418 %. Ce qui est largement suffisant pour notre analyse. A partir de la quatrième composante, la part expliquée devient très faible (moins de 10%), les variances sont donc faibles.

La corrélation des variables avec les composantes principales (tableau X) montre que les variables étudiés qui ont les valeurs des coordonnées les plus élevées en valeurs absolue sont ceux qui contribuent fortement à l'axe.

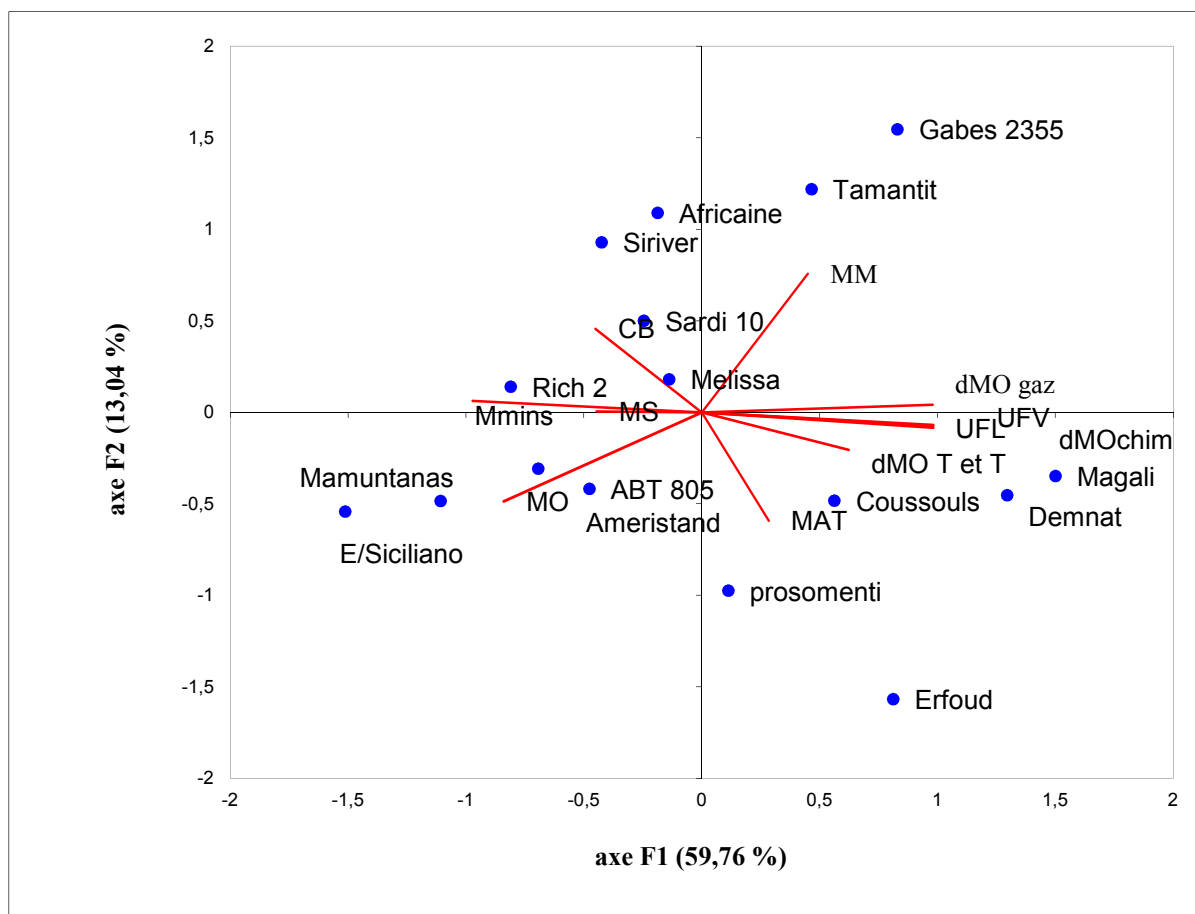
Il s'agit, pour l'axe 1, en l'occurrence et par ordre décroissant de la dMO estimée par la méthode chimique, la teneur en UFL et en UFV, la dMO estimée par la méthode de gaz test dans le sens positif et la teneur en MMin dans le sens négatif.

**Tableau X** : Corrélations entre les variables et les composantes principales.

Variable	F1	F2	F3
MS	-0,446	0,004	0,510
MO	-0,840	-0,487	0,044
MAT	0,284	-0,592	-0,241
CB	-0,450	0,457	0,475
MM	0,450	0,757	-0,252
Mmins	-0,972	0,063	-0,020
UFL	0,982	-0,085	0,096
UFV	0,982	-0,069	0,010
dMOchim	0,982	-0,075	0,098
dMO gaz	0,979	0,041	0,052
dMO T et T	0,624	-0,205	0,626

De point de vu individu, on remarque que cet axe sépare les cultivars en deux grands groupes opposés : Gabes 2355, Tamatit, Magali, Demnat, Coussouls, Prosementi et Erfoud forment le premier groupe. Le deuxième groupe est représenté par les cultivars : Africaine, Siriver, Sardi 10, Melissa, Ameristand, Mamuntanas et Ecotipo-Siciliano.

Tenant compte de l'ensemble des variables et des individus (figure25), on observe que les cultivars du premier groupe présentent des teneurs élevées en MM, MAT, UFL et UFV ainsi qu'une bonne digestibilité. Par contre le deuxième groupe renferme les cultivars riches en parois totales et en matières minérales insolubles, ce qui leur confère une digestibilité et une valeur nutritive comparativement faible.



**Figure 25** : Projection des individus et des variables sur le plan formé par les deux premiers axes.

L'axe 2 qui a une variance non négligeable montre une bonne corrélation avec la teneur en MM totales et la teneur en MAT.

L'axe 3 dont la variance est proche de l'axe 2 est expliqué principalement par la dMO exprimée par la méthode de TILEY et TERRY.

Le cercle de corrélation établi entre les deux premiers axes (annexe 4) confirme ce qui a été retenu de la matrice de corrélation.

L'étude de la similarité entre les différentes variétés (figure 26), nous permet de les classer en trois grands groupes en analogie avec les résultats de l'ACP, où se distingue la variété locale Tamantit avec Gabes 2355. Ainsi de pouvoir les comparer deux à deux avec des seuils de similarité faibles.

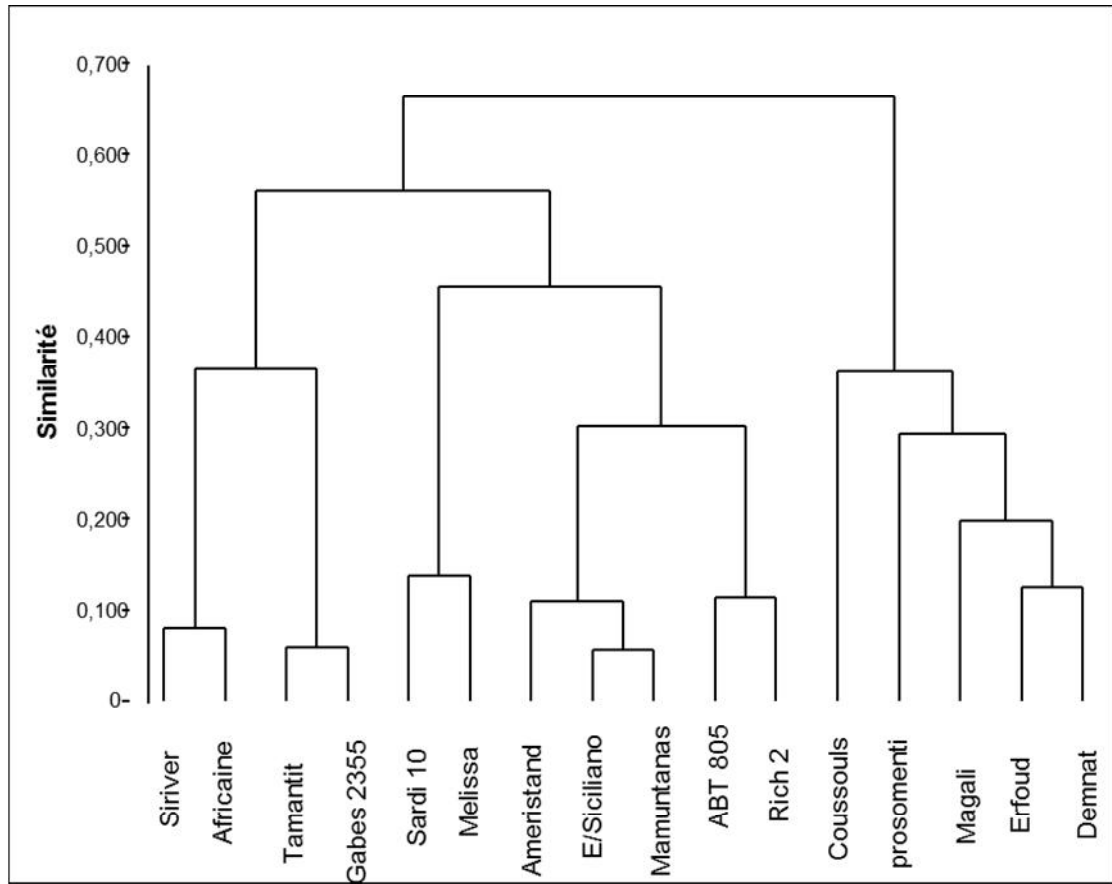


Figure 26 : Classification ascendante hiérarchique des variétés étudiées.

## *Conclusion et perspectives*

En Algérie, l'alimentation du cheptel constitue un frein pour les productions animales. En effet, la majorité des fourrages cultivés sont annuels avec une seule coupe. Afin de palier à ce problème d'alimentation, la luzerne pérenne constitue un fourrage intéressant à introduire, tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Dans ce but seize variétés de luzerne pérenne ont été mis en essai à la station expérimentale de Hmadna.

Vu l'importance de la prévision de la valeur alimentaire des fourrages en amont de toute étude zootechnique, permettant ainsi d'établir le potentiel nutritionnel de tout substrat végétal avant son intégration éventuelle à une formule alimentaire en production animale, notre étude a été effectuée. Elle consiste en la détermination de la valeur alimentaire des seize variétés de luzerne.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour déterminer la valeur alimentaire des fourrages. Notre étude bibliographique a montré que les méthodes indirectes de laboratoires, notamment chimiques et biologiques, ont enregistré des résultats comparables à ceux qui sont obtenues avec les animaux (méthodes *in vivo*). Elles présentent par ailleurs, l'avantage d'être rapides, moins laborieuses et économiques car elles ne font pas appel aux animaux. Ce qui justifie notre choix pour les trois méthodes de laboratoire que nous avons utilisé pour l'évaluation de la valeur alimentaire de nos variétés.

Les résultats obtenus par l'analyse chimique au cours de ce modeste travail a montré l'intérêt nutritif de nos variétés pour les ruminants domestiques et ce pour leur contenu énergétique et azoté. Sur ce plan nous concluons que le numéro de coupe est le principal facteur de variation, tous les paramètres chimiques étudiés (MAT, MM, CB, NDF, ADF,) sont influencés par ce facteur.

En effet, les teneurs en fibres enregistrées pour les différentes variétés sont comparables aux résultats de la bibliographie avec une moyenne de  $29.67 \pm 8.83$ ,  $49.05 \pm 5.05$  et  $32.17 \pm 5.04\%$  de la MS respectivement pour la CB, l'NDF et l'ADF. L'effet du numéro de la coupe est confirmé pour ces paramètres où les coupes printanières sont moins riches en fibres que la coupe estivale.

La variété locale présente des teneurs qui se rapprochent plus ou moins de la moyenne de toutes les variétés soient respectivement de 30.32, 49.43 et 32.25% de la MS.

Les seize cultivars s'avèrent riches en matières azotées, avec une valeur moyenne de  $22,05 \pm 3,21\%$  de MS. De ce fait, à eux seuls utilisés en alimentation animale peuvent constituer un apport protéique considérable.

Comme la valeur nutritive est directement liée à la composition chimique, les résultats obtenus au cours des différentes étapes de ce travail permettent de conclure que les seize cultivars étudiées présentent des valeurs nutritives intéressantes comparées aux résultats de la bibliographie, en particulier pour les UFL et UFV variant respectivement de 0,83-0,91 UFL et 0,85-0,76 UFV, et pour une valeur azotée de 147,42-208,52g de MAD. En ce qui concerne le cultivar local Tamantit semble plus énergétique que azoté.

Sur la base des résultats de la fermentescibilité *in vitro* et après 48h d'incubation, outre les quantités de gaz élevées enregistrées pour les substrats variant de 32,25 ml à 67,5 ml, nos échantillons présentent des pourcentages de dégradabilité élevés. Il s'avère que nos cultivars sont activement métabolisés par la microflore ruminale du bovin en raison de leur teneur en substances fermentescibles en particulier pendant les premières huit heures d'incubation.

Les digestibilités des 16 cultivars déterminées par les 3 méthodes indirectes : chimique, gaz test et Tilley et Terry sont respectivement de  $69,27 \pm 1,55\%$ ,  $62,29 \pm 1,96\%$  et  $59,53 \pm 1,96$  et  $59,27\%$ . Anisi, Demnat présente la meilleure digestibilité (66.88%), alors que Rich 2 enregistre les valeurs les plus faibles (60.98%). Le résultat le plus intéressant est incontestablement celui du cultivar local Tamantit (64.84%) qui a pu égaler ou même dépasser largement les variétés introduites pour certains caractères.

D'après Mc Dowell (1988), le minimum de digestibilité apparente requis pour couvrir les besoins de l'animal est de 42 à 45%, au-dessous de cet intervalle, l'animal commence à perdre du poids. D'après nos résultats, tous les cultivars présentent des valeurs supérieures et remplissent donc, largement cette condition.

L'analyse statistique a confirmé nos observations et a montré que le numéro de coupe considéré individuellement ou avec le cultivar exerce un effet très hautement significatif ( $P < 0,001$ ) sur tous les paramètres étudiés au cours de la réalisation de ce travail.

Cette analyse a aussi montré que les constituants chimiques étudiés et les paramètres biologiques de la dégradation sont corrélés soit négativement c'est le cas de la teneur en paroi totales (CB, ADF, NDF) soit positivement (MAT).

A l'issue de ces résultats, le classement dans un ordre décroissant des seize cultivars étudiés est: Demnat- Magali- Erfoud- Gabes 2355- Tamantit- Ameristand- prosomenti- Coussouls- Africaine- Melissa- Sardi10- Siriver- ecotipo Siciliano- ABT 805- Mamuntanas- Rich 2.

Bien que l'analyse statistique révèle un léger changement dans cette ordre, la variété local Tamantit a gardé le même classement.

Cette étude peut être complétée par:

\* Une analyse approfondie qui portera sur plus de paramètres et réalisera des analyses plus précises et plus différentielles, nous citerons dans ce contexte, le dosage des minéraux, des acides aminés essentiels, des vitamines et des facteurs antinutritionnels (tanins, alcaloïdes, saponines) pour une estimation plus précise de l'énergie nette.

\* Les valeurs des MAT des seize cultivars sont très appréciables, mais l'azote de Kjeldahl n'est pas automatiquement de l'azote totalement disponible pour l'animal, aussi, il serait intéressant d'évaluer les diverses formes dans lesquelles se trouve cette azote pour en évaluer l'intérêt nutritif.

\* Le contenu minéral des variétés étudiées doit être étudié plus finement pour en déterminer sa nature exacte.

\* Le milieu ruminal étant un écosystème complexe qui met en jeu différents paramètres interférant les uns avec les autres, sa détermination est essentielle pour la compréhension des nombreux phénomènes s'y déroulant. Ce travail doit être complété par une détermination quantitative et qualitative des AGV produits lors de la fermentation.

\* L'étude comparative entre les trois méthodes réalisées montre que la méthode de gaz test, simple, rapide et moins coûteuse semble être la meilleur méthode prédictrice de la digestibilité des fourrages, à condition de disposer d'animaux fistules servant de donneurs de jus de rumen afin de minimiser au maximum les variations de reproductibilité.

\* Enfin, Il serait très intéressant d'engager des essais sur animaux pour la détermination de l'ingestibilité et de la digestibilité *in vivo* permettant de comparer les techniques *in vitro* avec la méthode *in vivo*, de vérifier les corrélations et de confirmer la fiabilité de ces techniques.

*Références  
bibliographiques*



## Références bibliographiques

- ❖ **Abdelguerfi A., 1987.** Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. *Céréaliculture* 16:1-5.
- ❖ **Abdelguerfi A. et Chebouti A., 2002.** Les espèces fourragères et pastorales, leur utilisation au Maghred (Algérie, Maroc et Tunisie). FAO-RNE, p135.
- ❖ **Adem R. et Frrah A., 2002.** Les ressources fourragères en Algérie: déficit structurel et disparité régionale. Analyse du bilan fourrager pour l'année 2001.  
[http ://gerdaalifrance.com/grdaal/Oflive/ressourcesfourragères/bilan fourrager 2001.htm](http://gerdaalifrance.com/grdaal/Oflive/ressourcesfourragères/bilan_fourrager_2001.htm).
- ❖ **Amrane R., 2002.** Préviation de la valeur nutritive des fourrages par des méthodes de laboratoire. Application à des fourrages Algériens. Thèse de doctorat, Institut National d'Agronomie. Alger, p 150.
- ❖ **Andrieu J. et Weiss P., 1981.** Préviation de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages verts de graminées et de légumineuses. In Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants INRA Publications, Versailles, 119-127.
- ❖ **Andueza D., Muñoz F. et Garrido A., 1998.** The prediction of the nutritive value of Mediterranean alfalfa forage by NIRS. "Mediterranean Network for the Calibration of Nutritional Parameters of Alfalfa Hay using NIRS". 199-203.
- ❖ **A.O.A.C., 1990.** Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, AOAC, Arlington, VA.
- ❖ **Aufrere J., 1982.** Etude de la préviation de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. *Ann. Zootech.* 31 (2), 111-130.
- ❖ **Ballard V., 2009a.** Effet de la présence de luzerne déshydratée en association avec de l'ensilage de maïs sur le profil en acides gras du lait de vache. *Coop de France Déshydratation*, 1-19.
- ❖ **Ballard V., 2009b.** Analyse des valeurs alimentaires de la luzerne déshydratée en fonction du temps de préfanage. *Coop de France Déshydratation*, 1-34.
- ❖ **Baumont R., Champciaux P., Agabriel J., Andrieu J., Michalet-Doreau B. et Demarquilly C., 1999.** Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants : PrévAlim pour INRAtion. *INRA Prod. Anim.*, 12 (3), 183-194.
- ❖ **Beaudoin N., Denys D., Muller J.C., Monbrun M.D. et Ledain C., 1992.** Influence d'une culture de luzerne sur le lessivage du nitrate dans les sols de Champagne-Crayeuse. *Fourrages*, 129, 45-57.

- ❖ **Belbis G. H., 2007.** Flore du rumen : Origine, composition, Evolution, Conséquences physiopathologiques. Thèse de doctorat. Ecole National Veterinaire D'alfort.
- ❖ **Bellague D., Chedjrat A., Khedim A., Khelifi H., M'hammedi Bouzina M., Merabet B., Laouar M et ABDEGUERFI A., (2006).** Comportement et efficience d'utilisation de l'eau de Quelques cultivars de luzerne pérenne dans une région semi-aride en Algérie. INRAA .Hmadna Relizane. INA/INRAA. UNIV .Chlef/ INRAA. Alger.
- ❖ **Bellague D., 2010.** Effet des paramètres abiotique sur l'efficience et le comportement de la luzerne pérenne dans une région semi-aride. Thèse Magister. Science de l'eau et bioclimatologie. Chlef, 23- 34.
- ❖ **Benabderrahim M.A., Haddad M. et Ferchichi A., 2008.** Essai d'adaptation de 16 cultivars de luzerne pérenne (*Medicago sativa L*) dans un système oasien du sud tunisien : Gabes (local) et 15 cultivars étrangers. *Option méditerranéennes*. Série A, N° 79. CIHEM, 419- 422.
- ❖ **Blain C., 2002.** Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Tec et Doc. Ecole nationale vétérinaire de Lyon. 53-82.
- ❖ **Bolton J. L., Goplen B. P. et Baneziger H., 1972.** World distribution and historical développement, Ch, 1, in *Alfalfa science and technology monographie* N° 15. Edit: American Society of Agronomy, 1-34.
- ❖ **Bourgeois Bach S., 2005.** Culture et utilisation de la luzerne. ProConseil, Moudon, Association pour le développement de la culture fourragère, domaine de Changins.
- ❖ **Camille .M . 1980.** Fourrage, Ed. La maison rustique, Paris, 302p
- ❖ **Chaabena A., Abdelguerfi A. et Baameur M., 2004.** Comportement et caractérisation de quelques variétés de luzerne (*Medicago sativa L.*) dans la région de Ouargla. *Revue Agriculture*, vol. 13, n°3. 271-276.
- ❖ **Chatelier D., 2010.** La luzerne alliée naturelle de la biodiversité. *COOP de France Déshydratation, Réseau Biodiversité pour les Abeilles, Fotolia.*
- ❖ **Chebouti A., Abdelguerfi A. et Mefti M., 2000.** Effet du stress hydrique sur le rendement en gousses et en graines chez trois espèces de luzernes annuelles : *Medicago aculeata*, *Medicago orbicularis* et *Medicago truncatula*. *Options Mediterraneennes*, 163-166.
- ❖ **Chenost M., 1966.** L'indice de fibrosité des foins : mesures et relation avec la valeur alimentaire. *Ann. Zootech*, 253-257.
- ❖ **Chenost M., Grenet E., Demarquilly C., Jarrige R., 1970 -** The use of nylon bag technique for the study of forage digestion in the rumen and for predicting value.

Congres XI International Grwssland 1970: University of Queensland press 1970. 697-702.

- ❖ **Chenost M., Grenet E., 1971.** L'indice de fibrosité des fourrages, sa signification et son utilisation pour la prévision de la valeur alimentaire des fourrages. *Ann. Zootech*, 247-435.
- ❖ **Chibani C., Chabaca R. et Boulberhane D., 2010.** Fourrages algériens. 1. Composition chimique et modèles de prédiction de la valeur énergétique et azotée, 14p.
- ❖ **Childers W. R., 2008.** Encyclopédie Canadienne. (<http://www.thecanadianencyclopedia.com>).
- ❖ **Close W. et Minke K.H., 1986.** Selected tropics in Animal nutrition Deutsche Stiftung. Fur. Internationale Ent wicklung, Dok 1350c/a, Germany, Appendice I, A 57.
- ❖ **Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.X., Lehmann J., 2003.** Valeur nutritive des plantes des prairies. 7. Teneurs en acides aminés. *Revue suisse Agric.* 35, 259-264.
- ❖ **Daccord R., 2005.** Digestion chez les ruminants et digestibilité des fourrages. INW-ETHZ, 13. Mai 2005. [http://www.dbalp.admin.ch/de/publikationen/docs/pub\\_DaccordR\\_2005\\_15775.pdf](http://www.dbalp.admin.ch/de/publikationen/docs/pub_DaccordR_2005_15775.pdf)
- ❖ **Daccord R., 2006.** Estimation de la valeur nutritive des fourrages. *Alimentation (5.16)* 1-4.
- ❖ **Demarquilly C., Jarrige R., 1981.** Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages. In : C. Demarquilly (ed), Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, 41-59. *INRA, Paris*.
- ❖ **Demarquilly C., 1982.** influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe. Ed INRA, 50- 63.
- ❖ **Demarquilly C., 1987.** Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. INRA Paris, 689 p.
- ❖ **Demarquilly.C. et Andrieu.J. 1987.** Composition et valeur alimentaire des foin et des pailles. In DEMARQUILLY.C. Les fourrages secs : Récolte, Traitement, utilisation. Ed. INRA,France . 163-182.
- ❖ **Demarquilly C., Andrieu J., 1988.** Les fourrages. In : R. Jarrige (ed), Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins, 315-336. INRA, Paris.
- ❖ **Demarquilly C., Andrieu J., 1992.** Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert. *INRA Prod. Anim*, 5(3), 213-221.

- ❖ **Dewhurst R. et Coulmier D., 2004.** Effets des extraits à base de luzerne sur les acides gras du lait de vaches laitières Holstein. *Renc. Rech. Ruminants*, 2004, **11**.
- ❖ **Duthil J., 1967.** La production fourragère. Ed J-B, Baillière et fils. Paris, p 373.
- ❖ **Emile J.C., Traineau R., 1993.** Effet de la variabilité génétique sur la digestibilité in vivo de la luzerne. *Fourrages* (1993) 134, 251-254.
- ❖ **Fonty G., 1999.** Ecologie de la dégradation et de la fermentation des polysides constitutifs des parois végétales dans le rumen. *Cahiers d'Agricultures*. 8 (1) : 21-35.
- ❖ **Fonty G. et Chaucheyras-Durand F., 2007.** Les écosystèmes digestifs. *Ed. Technique et Documentation*, Paris,. 79-94 ; 158-187 ; 204-217 ; 252-265.
- ❖ **Gautier A., Renault P., Pellerin F., 1991.** Fiche technique d'analyse bromatologique. Société d'édition d'enseignement supérieur 5<sup>ème</sup> édition. Paris.
- ❖ **Getachew G., Edward J. D., Robinson P. H., 2004.**In vitro gas production provides effective method for assessing ruminant feeds. *California agriculture*, vol **58**, N°1 54-58.
- ❖ **Giger –Reverdin S., Sauvant D. et Chapoulot P., 2000.** Comparaison de 2 méthodes d'étude de la dégradation à cours et à moyen terme des aliments (*in sacco* et production de gaz *in vitro*). *Renc. Rech. Ruminants*, 2000,7, p206.
- ❖ **Giger-Reverdin S., Duvaux- Ponter., Sauvant D., Martin O., Nunes I. et Muller R. 2002.** Intrinsic buffering capacity of feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*, 96 :83-102.
- ❖ **Gofflot S., Agneessens R., Decruyenaere V. et Lecomte P., 2002.** Mise au point et performance d'un rumen artificiel en vue d'étudier les cinétiques de dégradabilité des matières organiques. *Renc. Rech. Ruminants*, 2002,9, p337.
- ❖ **Gunter J., Bounedjmate M., 1997.** Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc, INRA. MAROC, p 389.
- ❖ **Hnatyszyn M. et Guais A., 1988.** Les fourrages et l'éleveur. Agriculture d'aujourd'hui, Science- techniques et application, p450.
- ❖ **Hornick et al., 2003.** Nutrition spéciale des ruminants. Service de nutrition animale, Université de Liège.
- ❖ **INRA 2007.** Alimentation des bovins, ovins et caprins : Besoin des animaux, valeurs des aliments. Edition Quae, Versailles, 310p

- ❖ **Istasse L., Van Eenaeme C., Lambt O., Gilelen M. et Bienfait J M., 1981.** Etude de quelques facteurs de variation de la digestibilité in vitro : application à un foin traité ou non à la soude. Université de liège *Ann Zootech*, 30(2), 183-196.
- ❖ **Jarrige R., 1981.** Constituants glucidiques des fourrages : variations, digestibilité et dosage. In : C. Demarquilly ( ed), prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Publications, 78000 Versailles, 19-40.
- ❖ **Jarrige R., Demarquilly C. et Durhy J P., 1982.** La conservation des fourrages. *Bull. techn. CRZV. theix, IRNA*, 50, 5-32.
- ❖ **Jarrige R., 1988.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA. Paris, 174-430.
- ❖ **Jarrige R., Ruckebusch Y., Demarquilly C., Farce M. et Journet M., 1995.** Nutrition des ruminants domestiques. Ingestion et digestion. INRA, Paris.,p 30.
- ❖ **Jean blain C., Grancher D., Egron G et Alves L., 1992.** Cours de bromatologie. Chaire de nutrition et alimentation. Ed. ENVL, 95p.
- ❖ **Jones R. J. et Barnes P., 1996.** In vitro digestibility assessment of tropical shrub legumes using rumen fluid or faecal fluid as the inoculum source. *Tropical Grasslands* (1996) Volume 30, 374-377.
- ❖ **Jordan W R. et Müller R., 1980.** Genetic variability in sorghum root system: implications for drough resistance. In: *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. Tuener & Kramer Ed; New York Wiley interscience : 383-399.
- ❖ **Journet M., 1992.** La luzerne dans l'alimentation des Ruminants. station de Recherche sur la vache laitière, INRA, st. GILLES, France. pp 18-30 *Génétique* 40, Avenue du Recteur pineare 86022 poitiers, 15-20.
- ❖ **Khelifi H.E., Bellague D., Khedim A., Chedjrat A., M'Hammedi Bouzina M., Merabet B.A., Laour M., Benmessaoud A., Lazali M., Alouane Y., Hadj Omar K., Nabi M., Oumata S., et Abdelguerfi A., 2008.** Etude du comportement de seize cultivars de luzerne pérenne (*Medicago sativa*) conduits sous deux régimes hydriques dans deux régions (subhumide et semi-aride) de l'Algérie. *Options Méditerranéennes, SeriesA, N° 79* . 323-326.
- ❖ **Laouar M. et Abdelguerfi A., 2006.** Variabilité de la production de gousses et des graines chez quelques populations spontanées de *Medicago intertexta*. *Options Mediteraneennes*. pp 111-117.
- ❖ **Lebas F. et Goby J.P., 2005.** Valeur nutritive de la luzerne déshydratée à basse température chez le lapin en croissance. Première approche. 11<sup>e</sup> journées de la Recherche Cunicole, 29- 30 novembre 2005, Parie. 201- 204.
- ❖ **Lecoq R., 1965.** Manuel d'analyses alimentaires tome II. Ed Dion Paris. 1616-1621.
- ❖ **Lefrançois P. et Ruby F., 2003.** Prévision et santé. Une approche intégrée. Réseau proteus.

- ❖ **Lemaire G., Cruz P., Gosse G. et Chahartier M., 1985.** Etude des relations entre la dynamique de prélèvement d'azote et la dynamique de croissance en matière sèche d'un peuplement de luzerne (*Medicago sativa* L.). *Agronomie*, 5, 685-692.
- ❖ **Lemaire G. et Alirand J.M., 1993.** Relation entre croissance et qualité de la luzerne : interaction génotype-mode d'exploitation. *Fourrages*, 134 : 183-198.
- ❖ **Lemaire G. et Gastal F., 1997.** Nuptake and distribution in plant canopies. Pages 3–43 in G. Lemaire, ed. *Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.
- ❖ **Lemaire G., 2006.** La luzerne : productivité et qualité. Dans : Workshop international sur la diversité des fabacées fourragères et leurs symbiotes : applications biotechnologiques, agronomiques et environnementales. Alger. A. Abdelgeurfi (ed). 174-182.
- ❖ **Leussen., 1991.** Basic alfalfa germplasms differ in content of forage. Thèse de doctorat, Institut de biologie Moléculaire et d'ingénierie Génétique 40, Avenue du Recteur 86022 poitiers – crop sci, 31, 293-296.
- ❖ **Linddberg J.E., 1981.** The effect of Sample Size and Sample Structure on the degradation of drymatter, nitrogen and cell wall in nylon bags. *Swedish J. of Agric. Research* II: 71-81.
- ❖ **Ly J., 1997.** A study of washing losses and *in vitro* gas production characteristics of nine leaves from tropical trees and shrubs for ruminants. *Liv. Res. For Rur. Dev.* Vol. 9, N° 3.
- ❖ **Mauriera I. J., 2004.** Alfalfa (*Medicago sativa* spp. *Sativa*) population improvement: genetic diversity within and among *Medicago* species and trait. Associations within molecular markers. Doctor of philosophy (plant breeding and plant genetics). Uni Wisconsin, Madison. Etat-Unis, p 118.
- ❖ **Mauriès M., 1994.** La luzerne aujourd'hui. Editions France Agricole, Paris, 254 p.
- ❖ **Mauriès M. ; 1998.** Cour luzerne, module FO : production et gestion du système fourrager. GNIS et du SNDF. France. 22p.
- ❖ **Mauriès M., 2000a.** Chewing activity and digestive responses of cows fed alfalfa forages. *Revue : JOURNAL OF DAIRY SCIENCE – USA (1993)* 76, 175-182.
- ❖ **Mauriès M., 2000b.** Characterization of the management practices of the top milk producing herds in the country. *Revue : JOURNAL OF DAIRY SCIENCE – USA (1993)* 76, 3247-3256.
- ❖ **Mauriès M., 2001.** A Comparison of Two Methods of Combining Alfalfa Cubes With Corn Silage Fed to Lactating Cows. *Revue: Canadian Journal of animal science-Canada (1977)* 57, 559-565.

- ❖ **Mauriès.M., 2003.** Luzerne culture, récolte, conservation, utilisation. Ed. France Agricole. 240p.
- ❖ **Mc Dowell R.E. 1988.** Importance of crop residues for feeding livestock in small holder farming system. *Anim. Physio.and A Anim. Nutr*, 77: 35-43.
- ❖ **Meisser et Wyss., 2005.** Culture et utilisation de la luzerne. Association pour le développement de la culture fourragère. Domaine de changions, 1260 Nyon October 2005.
- ❖ **Menke K.H., Raab L., Salewski A. Steingass H., Friz D. Schneider W. 1979.** The estimation of the digestibility and metabolisable energy content for ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. Agr. Sci*, 92: 217-222.
- ❖ **Menke K.H. and Steingass H., 1988.** Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28: 7-55.
- ❖ **Michalet- Doreau B., Noziere P., 1999.** Intérêts et limites de l'utilisation de la technique des sachets pour l'étude de la digestion ruminale. INRA. Prod. Anim. 12, 195-206. 12(3), 195-20.
- ❖ **Michland Rory., 2009.** Caractérisation moléculaire des procaryotes et facteurs de variation des écosystèmes digestifs chez deux mammifères herbivores : approche comparée vache/lapin. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse, pp 36-37-48-52-56.
- ❖ **Miraglia N. et Tisserand J.L., 1985.** Prévion de la digestibilité des fourrages destinés aux chevaux par dégradation enzymatique. *Ann. Zootech.*, 1985, 34 (2), 229-236.
- ❖ **Mongeau J-R., 2011.** La valorisation des fibres de la ration. *Shur – Gain. Section Lactech*. 46-48.
- ❖ **Nadjai M., 1973.** Nutrition et alimentation des ruminants: Cas concerts. *Ed. Institut Technique d'élevage*, p 20.
- ❖ **Nagadi S., Herreno M. et Jessop N.S., 2000.** Effect of frequency of ovine ruminal sampling on microbial activity and substrate fermentation. The university of Edinburgh. West mains road. Edinburgh E 119 3 JG. UK.
- ❖ **Nedjraoui D., 2001.** Country pastures forage resource profiles Algeria <http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/Algeria/Algeria.htm>
- ❖ **Noura A., 2001.** Etude de la valeur alimentaire de onze pailles de blé récoltés et traités en Algérie : essai de prévion par la méthode de gaz test. *Thèse Magister INA El Harrach 59p*.

- ❖ **Offner. A., 2003.** Modélisation systémique de la digestion dans le rumen: comparaison des modèles existants, modélisation des flux d'amidon, approche thermodynamique des fermentations. Thèse de Doctorat. 203p.
- ❖ **Orskov E.R. et Ryle M., 1990a.** Feed quality and feed intake. In: Energy nutrition in ruminants. Ed. Elsevier Applied Science. 102-121.
- ❖ **Orskov E.R. et Ryle M., 1990b.** Towards future feed evaluation systems. In: Energy nutrition in ruminants. Ed. Elsevier Applied Science. 133 - 144.
- ❖ **Peyraud J.L. et Delaby L., 1994.** Utilisation de luzerne déshydratée de haute qualité dans les rations des vaches laitières. INRA. *Prod. Anim.*, 7(2), 125-134.
- ❖ **Peyraud J.L., Delaby L. et Lebois S., 1998.** Comparison of dehydrated lucerne and straw to reduce sub-acute ruminal acidosis syndrome in dairy cows fed highly energetic diets. *Coop de France Déshydratation*.
- ❖ **Poncet C., Rémond D., Lepage E. et Doreau M., 2003.** Comment mieux valoriser les protéagineux et oléagineux en alimentation des ruminants. *Fourrages* 174, 205-229.
- ❖ **Python P., Boessinger M. et Buchmann M., 2009.** Teneur moyenne en minéraux majeurs des fourrages secs ventilés selon l'altitude et la situation géographique. *AGRIDEA-Lausanne, Production animale, Jordils 1*.
- ❖ **Quezel P. et Santa S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I, Ed. centre national de la recherche scientifique (CNRS), Paris 7<sup>e</sup>. 566 p.
- ❖ **Rachedi K., 2005.** Étude de la fermentescibilité *in vitro* de plantes présahariennes par la microflore ruminale d'ovins Évaluation de la contribution spécifique des différentes fractions pariétales au pool des produits fermentaires. 64 p.
- ❖ **Rekik F., 2005.** Détermination quantitative et qualitative des potentialités fourragères des prairies naturelles de basse et moyenne altitude au niveau de la région de Batna. Thèse magister INA El Harrac 94p.
- ❖ **Renault J-C., 2003.** La luzerne : culture- utilisation. Co édité par le GNIS, Aravalis– Institut du végétal et l'élevage.
- ❖ **Robles V. R. E., 2006.** Effet de la fréquence de distribution de l'alimentation sur l'ingestion, le comportement d'ingestion et la fermentation ruminale chez des génisses en engraissement intensif. Tèse de doctorat. 13-19.
- ❖ **Robert P., Thiébeau P., Coulmier D. et Larbre D., 2010.** Luzerne et eau: mieux vaut prévenir que guérir. *COOP de France Déshydratation*.
- ❖ **Rochat O., 2005.** Culture et utilisation de la luzerne. *Association pour le développement de la culture fourragère (ADCF)*. Domaine de changins, 1260 Nyon.



- ❖ **Rupesh Ram k., 2007.** Alternate methods for cultivar synthesis in Alfalfa (*Medicago sativa* L). Thèse master. Univ Kerala Agricultural University. India, p 96.
- ❖ **Safietou T. F., 1988.** Utilisation digestive par les ruminants domestiques de ligneuses fourragères disponibles au SENEGALE. ISRA, P.B. 2057 .DAKAR - HANN.
- ❖ **Sauvant, D., 1988.** La modélisation de la digestion dans le rumen. *Reprod. Nutr. Dev.* 28, suppl. 1, 33-58.
- ❖ **Schoutteten F., 2004.** La luzerne. Fiche Technique. *Agro- industrie.* Champagne-Ardenne, p5. ([http:// nutrition- luzerne. Org](http://nutrition-luzerne.Org)).
- ❖ **Schubiger F. X., Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B. et Scehovic J., 2002.** Détermination de la digestibilité de plantes fourragères. *Revue suisse Agric.* 34 (1): 13-16.
- ❖ **Seker E., 2002.** The determination of the energy values of some ruminant feeds by using digestibility trial and gas test. *Revue Méd. Vét.*, 2002, 153, 5, 323-328.
- ❖ **Selmi H., Ben Gara A., Rekik B. and Rouissi H., 2011.** Effect of the Concentrate Feed on *in vitro*. Gas Production and Methane in Sicilo-Sarde Sheep. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 10 (3): 346-350,. ISSN 1818-6769.
- ❖ **Soltner D., 1986 ;** Alimentation des animaux domestiques. 17<sup>ème</sup>Ed. *collection sciences et techniques agricoles.* 399p.
- ❖ **Soltner D., 1988.** Les grandes productions végétales céréales- plantes sarclées-prairies. Ed Science et Technique Agricoles. Paris, 464p.
- ❖ **Soltner D., 1999. Les grandes productions végétales. 19<sup>ème</sup> Ed. collection sciences et techniques agricoles.** 391-449.
- ❖ **Suttie. J. M. 2004.** Conservation du foin et de la paille pour les petits paysans et les pasteurs. collection FAO. 97p.
- ❖ **Thiebeau P., Justes E. et Vanloot P., 2001.** Filière luzerne en France. Des atouts en faveur de l'environnement.*Perspectives Agricoles - n°266 - mars 2001.* 32-36.
- ❖ **Thiebeau P., Pamaudeau V. et Guy P., 2003.** Quel avenir pour la luzerne en France et en Europe. *Le courrier de l'environnement n°49, juin 2003.* 29-46.
- ❖ **Thivend P., Fonty G., Jouany J.P., Durand M et Gouet P., 1985.** Le fermenteur rumen. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 25 (4B), 729- 753.
- ❖ **Tilley J. et Terry R., 1963.** A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18, 104-111.
- ❖ **Tisserand J.L., 1991.** Fourrages et sous-produits méditerranéens. Présentation des tables de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits méditerranéens. *Option méditerranéenne. Série A n° 16.* 23-25.

- ❖ **Tjardes K.E., Buskirdk D.D., Allen M.S., Ames N.K., Bourquin L.D et Rust S.R., 2002.** Neutral Detergent Fiber concentration of corn silage and rumen inert bulk influences dry matter intake and ruminal digesta kinetics of growing steers. *J. Anim. Sci.*, 80: 833-840.
- ❖ **Traore E.H., 1998.** Facteurs de variations de la composition chimique et de la digestibilité des ligneux consommés par les ruminants domestiques au sahel. Thèse de doctorat. 101, 16-29.
- ❖ **Voltaire F., et Norton M., 2006.** Summer dormancy in perennial temperate grasses. *Annals of botany* 98 (5): 927- 933.
- ❖ **Van Soest P.J., 1982.** Nutritional ecology of the ruminant. O. and B. books, Corvalis, or. USA, 374p.
- ❖ **Waligora C., 2010.** Introduire la luzerne. De l'azote en quantités industrielles. *Technique. Cultivar- mars.* 42-45.

# *Annexes*

## Annexe 01 : composition de la salive artificielle

### Préparation de la solution « A »

Dissoudre dans environ 6 litres d'eau :

* Monohydrogénocarbonate de sodium NaHCO <sub>3</sub>	98g
* Monohydrogénophosphate de sodium Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	37,1g
* Chlorure de potassium (KCL)	5,7g
* Chlorure de sodium (NaCL)	4,7g
* Chlorure ou sulphate de magnésium :	
Mg Cl <sub>2</sub> , 7 H <sub>2</sub> O	1,2g

Compléter à 10 litres avec de l'eau distillée.

### ➤ Préparation de la solution « B »

Chlorure de calcium

CaCl <sub>2</sub>	4g
CaCl <sub>2</sub> , 2H <sub>2</sub> O	5,3g

Compléter à 100 cm<sup>3</sup> avec de l'eau distillée.

Le jour de l'utilisation, ajouter 1cm<sup>3</sup> de la solution « B » à 1000 cm<sup>3</sup> de solution « A », saturée en CO<sub>2</sub>, à un pH de 6.8 à 7.

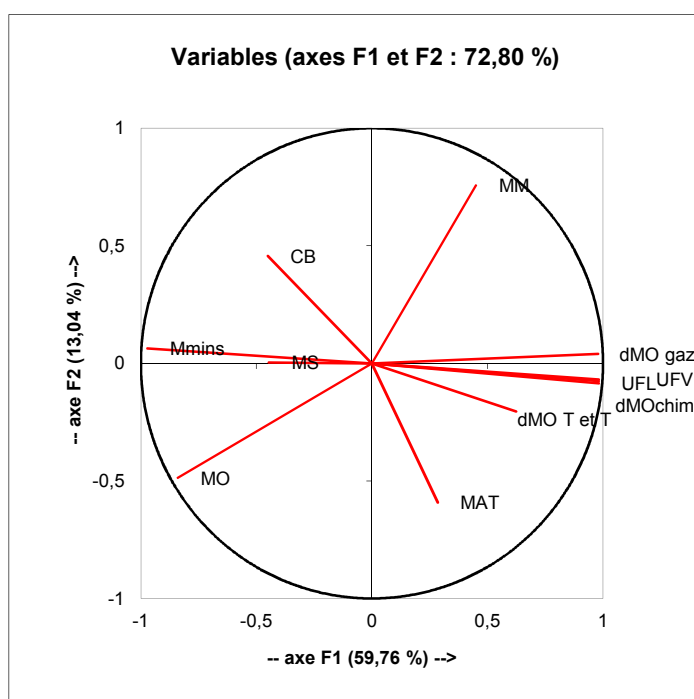
## Annexe 02 : Statistiques descriptives des variables

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
MS.%	64	85,260	96,000	91,603	2,635
MO%MS	64	80,100	89,310	86,461	1,835
NDF%MS	64	40,710	59,150	49,054	5,056
ADF%MS	64	23,470	42,040	32,174	5,040
MM%MS	64	10,670	17,500	13,298	1,556
Mmins%MS	64	2,700	9,950	5,216	1,264
UFL	64	0,690	1,010	0,864	0,089
MAD	64	132,070	255,340	172,198	28,333
dMOchim	64	58,240	78,090	68,940	5,459
dMO T et T	64	38,740	74,340	58,398	6,683
dMO gaz	64	49,760	70,840	58,817	5,706

### Annexe 03 :

	MS	MO	MAT	CB	MM	Mmins	UFL	UFV	dMOchim	dMO T et T	Dmo gaz
MS.%	<b>1</b>										
MO%MS	-0,051	<b>1</b>									
MAT%MS	-0,258	-0,042	<b>1</b>								
CB%MS	0,588	0,211	-0,613	<b>1</b>							
MM%MS	-0,069	-0,743	0,119	-0,349	<b>1</b>						
Mmins%MS	0,295	-0,468	-0,357	0,440	0,103	<b>1</b>					
UFL	-0,528	-0,426	0,414	-0,862	0,617	-0,241	<b>1</b>				
UFV	-0,525	-0,437	0,446	-0,890	0,634	-0,263	<b>0,995</b>	<b>1</b>			
dMOchim	-0,531	-0,433	0,447	-0,891	0,629	-0,265	<b>0,996</b>	<b>1,000</b>	<b>1</b>		
dMO T et T	0,166	-0,083	0,072	0,073	0,124	0,059	-0,081	-0,062	-0,065	<b>1</b>	
dMO gaz	0,493	0,271	-0,017	0,438	-0,349	0,147	-0,486	-0,497	-0,495	0,237	<b>1</b>

### Annexe 04 : Cercle de corrélation établie entre les variables :



**Annexe 05 : Valeur nutritive des cultivars par la méthode chimique et par coupe estimée par la composition chimique.**

	N° de coupe	UFL	UFV	MAD (g/kgMS)
Cultivar 1 Ecotipo siciliano	Coupe 1	0,93	0,87	216,78
	Coupe 2	0,83	0,75	201,43
	Coupe 3	0,79	0,71	157,93
	Coupe 4	0,83	0,76	147,37
Cultivar 2 prosomentì	Coupe 1	1,00	0,95	209,11
	Coupe 2	0,94	0,88	178,22
	Coupe 3	0,79	0,72	170,90
	Coupe 4	0,77	0,68	163,05
Cultivar 3 ABT 805	Coupe 1	0,7	0,68	247,58
	Coupe 2	0,93	0,87	161,55
	Coupe 3	0,80	0,72	157,93
	Coupe 4	0,77	0,69	132,25
Cultivar 4 Ameristand	Coupe 1	0,91	0,85	178,05
	Coupe 2	0,95	0,89	170,55
	Coupe 3	0,76	0,68	155,10
	Coupe 4	0,79	0,71	155,10
Cultivar 5 Mamuntanas	Coupe 1	0,94	0,88	178,31
	Coupe 2	0,92	0,86	170,55
	Coupe 3	0,75	0,66	154,13
	Coupe 4	0,78	0,69	147,43
Cultivar 6 Tamantit	Coupe 1	0,96	0,90	186,16
	Coupe 2	0,88	0,82	170,55
	Coupe 3	0,85	0,79	147,60
	Coupe 4	0,77	0,68	142,49
Cultivar 7 Sardi 10	Coupe 1	0,98	0,93	186,08
	Coupe 2	0,93	0,87	157,57
	Coupe 3	0,80	0,73	147,34
	Coupe 4	0,77	0,69	132,07
Cultivar 8 Siriver	Coupe 1	0,91	0,85	185,99
	Coupe 2	0,91	0,84	164,72
	Coupe 3	0,87	0,80	156,25
	Coupe 4	0,74	0,66	149,02
Cultivar 9 Africaine	Coupe 1	0,93	0,87	163,84
	Coupe 2	0,88	0,82	163,49
	Coupe 3	0,82	0,75	163,49
	Coupe 4	0,85	0,78	147,43
Cultivar 10 Gabes 2355	Coupe 1	0,98	0,92	186,34
	Coupe 2	0,98	0,92	178,22
	Coupe 3	0,81	0,73	147,16
	Coupe 4	0,79	0,71	139,57
Cultivar 11 Magali	Coupe 1	0,98	0,93	224,99
	Coupe 2	0,96	0,90	178,31
	Coupe 3	0,94	0,89	166,66
	Coupe 4	0,81	0,73	164,81
Cultivar 12 Melissa	Coupe 1	1,01	0,96	163,75
	Coupe 2	0,97	0,91	147,60
	Coupe 3	0,69	0,60	141,51
	Coupe 4	0,79	0,71	139,13
Cultivar 13 Coussouls	Coupe 1	1,00	0,94	255,34
	Coupe 2	0,96	0,90	201,25
	Coupe 3	0,85	0,78	193,31
	Coupe 4	0,77	0,69	180,87
Cultivar 14 Rich 2	Coupe 1	0,95	0,89	216,70
	Coupe 2	0,89	0,83	185,81
	Coupe 3	0,84	0,76	172,58
	Coupe 4	0,74	0,65	162,07

Cultivar 15 Erfoud	Coupe 1	1,00	0,94	209,2
	Coupe 2	0,95	0,89	201,17
	Coupe 3	0,77	0,69	201,17
	Coupe 4	0,70	0,60	146,81
Cultivar 16 Demnat	Coupe 1	0,95	0,89	251,02
	Coupe 2	0,88	0,81	161,55
	Coupe 3	0,80	0,72	154,13
	Coupe 4	0,78	0,70	132,25

**Annexe 06 : Quantités de gaz produites par les cultivars, par coupe.**

	<b>Cultivar</b>	2H	4H	6H	8H	12H	24H	30H	48H
<b>Coupe 1</b>	<b>E/siciliano</b>	13	18,5	23,5	29,25	46,25	48,5	53	62,25
	<b>prosomenti</b>	13,6	17,4	24	29,6	46,4	48	52	60,2
	<b>ABT 805</b>	11	14,66	19,33	25,66	41,66	43	47,66	56
	<b>Ameristand</b>	12,75	19,25	25,75	33	48,25	50,5	55,75	65,25
	<b>Mamuntanas</b>	10,5	13	15	20,5	35,5	37,5	41	49
	<b>Tamantit</b>	11	18	27,66	33,66	50	52,66	58	67
	<b>Sardi 10</b>	13	18	19,8	34	48,5	51	55,5	65
	<b>Sriver</b>	9	14,75	21,5	28,25	40,75	42,75	46,25	55,25
	<b>Africaine</b>	11,5	20	24	30,25	46,5	48	51,5	60,5
	Gabes 2355	12	13,75	16,5	20,5	34,5	35,5	39,25	48,75
	Magali	12	14,75	18,5	27,75	43,25	45,25	51,25	60,5
	Melissa	11,75	14,25	17,75	21	35,5	37,25	42,25	51,75
	Coussouls	12,25	15,25	20,75	25	40,75	43,75	49	59,75
	Rich 2	10,25	12,25	15,75	21,25	34	36,5	40,25	47,25
	Erfoud	9,5	14,25	21	25,5	41	43,25	47,5	55,5
	Demnat	13	18,75	27,75	32,75	49,25	51,25	57,25	67,5
Blanc	0,2	4	7	9	17	18	20	23	
<b>Coupe 2</b>	<b>E/siciliano</b>	9,25	12,75	16	20,3	30	33,25	36,75	43,25
	<b>prosomenti</b>	5,66	12,66	17,33	21,12	31,33	35,33	41	49,66
	<b>ABT 805</b>	6,25	12,25	16,75	19,8	32,5	37	41,5	50
	<b>Ameristand</b>	9,75	19,5	25,5	29,45	38	44	49,75	58,5
	<b>Mamuntanas</b>	10	16,66	22	27,11	40,33	44	50,66	59,66
	<b>Tamantit</b>	6,75	11,5	16,5	21	34,25	36,75	40,5	46,75
	<b>Sardi 10</b>	8	14,2	17,2	22	32	34,8	38,3	45,2
	<b>Sriver</b>	7,25	12,75	17,75	23	31	34	38,5	45,75
	<b>Africaine</b>	7	14,33	20,33	24	37,66	41,33	45,33	52,66
	Gabes 2355	7,66	12,66	18	23	33,66	37,66	42,33	49,66
	Magali	9,25	16,75	20,5	24	34,5	37,5	42,5	52
	Melissa	13	19,66	25,33	30	44,66	49,66	55	60
	Coussouls	5	15,66	18,25	25	39,33	43,33	47,66	56
	Rich 2	11,33	17	23	28	39	43	49,66	59,33
	Erfoud	9,2	16,2	20,8	25	37	40,4	44	52
	Demnat	8,75	14	19	23	35,75	39,25	43,25	51,75
Blanc	3	5	5	7	9	9,2	12	16	

<b>Coupe 3</b>	<b>E/siciliano</b>	7,75	12,5	14,25	16,25	31	34,5	38,5	43,25
	<b>prosomenti</b>	5	10	14	15,75	32,75	34,5	36,75	40,5
	<b>ABT 805</b>	8,75	13	15	16,5	33	34,5	36,75	39,5
	<b>Ameristand</b>	6,5	11,25	14,5	16,25	31,25	34,25	37,25	44,25
	<b>Mamuntanas</b>	6,75	12,5	15	17,5	32,5	37,5	40,75	43,25
	<b>Tamantit</b>	7,75	11,5	15,75	17	29,75	33,25	35	38,5
	<b>Sardi 10</b>	6,25	13,75	15,25	16,5	32,25	34,75	37,75	42,5
	<b>Siriver</b>	8,25	14	17,25	18,75	35	37,5	40,5	39,75
	<b>Africaine</b>	6,25	13,75	15,25	16,5	32,25	34,75	37,75	42,5
	Gabes 2355	3,5	8,25	9	10,8	23	32,5	38	46,25
	Magali	4	7,75	12,25	13,75	26,75	30,25	32,25	41,5
	Melissa	4,75	9,25	11,75	13,5	27,25	31,75	33,5	43
	Coussouls	4	8,33	11	13,33	25,25	30,33	36	41,66
	Rich 2	3	5,25	7,5	9,5	23	26,25	28	32,25
	Erfoud	5	9	11,33	12,33	24,33	27	30	38
	Demnat	4,5	9	12,5	15,5	29,25	31,75	34,75	43,75
	Blanc	0,1	0,2	0,2	0,3	1,3	1,4	2,3	6,3
<b>Coupe 4</b>	<b>E/siciliano</b>	5	6,75	11,33	12,66	25	27	30	38
	<b>prosomenti</b>	3,5	6,25	9,5	12,25	27,25	31	35,5	41,25
	<b>ABT 805</b>	4,5	8,25	11,75	14	27	30,25	36,75	46
	<b>Ameristand</b>	5	8	11,66	14	29,33	33,33	37,33	48,33
	<b>Mamuntanas</b>	5	9,4	10,8	12,8	27,4	30	33,4	40,8
	<b>Tamantit</b>	3,25	7,75	10,75	12,25	25,5	27,75	31	37,5
	<b>Sardi 10</b>	5	8	11,6	13,8	27	30	32,2	39,2
	<b>Siriver</b>	3,75	6	8,25	11	24,5	27,5	29,75	35,5
	<b>Africaine</b>	4,25	7,5	9,5	11,5	24,75	28,5	32,5	42
	Gabes 2355	3,4	8,25	9	10,8	23	32,5	38	46,25
	Magali	4	7,75	12,25	13,75	26,75	30,25	32,25	41,5
	Melissa	4,75	9,25	11,75	13,5	27,25	31,75	33,5	43
	Coussouls	4	8,33	11	13,33	25,25	30,33	36	41,66
	Rich 2	3	5,25	7,5	9,5	23	26,25	28	32,25
	Erfoud	5	9	11,33	12,33	24,33	27	30	38
	Demnat	4,5	9	12,5	15,5	29,25	31,75	34,75	43,75
	Blanc	0,1	0,2	0,2	0,3	1,3	1,4	2,3	6,3



# ملخص

يمكن تحديد القيمة الغذائية للأعلاف بواسطة أساليب مخبرية مختلفة. في هذا العمل استخدمت ثلاث طرق غير مباشرة: الطريقة الكيميائية وطريقة اختبار الغاز وطريقة تيلي وتيري لتحديد القيمة الغذائية لستة عشر صنف من الفصة المعمرة، زرعت في محطة تجريبية بالحمادنة في الجزء السفلي من الشلف. أظهرت النتائج التي حصلنا عليها باستخدام الطرق الثلاثة في هذا العمل، القيمة الغذائية للأصناف المدروسة في تغذية الحيوانات، وذلك نظرا لمحتواها من الطاقة و الأزوت المثير للاهتمام، وكذلك النسب المئوية العالية للهضم. ولذلك فإن اختيار وتطوير هذه الأصناف من العلف يستحق التعهد، بالأخذ بالاعتبار، زيادة على المردود، التحليل الكيميائي و نسب الهضم.

وهكذا فإن الصنف المحلي Tamantit ، سيئ التأقلم بالحمادنة ، استطاع ان يعادل أو يفوق حتى على نطاق واسع الأصناف الأخرى بالنسبة لمعظم الخصائص الغذائية. ان لعدد مرات الحصاد تأثير كبير جدا على جميع الخصائص المدروسة.

**كلمات المفتاح:** الفصة ، صنف ، قيمة الأزوت ، قيمة الطاقة ،نسبة الهضم.

## Résumé

La valeur alimentaire des fourrages peut être déterminée par différentes méthodes de laboratoire (analyse *in vitro*). Dans ce travail, trois méthodes indirectes : méthode chimique, méthode de gaz test et méthode de Tilley et Terry, ont été utilisées pour la détermination de la valeur alimentaire de seize variétés de luzerne pérenne cultivées dans la station expérimentale de Hmadna dans le bas Chelif.

Les résultats obtenus par les trois méthodes au cours de ce travail, ont montré l'intérêt nutritif des variétés testées dans l'alimentation des animaux et ce pour leur contenu énergétique et azoté intéressant, ainsi que pour les pourcentages de digestibilité élevés.

De ce fait, le choix et le développement de ces cultivars fourragers mérite d'être entrepris en prenant en considération l'analyse fourragère et la digestibilité en complément du rendement.

Ainsi le cultivar local Tamantit mal acclimaté à Hmadna avec un faible rendement a pu égaler ou même dépasser largement les variétés introduites pour certains caractères nutritifs.

Le numéro de coupe exerce un effet très hautement significatif sur tous les paramètres étudiés. C'est le principal facteur discriminant de la valeur alimentaire des variétés étudiées.

**Mots clés :** Luzerne, cultivar, coupe, valeur azotée, valeur énergétique, digestibilité.

## Abstract

The feeding value of fodder can be given by several laboratory methods (*in-vitro* analyzes). In this work, three laboratory methods (indirect); chemical, gas test method also the one of Tilley and Terry, were used to determine the feeding value for sixteen varieties of perennial Luzerne cultivated on four segments in the experimental plant of Hmadna (Lower Cheliff plain). The obtained results by the three used methods showed the nutritive interest of our varieties for the animals and for their interesting energetic and nitrogenize content, therefore, the high percentage of digestibility, In this contrast, the introduction and the development of these new cultivar fodder deserve being undertaken to obtain a good fodder production in term of quality and quantity.

The cultivar Tamantit local could equalize or even exceed largely the introduced varieties for many characters.

The number of segments has a highly significant effect on all the studied parameters.

**Key Words:** Alfalfa, cultivar, nitrogenize value, energy value, digestibility.