

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB DE BLIDA

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département de Biotechnologie

THÈSE DE DOCTORAT

en Sciences Agronomiques

**ÉVALUATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DE QUELQUES
VARIÉTÉS DE GRAMINÉES PÉRENNES D'INTÉRÊT
FOURRAGER DANS LA ZONE DE MITIDJA**

Par

Mustapha NABI

Devant le jury composé de :

A. BERBER	Professeur	U. Blida 1	Président
R. KAIDI	Professeur	U. Blida 1	Directeur de thèse
A. ABDELGUERFI	Professeur	ENSA Alger	Co-directeur de thèse
D. KHELEF	Professeur	ENV Alger	Examineur
H. MEFTI KORTEBY	Maitre de conférences A	U. Blida 1	Examinatrice
M. TAHERTI	Maitre de conférences A	U. Chlef	Examineur

Avril, 2019

RÉSUMÉ

En Algérie, le problème d'alimentation du cheptel se résume à la pauvreté de l'offre fourragère due à la faiblesse des superficies emblavées, au manque d'eau et à la non maîtrise des techniques culturales

Pour cela, il est plus qu'urgent d'étudier et de relancer de nouvelles variétés fourragères adaptées aux conditions algériennes afin de mieux couvrir les besoins nutritionnels des animaux.

Parmi les fourrages qui semblent répondre au mieux aux caractéristiques du climat du sud méditerranéen, les graminées pérennes ont une importance majeure dans le système de production agricole et une place importante du point de vue économique et santé.

La connaissance de la valeur nutritive des fourrages destinés aux ruminants est indispensable pour la pratique du rationnement à fin de couvrir leur besoins nutritionnels et éviter les déséquilibres alimentaires.

A travers la première étude faite à l'ITELV, nous avons constaté globalement que son élevage bovin laitier est confronté à des contraintes d'ordre alimentaires que techniques qui bloquent sérieusement les perspectives d'amélioration des performances du cheptel. Les techniques de rationnement sont aussi absentes sur terrain. Les vaches laitières reçoivent une ration distribuée indépendamment de leur stade physiologique ou de leur niveau de production tout le long de l'année.

Les mauvaises pratiques alimentaires semblent avoir des incidences graves sur la santé de la vache et permettent d'agir à court terme et d'une manière différente sur les taux de matière grasse et protéique qui varient selon le régime alimentaire, le type d'apport azoté et énergétique dans la ration, notamment pour le TB qui varie plus que le TP sous l'effet de l'alimentation.

Concernant la 2^{ème} étude, notre essai a mis en évidence l'intérêt de l'introduction des fourrages verts à base de graminées dans le système fourrager algérien. Il a montré la capacité d'adaptation de ces variétés pérennes aux

conditions d'alimentation hydrique difficile, même à des basses températures, de produire en quantité et en qualité pour les ruminants domestiques grâce à leur valeur énergétique et azotée.

Dans l'ensemble, nos variétés pérennes ont donné des productions fourragères satisfaisantes par rapport à la littérature et les meilleurs rendements en matière verte ont été notés par les variétés Porto bis (23,53 t/ha) et Fraydo (13,06 t/ha) respectivement pour le Dactyle et la Fétuque élevée.

Dans les mêmes conditions du déficit hydrique, les variétés pérennes ont eu des valeurs nutritives supérieures à celles des graminées annuelles et satisfaisantes par rapport aux autres travaux réalisés sur les mêmes espèces.

Globalement, les variétés de l'espèce Fétuque ont donné les meilleures valeurs énergétiques (en moyenne de 0,79 UFL et 0,73 UFV) et azotées (en moyenne de 76,08 g PDIN et 81,7 g PDIE / kg de MS) par rapport aux autres variétés mises en essai.

Il y a lieu de noter que l'essai des graminées pérennes a pratiquement présenté des DMO très satisfaisantes par rapport à celles données par les variétés annuelles avec des valeurs moyennes respectives de 69,03 et 66,26%.

Par rapport à la littérature, les graminées pérennes, malgré le stress hydrique, ont enregistré des teneurs faibles en Ca et P (respectivement 0,95 et 0,18 g / kg de MS en moyenne) et sont supérieures à celles des graminées annuelles.

Mots clés : Algérie, alimentation, graminées pérennes, performances zootechniques, production fourragère, valeur nutritive.

ABSTRACT

In Algeria, the problem of feeding the livestock comes down to the poverty of the forage supply due to the small area sown, the lack of water and the lack of control of farming techniques. For this, it is more than urgent to study and revive new forage varieties adapted to Algerian conditions to cover the nutritional needs of animals.

Among the fodder that can adapt better to the characteristics of the southern Mediterranean climate, perennial grasses are of major importance in the agricultural production system and have an important place from the economic and health point of view.

Knowledge of the nutritional value of ruminant forages is essential for the practice of rationing in order to cover their nutritional needs and to avoid food imbalances.

Through the first study done at ITELV, we have found overall that its dairy cattle farming faces food and technical constraints that seriously block the perspectives to improve livestock performance. Rationing techniques are also absent in the field. Dairy cows receive a distributed ration regardless of their physiological stage or level of production throughout the year.

Poor dietary practices appear to have a serious impact on the health of the cow and can act in a short term and in a different way on the levels of fat and protein that vary according to the diet, the type of nitrogen and energy intake in the ration, especially for butyrous rate that varies more than the protein rate under the effect of the diet.

Concerning the second study, our trial highlighted the interest of the introduction of grass-based green fodder in the Algerian fodder system. He showed the adaptability of these perennial varieties to adapt to difficult water conditions even at low temperatures and to produce in quantity and quality for domestic ruminants thanks to their energy and nitrogen content value.

Overall, our perennial varieties gave satisfactory forage yields compared to the literature and the best green yields were noted by the varieties Porto bis (23,53 t / ha) and Fraydo (13,06 t / ha) respectively for Cocksfoot and Tall Fescue.

Under the same conditions of water deficit, the nutritional values of the perennial varieties were higher than those of the annual grasses and satisfactory compared to the other works carried out on the same species.

In general, the varieties of the species Fescue gave the best energy values (an average of 0,79 UFL and 0,73 UFV) and nitrogen (an average of 76,08 g PDIN and 81,7 g PDIE / kg DM) compared to the other varieties tested. It should be noted that the perennial grass trial practically showed very satisfactory dOM compared to annual varieties with respective average values of 69,03% and 66,26%, respectively.

Compared to the literature, perennial grasses, despite water stress, recorded low levels of Ca and P (respectively 0,95 and 0,18 g / kg of DM on average) and are higher than those of annual grasses.

Key words: Algeria, feeding, perennial grasses, zootechnical performance, forage production, nutritional value.

ملخص

في الجزائر، تنحصر مشكلة تغذية الماشية في فقر إمدادات الأعلاف بسبب المساحة الصغيرة المزروعة، ونقص المياه، وعدم التحكم في تقنيات الزراعة. لهذا، من الملح دراسة وتحديث أصناف العلف الجديدة التي تتكيف مع الظروف الجزائرية لتلبية الاحتياجات الغذائية للحيوانات على نحو أفضل. من بين الأعلاف التي يبدو أنها تلائم أفضل خصائص مناخ جنوب البحر الأبيض المتوسط، فإن الأعشاب المعمرة لها أهمية كبيرة في نظام الإنتاج الزراعي ومكانة هامة من الناحية الاقتصادية والصحية.

معرفة القيمة الغذائية لعلف المجترات أمر ضروري لتقنين و تلبية احتياجاتهم الغذائية ولتجنب عدم التوازن الغذائي.

من خلال الدراسة الأولى التي تم إجراؤها في المعهد التقني لتربية الأبقار، وجدنا بشكل عام أنهم يواجهون معوقات غذائية وفنية تعرقل بشكل خطير آفاق تحسين أداء الثروة الحيوانية حيث أن تقنيات التغذية غائبة في هذا المجال. إذ أن الأبقار الحلوب تتلقى نفس حصة التغذية بغض النظر عن المرحلة الفسيولوجية أو مستوى الإنتاج طوال السنة.

يبدو أن الممارسات الغذائية السيئة لها تأثير خطير على صحة البقرة ويمكن أن تعمل على المدى القصير وبطريقة مختلفة على مستويات الدهون والبروتين التي تختلف وفقا للنظام الغذائي، وخاصة بالنسبة لمحتوى الدهون الذي يختلف أكثر من محتوى البروتين تحت تأثير النظام الغذائي.

فيما يتعلق بالدراسة الثانية، سلطت تجربتنا الضوء على الاهتمام بإدخال العلف الأخضر القائم على العشب في نظام الأعلاف الجزائري. وأظهر قدرة هذه الأصناف الدائمة على التكيف مع ظروف المياه الصعبة وحتى في درجات الحرارة المنخفضة، لإنتاج الأعلاف كما و نوعا للمجترات.

بشكل عام، أنتجت أصنافنا الدائمة محصول علف مرضي مقارنة بنتائج البحوث ولوحظت أفضل غلات خضراء من قبل Porto bis (23.53 طن / هكتار) و Fraydo (13 طن / هكتار) التابعة على التوالي ل *Dactylis glomerata* و *Festuca arundinacea*.

في ظل نفس الظروف من عجز المياه، كانت الأصناف المعمرة لديها قيم غذائية أعلى من الأعلاف السنوية ومرضية مقارنة مع الأعمال الأخرى التي أجريت على نفس النوع.

لقد أعطت أصناف *Festuca arundinacea* أفضل قيم للطاقة (بمتوسط 0.79 UFL و 0.73 UFV) و آزوتية (بمتوسط 76.08 غ / PDIN / كغ من المادة الجافة و 81.7 غ / PDIE / كغ من المادة الجافة) مقارنة مع الأصناف الأخرى التي تم اختبارها.

ونشير أيضا أن اختبار الأعشاب المعمرة قد أظهر ميدانيا قابلية هضم للمواد العضوية dMO مقارنةً بالأصناف السنوية بمتوسط قيم 69.03% و 66.26% على التوالي.

و مقارنة مع الأبحاث التي أجريت و رغم الإجهاد المائي، سجلت الأعشاب المعمرة مستويات منخفضة من الكالسيوم و الفوسفور قدرت على التوالي ب 0.95 و 0.18 غ / كغ من المادة الجافة) وهي أعلى من الأعشاب السنوية.

الكلمات المفتاحية: الجزائر، التغذية، الأعشاب المعمرة، قدرات حيوانية، إنتاج العلف، القيمة الغذائية.

REMERCIEMENTS

Gloire à « **ALLAH** » le tout puissant et le miséricordieux qui m'a donné la force et la patience pour accomplir ce travail.

En premier lieu, je tiens à remercier profondément mon directeur de thèse le Professeur KAIDI Rachid, d'avoir assuré la direction et l'encadrement de mes travaux de thèse. Ses orientations précieuses, ses compétences ainsi que son aide et disponibilité m'ont permis de mener à bon terme cet œuvre.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi à mon codirecteur de thèse le Professeur ABDELGUERFI Aissa. Tout au long de ce travail, il a su m'apporter un soutien constant, une écoute, une confiance et des conseils constructifs et avisés à la hauteur de ses réelles qualités humaines et professionnelles.

Je tiens aussi à remercier vivement les membres du jury de cette thèse :

- Professeur Berber Ali de m'avoir accordé l'honneur de présider notre jury de thèse. Hommages respectueux.
- Mes remerciements vont également aux Professeur KHELEF Djamel (ENV Alger), Docteur MEFTI Hakima (Université Blida 1) et Docteur TAHERTI Mourad (Université de Chlef) d'avoir accepté sans hésitation de faire partie du jury et d'examiner ce travail. Qu'ils trouvent ici mon profond respect et ma parfaite considération.

Je n'oublie pas d'exprimer mes vives reconnaissances à mes parents, à ma femme, mes enfants et à ma famille pour leur soutien moral dans les moments les plus difficiles.

Je remercie chaleureusement Professeur DJAZOULI Zahreddine qui m'a accompagné avec bienveillance lors des traitements et interprétation des données statistiques. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance. Merci infiniment mon frère.

Mes sincères remerciements aux responsables de l'Institut Technique des Elevages de Baba Ali, en particulier Madame BOULBERHANE, Chef de

département des ruminants et Madame DIAF, Responsable du laboratoire central des analyses sans oublier le personnel technique de la station bovine, pour leur collaboration active, leur aide et disponibilité.

En fin, de nombreuses personnes, de tous horizons, m'ont aidé, ne serait-ce par un sourire, qu'elles reçoivent ici le témoignage de ma reconnaissance.

DÉDICACES

Je dédie ce travail à mes chers parents, que Dieu les protège et leur donne santé et longue vie. Je vous serais toujours reconnaissant, sans vous je ne serais jamais arrivé là.

A ma chère femme, qui partage ma vie au jour le jour, qui me supporte, m'épaule, sait trouver les mots pour me motiver et qui rend ma vie plus belle tous les jours. Nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments. Merci pour tout et aussi de m'avoir supporté.

A mes adorables enfants Mahmoud et Wafaa, cadeaux du bon dieu, qui ont illuminé ma vie en la remplissant de joie et de bonheur, sans vos encouragements, je n'aurai jamais pu continuer. Je vous aime !!!

A mes frères et sœurs surtout Ikram qui n'a jamais cessé de m'encourager, ainsi qu'à mes nièces et neveux. Un grand merci pour votre soutien moral.

A ma belle famille Hadj Omar.

A tous ceux qui comptent pour moi...

Mustapha Nabi

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	
ABSTRACT	
المخلص	
REMERCIEMENTS	
DÉDICACES	
TABLE DES MATIÈRES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
INTRODUCTION.....	22
PREMIÈRE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. APERÇU SUR L'ELEVAGE ET LA PRODUCTION FOURRAGÈRE EN ALGÉRIE	
1.1. Situation des fourrages en Algérie	24
1.1.1. Fourrages artificiels.....	25
1.1.1.1. Fourrages consommés en vert	25
1.1.1.2. Fourrages consommés en sec	27
1.1.2. Fourrages naturels	28
1.1.2.1. La jachère fauchée	28
1.1.2.2. Les prairies naturelles	28
1.2. Aperçu sur l'élevage en Algérie.....	29
2. CARACTÉRISTIQUES BOTANIQUES ET NUTRITIVES DES GRAMINÉES	
2.1. Généralités	32
2.2. Classification botanique	32
2.3. Caractéristiques morphologiques.....	32
2.3.1. L'appareil végétatif	33
2.3.2. L'appareil reproducteur	33
2.4. Cycle végétatif	34
2.4.1. La période végétative	34

2.4.2. Période de reproduction	35
2.5. Phases du cycle végétatif	35
2.6. Intérêts des graminées	36
2.6.1. Intérêts agro-pédologiques	36
2.6.2. Intérêts écologiques et économiques	36
2.6.3. Intérêts zootechniques	36
2.7. Etude de quelques espèces de graminées	37
2.7.1. Orge	37
2.7.2. Avoine	38
2.7.3. Sorgho	42
2.7.4. Fétuque élevée	43
2.7.5. Dactyle	46
2.7.6. Phalaris	48
3. VALEUR ALIMENTAIRE ET FACTEURS DE VARIATION	
3.1. Notion de valeur alimentaire	51
3.2. Facteurs de variation de la valeur alimentaire	51
3.2.1. Famille botanique et espèce	51
3.2.2. Age et stade de végétation.....	53
3.2.3. Conditions pédoclimatiques	55
3.2.3.1. Climat.....	55
3.2.3.2. Sol.....	56
3.2.4. Techniques culturales	56
3.2.5. Conditions d'exploitation	56
3.2.6. Choix d'un stade optimum pour le bétail	57
3.2.6.1. Inconvénients d'une herbe trop jeune	57
3.2.6.2. Stade optimum de coupe	57
3.2.6.3. Influence du mode de conservation du fourrage	57
4. ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIÈRE	
4.1. Les besoins nutritifs de la vache laitière	59
4.1.1. Besoins d'entretien	59
4.1.2. Besoins de croissance et de reconstitution des réserves	60
corporelles	
4.1.3. Les besoins de gestation	61
4.1.4. Besoins de production laitière	61

4.1.5. Besoins en eau	63
4.2. Evaluation de l'état nutritionnel des vaches laitières.....	64
par la note d'état corporel	
4.2.1. Notation de l'état corporel	64
4.2.2. Principe, méthode et intérêt de la notation de l'état corporel	65
4.2.3. Profil de l'état corporel de la vache laitière	68
4.3. Alimentation des vaches laitières au cours de la lactation	70
4.3.1. Début de la lactation	71
4.3.2. Milieu de lactation	73
4.3.3. Fin de lactation	74
4.3.4. Le tarissement	75
4.3.5. Facteurs de variation de la qualité et de la production du lait	76
4.3.5.1. Facteurs liés à l'animal	76
4.3.5.1.1. Effet génétique	76
4.3.5.1.2. Facteurs physiologiques	78
4.3.5.1.2.1. Effet de l'âge au premier vêlage	78
4.3.5.1.2.2. Effet rang de lactation	79
4.3.5.1.2.3. Effet du stade de lactation	80
4.3.5.1.2.4. Effet de l'état de gestation	81
4.3.5.1.2.5. Effet de l'état sanitaire	82
4.3.5.2. Facteurs liés à l'environnement	83
4.3.5.2.1. Effet de l'alimentation	83
4.3.5.2.1.1. Effet des apports énergétiques	83
4.3.5.2.1.2. Effet des apports azotés	84
4.3.5.2.1.3. Effet de la sous- alimentation	85
4.3.5.2.1.4. Effet de la nature de la ration de base	87
4.3.5.2.1.5. Effets de la proportion de concentré dans la ration	87
4.3.5.2.1.6. Effet des apports en matières grasses	88
4.3.5.2.1.7. Effet de la mise à l'herbe	88
4.3.5.2.1.8. Effet d'apport en autres aliments.....	90
4.3.5.2.1.9. Effet de l'aspect physique des aliments	91
4.3.5.2.2. Effet du climat.....	92
4.3.5.2.3. Effet du tarissement	93

4.3.5.2.4. Effet du mois vêlage	93
4.3.5.2.5. Effet bien être	94
DEUXIÈME PARTIE : ETUDE EXPÉRIMENTALE	
5. EFFETS DES PRATIQUES ALIMENTAIRES SUR QUELQUES	
PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DES VACHES LAITIÈRES	
DE L'ITELV DE BABA-ALI	
5.1. Introduction	95
5.2. Objectif	96
5.3. Description de la région d'étude.....	96
5.3.1. Caractéristiques climatiques	97
5.3.1.1. Température	98
5.3.1.2. Pluviométrie	98
5.4. Matériel et méthodes	99
5.4.1. Matériel animal	99
5.4.2. Matériel végétal	100
5.4.3. Mesures réalisées	102
5.4.3.1. Evaluation de la production fourragère	102
5.4.3.2. Détermination de la composition chimique des fourrages	102
utilisés par l'ITELV	
5.4.3.2.1. Techniques de récolte des échantillons pour analyse	102
5.4.3.2.2. Analyses chimiques	103
5.4.3.3. Mesure des paramètres étudiés	105
5.4.3.3.1. Notation de l'état corporel	105
5.4.3.3.2. Production laitière totale mensuelle	106
5.4.3.3.3. Taux butyreux et taux protéique	106
5.4.4. Analyses des données	106
5.5. Résultats et discussion	107
5.5.1. Rendement en matière verte des graminées cultivées à l'ITELV	107
5.5.2. Caractérisation chimique des graminées annuelles étudiées	108
5.5.3. Evolution de la note d'état corporel	109
5.5.4. Evolution de la production laitière	112
5.5.5. Evolution de la composition chimique du lait	113
5.5.5.1. Taux butyreux	114
5.5.5.2. Taux protéique	115

5.5.5.3. Utilisation du ratio TB/TP	115
5.6. Conclusion	119
6. VALEUR NUTRITIVE ET RENDEMENT DE PLUSIEURS VARIÉTÉS DE GRAMINÉES PÉRENNES CULTIVÉES DANS LA RÉGION DE MITIDJA	
6.1. Introduction	121
6.2. Objectif	122
6.3. Matériel et méthodes.....	122
6.3.1. Matériel végétal	122
6.3.2. Conditions expérimentales	124
6.3.2.1. Localisation de l'essai	124
6.3.2.2. Conditions climatiques.....	125
6.3.2.3. Caractéristiques du sol.....	125
6.3.2.4. Gestion de l'essai.....	126
6.3.2.4.1. Travail du sol	126
6.3.2.4.2. Le semis	126
6.3.2.4.3. La fertilisation	127
6.3.2.4.4. Le désherbage	127
6.3.2.4.5. Contrôle des ravageurs	127
6.3.2.4.6. Irrigation	127
6.3.2.4.7. Fauche	128
6.3.2.5. Dispositif expérimental	128
6.3.3. Rendement.....	128
6.3.4. Analyses chimiques	128
6.3.5. Calcul de la valeur nutritive	129
6.3.5.1. Valeurs énergétiques en unité fourragère lait (UFL)	129
et unité fourragère viande (UFV)	
6.3.5.2. Valeurs azotées en protéines digestibles dans l'intestin	131
d'origine alimentaire (PDIA), en protéines digestibles dans	
l'intestin grâce à l'azote disponible (PDIN) et en protéines	
digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (PDIE)	
6.3.6. Analyses statistiques	132
6.4. Résultats et discussion	133

6.4.1. Variabilité intra variétale de la composition chimique	133
des graminées fourragères pérennes	
6.4.1.1. Teneurs en matière sèche.....	134
6.4.1.2. Teneurs en matière organique	134
6.4.1.3. Teneurs en matières azotées totales	135
6.4.1.4. Teneurs en cellulose brute	135
6.4.1.5. Teneurs en calcium	136
6.4.1.6. Teneurs en phosphore	136
6.4.2. Variabilité intra variétale du rendement des graminées	137
fourragères étudiées	
6.4.2.1. Rendement en matière verte	138
6.4.2.2. Rendement en matière sèche	139
6.4.3. Tendances de la composition chimique et du rendement	140
des variétés étudiées dans une optique intra variétale	
6.4.4. Potentialités des variétés de graminées étudiées dans	142
la couverture des besoins de la vache laitière	
6.4.5. Valeurs nutritives et digestibilité des fourrages étudiés	145
6.4.5.1. Digestibilité de la Matière organique	145
6.4.5.2. Valeurs énergétiques et azotées des variétés pérennes	147
6.4.5.2.1. Valeurs énergétiques	147
6.4.5.2.1.1. Valeurs énergétiques en unités fourragères lait	147
6.4.5.2.1.2. Valeurs énergétiques en unités fourragères viande	149
6.4.5.2.2. Valeurs azotées	150
6.4.5.2.2.1. Valeurs azotées en PDIN	150
6.4.5.2.2.2. Valeurs azotées en PDIE	152
6.5. Conclusion	154
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	155
APPENDICES	
APPENDICE A.....	160
APPENDICE B.....	161
APPENDICE C.....	162
APPENDICE D : Liste des abréviations	168
RÉFÉRENCES.....	170

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Evolution des superficies agricoles et fourragères 25 (hectares)	25
Tableau 1.2 : superficies et production des fourrages exploités 26 en vert ou ensilés	26
Tableau 1.3 : Production moyenne annuelle et par zone des fourrages 27 en vert de 2005 à 2014 (en milliers de quintaux)	27
Tableau 1.4 : Production moyenne annuelle et par zone des 28 fourrages artificiels en Sec de 2005 à 2014 (en milliers de quintaux)	28
Tableau 1.5 : Evolution du cheptel national (2005-2014) 30	30
Tableau 2.1 : Composition chimique et valeur nutritive de l'orge 39	39
Tableau 2.2 : composition chimique et valeur nutritive..... 41 De l'avoine fourrager	41
Tableau 2.3 : Composition chimique et valeur nutritive 44 du sorgho fourrager	44
Tableau 2.4 : Production (en irrigué) de la Fétuque par coupe 45 en Mitidja	45
Tableau 2.5 : Composition chimique et valeur alimentaire 47 de <i>Festuca arundinacea</i>	47
Tableau 2.6 : Composition chimique et valeur alimentaire 49 du <i>Dactylis glomerata L.</i>	49
Tableau 3.1 : Pourcentage des feuilles (légumineuses) et des.....52 Limbes (graminées) à différents stades de croissance	52
Tableau 3.2 : Variation de la composition chimique des limbes et 52 des tiges + gaines des graminées, et des feuilles et des tiges de la luzerne	52
Tableau 3.3 : Variation des teneurs en MAT, en CB et en NDF 54 des graminées et des légumineuses (en % MS)	54
Tableau 3.4 : Variations journalières moyennes sur le plan de 54 la composition chimique et de la digestibilité des fourrages en fonction de la prolongation du stade de croissance	54

Tableau 4.1 : Besoins d'entretien de la vache laitière (étable entravée).....	60
en fonction de son poids vif	
Tableau 4.2 : Besoins de gestation de la vache laitière.....	61
(au-dessus de l'entretien) pour un veau pesant 40kg	
à la naissance	
Tableau 4.3 : Besoins de production de un kilogramme de lait standard	62
Tableau 4.4 : Besoins énergétiques et azotés de production en fonction ...	62
des taux butyreux et protéique	
Tableau 4.5 : Besoins quotidiens en calcium et phosphore de la vache	63
laitière	
Tableau 4.6 : Besoins en eau d'une vache en fonction de son stade	64
Physiologique et la température du milieu	
Tableau 4.7 : Evolution des besoins journaliers en UFL, PDI et Calcium.....	73
de la vache laitière de la fin d'une lactation au pic de	
la lactation suivante	
Tableau 4.8 : Résultats du contrôle laitier et par lactation.....	78
Tableau 4.9 : Influence de l'âge au vêlage de la génisse sur la	79
production laitière	
Tableau 4.10 : Influence du numéro de lactation sur la quantité et	80
la composition du lait produit	
Tableau 4.11 : Influence du niveau des apports azotés en début.....	85
de lactation sur la production et la composition du lait	
Tableau 4.12 : Effet de la sous-alimentation en début de lactation sur	86
la production Laitière	
Tableau 4.13 : Effets de la finesse de hachage d'une ration	91
(55% de foin de luzerne- 45% de concentré) sur les	
performances des vaches laitières	
Tableau 5.1 : Températures moyennes mensuelles (°C)	98
de l'année 2014	
Tableau 5.2 : Répartition mensuelle moyenne des précipitations.....	99
de l'année 2014	
Tableau 5.3 : Calendrier fourrager de l'année 2014.....	101

Tableau 5.4 : Quantités d'aliments distribuées durant l'année d'étude	101
Tableau 5.5 : Composition chimique des fourrages cultivés à l'ITELV	108
Tableau 5.6 : Note d'état corporel mensuelle du troupeau en fonction	111
du nombre de vaches par stade de lactation et de la typologie de la ration alimentaire	
Tableau 5.7 : Evolution mensuelle en % des cas de cétose et d'acidose	117
Tableau 6.1 : Caractéristiques physico-chimiques essentielles.....	125
de la parcelle	
Tableau 6.2 : Composition chimique des variétés de Dactyle et de	133
Fétuque élevée (Moyenne \pm SE)	
Tableau 6.3 : Variabilité intra variétale des rendements en vert.....	137
et en sec des espèces de graminées étudiées	
Tableau 6.4 : Principales variétés de graminées étudiées sources de	143
Matières azotées totales, de calcium et de phosphore (Moyenne \pm SE)	
Tableau 6.5 : Principales variétés de graminées étudiées sources de	143
matière sèche et de cellulose brute (Moyenne \pm SE)	
Tableau 6.6 : valeurs nutritives et digestibilité de graminées pérennes	145
étudiées	

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Evolution de l'effectif de l'espèce ovine de 2005 à 2014.....	31
Figure 2.1 : Caractéristiques morphologiques d'une graminée	33
Figure 2.2 : Caractéristiques morphologiques de l' <i>Hordeum vulgare</i>	37
Figure 2.3 : Caractéristiques morphologiques d' <i>Avena sativa</i>	40
Figure 2.4 : Caractéristiques morphologiques du <i>Sorghum sudanense</i>	42
Figure 2.5 : Caractéristiques morphologiques de <i>Festuca arundinacea</i>	45
Figure 2.6 : Caractéristiques morphologiques du <i>Dactylis glomerata</i>	46
Figure 2.7 : Caractéristiques morphologiques du <i>Phalaris aquatica</i>	48
Figure 4.1 : Evolution de la note d'état corporel en fin de gestation et en lactation sur des vaches multipares Charolaises nourries selon les besoins	66
Figure 4.2 : Grille de profil de note d'état corporel et représentation	69
des valeurs idéales pour une vache laitière multipare	
Figure 4.3 : Courbe de lactation chez la vache	70
Figure 4.4 : Evolution de la production et de la composition du lait, de la..... Capacité d'ingestion et du poids vif des vaches laitières au cours de la lactation	72
Figure 4.5 : Les périodes de risque d'engraissement chez les vaches laitières	75
Figure 4.6 : Evolution de la production et de la composition chimique	81
du lait selon le stade lactation	
Figure 4.7 : Effet du déficit énergétique en début de lactation sur	86
la production Laitière	
Figure 4.8 : Proportion du concentré dans la ration et son effet.....	88
sur le taux butyreux	
Figure 4.9 : Evolution de la production laitière au pâturage selon	90
le niveau de production à la mise à l'herbe	
Figure 5.1 : Situation et caractéristiques de la plaine de la Mitidja.....	97
Figure 5.2 : Rendement en matière verte des graminées	107
annuelles étudiées	
Figure 5.3 : Evolution de la note d'état corporel mensuelle du troupeau	110
Figure 5.4 : Evolution de la production laitière totale durant l'année 2014 ..	112

Figure 5.5 : Evolution mensuelle des taux butyreux et protéiques (%).....	113
Figure 5.6 : Evolution mensuelle du ratio TB/TP des vaches étudiées	116
Figure 5.7 : Evolution mensuelle des cas de cétose au cours de l'année d'étude	118
Figure 6.1 : Projection des valeurs de la composition chimique et du rendement des différentes variétés de Dactyle sur les deux axes de l'ACP	141
Figure 6.2 : Projection des valeurs de la composition chimique et..... du rendement des différentes variétés de Fétuque élevée sur les deux axes de l'ACP	142
Figure 6.3 : Digestibilité de la Matière organique en% des variétés..... étudiées	146
Figure 6.4 : Valeurs énergétiques en UFL des graminées pérennes étudiées	147
Figure 6.5 : Valeurs énergétiques en UFV des variétés pérennes	149
Figure 6.6 : Valeurs PDIN des variétés de graminées	150
Figure 6.7 : Valeurs PDIE des variétés pérennes étudiées	152

INTRODUCTION

En Algérie, le déficit chronique en lait ou en viande est dû essentiellement à une mauvaise alimentation du troupeau, tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Cela est dû à un déséquilibre de la balance fourragère [1]. 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 [2].

Ce problème d'alimentation du cheptel se résume à la pauvreté de l'offre fourragère due à la faiblesse des superficies emblavées, au manque d'eau et à la non maîtrise des techniques culturales [3]. Les éleveurs sont alors obligés d'alimenter leur cheptel avec des fourrages de moindre qualité mais surtout d'utiliser des concentrés d'une manière abusive ce qui déprécie la productivité, augmente les coûts de production et présente un risque élevé de troubles métaboliques [4].

L'une des particularités des systèmes fourragers de notre pays est l'absence totale de la prairie artificielle à base de graminées ou légumineuses. Les ressources fourragères sont assurées principalement par les parcours, les jachères, les chaumes des céréales et le foin grossier de la culture des associations (vesce-avoine, pois-avoine, vesce-orge...) [5] ; [6].

Les cultures fourragères dites intensives destinées aux bovins laitiers sont limitées et méritent une attention particulière [7]. La production quantitative et qualitative de ces cultures est très mal connue et l'utilisation de nouvelles espèces ou cultivars fourragers de graminées et de légumineuses adaptés aux conditions algériennes peut être d'un apport déterminant [8].

Cette solution nécessite des investissements dans les semences, l'irrigation, la formation et la vulgarisation des techniques de production, de transformation et de conservation des fourrages ; par conséquent de nombreuses années sont nécessaires au développement d'une telle solution obligatoire et radicale [9].

Parmi les fourrages qui semblent répondre au mieux aux caractéristiques du climat du sud méditerranéen, les graminées pérennes ont une importance majeure dans le système de production agricole et une place importante du point de vue économique et santé [10].

L'appréciation des performances zootechniques des ruminants par l'alimentation s'avère un excellent outil de l'estimation de l'efficacité alimentaire en quantité et en qualité, permettra une gestion plus rationnelle des ressources alimentaires et en particulier fourragères.

La connaissance de la valeur nutritive des fourrages destinés aux ruminants est indispensable pour la pratique du rationnement à fin de couvrir leur besoins nutritionnels et éviter les déséquilibres alimentaires.

C'est dans ce contexte, que nous nous sommes proposés :

Dans une première étude, de faire un état des lieux sur les pratiques alimentaires adoptées par la station bovine de l'ITELV de Baba Ali et voir leur impact sur quelques paramètres zootechniques des vaches laitières à savoir : l'état corporel, la production et la qualité du lait. L'étude a concerné une année de suivi des cultures fourragères à base de graminées annuelles utilisées par la ferme de démonstration et la plupart des éleveurs de la Mitidja, en déterminant leur rendements et leur compositions chimiques, en vue de les caractériser et de prédire leur valeurs nutritives propres aux conditions algériennes capables d'être exploitées pour le calcul exact des rations alimentaires.

Dans une deuxième étude, la mise en essai dans la même région et précisément dans la station de l'ITGC de Oued Smar, de nouvelles variétés de graminées fourragères pérennes au nombre de 16, appartenant à trois espèces : Dactyle, Fétuque élevée et Phalaris, utilisées pour la première fois en Algérie. L'étude a porté sur l'évaluation de la valeur nutritive et le rendement de ces fourrages, destinés pour l'alimentation des ruminants et en particulier les vaches laitières.

PREMIÈRE PARTIE
ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. APERÇU SUR L'ÉLEVAGE ET LA PRODUCTION FOURRAGÈRE EN ALGÉRIE

1.1. Situation des fourrages en Algérie :

En Algérie la production des fourrages est marginalisée, tant du point de vue des surfaces qu'elle occupe que dans sa diversité et sa productivité [11] ; [12].

Les terres algériennes impliquées dans la production fourragère, ne représentent que 3.55% de la superficie du territoire. Ces terres s'élèvent à environ 42 millions d'hectares représentées essentiellement par les milieux naturels, en l'occurrence les pacages et parcours (76.9%) et les jachères (7.1%) [13].

Les ressources fourragères en Algérie, se composent principalement de chaumes de céréales, de végétation des jachères pâturées, de parcours steppiques et forestiers, de maquis et de peu de fourrages cultivées qui sont la base de l'alimentation du cheptel herbivore [2].

Les fourrages cultivés sont essentiellement constitués par les fourrages secs (environ 2/3 des surfaces fourragères) et sont souvent récoltés à des stades tardifs et fanés trop longtemps au soleil [14].

Durant la période 2005-2014, la superficie totale réservée aux cultures fourragères était faible avec une moyenne de 606031,4 hectares, soit environ 7.19% de la SAU (moyenne de 2005 à 2014), emblavées annuellement en fourrages artificiels (secs, en verts ou ensilés) [13]. Durant ces années, cette surface a connue des variations avec une augmentation remarquable en 2014 (916001 ha).

Ces fourrages cultivés sont concentrés dans le nord du pays et sont dominés par quelques espèces : l'orge, l'avoine et les associations vesce-avoine, pois-avoine et pois-orge et participent peu à l'alimentation du cheptel comparativement aux aliments importés et aux ressources spontanées [15].

En effet, selon Bouazza et Boutata [16], la faiblesse de la contribution des fourrages artificiels est liée principalement à celle de la production de semence et à la faible diversification des espèces cultivées.

1.1.1. Fourrages artificiels :

Les fourrages artificiels sont représentés par les fourrages consommés en secs et ceux consommés en verts ou ensilés [17] ; [18].

La variation des superficies fourragères est probablement due au démembrement de grandes exploitations agricoles, leur évolution dans les dix dernières années est représentée dans le Tableau 1.1.

Selon les statistiques du M.A.D.R.P [13], les fourrages cultivés représentent environ 8.98% de la SAU (moyenne 2005-2014). Durant ces années, cette surface a connu des variations avec une bonne augmentation en 2014 (916001 ha).

1.1.1.1. Fourrages consommés en vert :

L'évolution des superficies ainsi que les productions des fourrages verts des différentes cultures utilisées pour l'alimentation des animaux d'élevage sont illustrées dans le Tableau 1.2, qui montre que les légumineuses occupent des superficies peu importantes et variables, contrairement aux graminées fourragères (maïs, sorgho, orge, avoine et seigle).

Il faut souligner que l'orge avec toutes ces formes (pâturage en vert, fauché ou en grain) constitue l'un des éléments clés des systèmes fourragers en Algérie et en Afrique du nord [19] ; [20].

Les légumineuses constituent aussi une ressource assez importante. En hiver et au printemps, le bersim constitue souvent la seule ressource fourragère verte pour le cheptel bovin laitier. Il est relayé en été par la luzerne pérenne et le sorgho, ce dernier est la culture estivale la plus pratiquée compte tenu de sa résistance à la sécheresse. Le maïs fourrager est rarement utilisé, surtout dans les rares endroits où l'eau ne constitue pas un facteur limitant [21].

Tableau 1.1 : Evolution des superficies agricoles et fourragères (hectares)

Fourrages Années	SAU	Prairies Naturelles	Jachères Fauchées	Artificiels	Pacages Et parcours
2005	8389640	26070	118667	484152	32821550
2006	8403570	25548	140177	611817	32776670
2007	8414670	25462	202299	493793	32873225
2008	8424760	24297	147430	588890	32884875
2009	8423340	24550	244733	416297	32955880
2010	8435028	24750	199412	669490	32938300
2011	8445490	24820	217034	544172	32942086
2012	8454630	24335	250510	641713	32943690
2013	8461880	26626	183447	693989	32969435
2014	8465040	25777	254990	916001	32965976

Tableau 1.2 : superficies et production des fourrages exploités en vert ou ensilés

Fourrage	Mais , sorgho		Orge, avoine, seigle		Trèfle, luzerne		Divers		Total	
	Superficie (ha)	Production (Qx)	Superficie (ha)	Production (Qx)	Superficie (ha)	Production (Qx)	Superficie (ha)	Production (Qx)	Superficie (ha)	Production (Qx)
2005	7087	938720	74315	5709720	6604	1174380	1297	197550	89303	8020370
2006	5546	823840	96860	5767896	7521	1402264	1220	261000	111149	8255000
2007	6111	1085010	74797	5875400	7870	1317765	3675	394245	92453	8672420
2008	6015	1071335	77818	5450350	6336	1231135	9267	702870	99436	8455690
2009	7075	1236678	72215	7253973	8377	1799933	32353	1846020	120020	12136604
2010	7687	1825970	91446	8052077	10033	2906197	12092	231886	121258	13016130
2011	10158	2282730	104209	9380646	10964	2874150	11227	419514	136936	14930040
2012	11217	2198065	115276	10955515	12350	343625	12281	556645	151124	16823850
2013	10982	2335177	11275	11293784	15653	3485773	15599	578414	154805	17693148
2014	9525	2456424	99161	10702091	15511	3577330	21815	950493	146032	17686338

Les graminées hivernales assurent une production nationale de 8.534.010 quintaux, suivies par les légumineuses, avec une production de 2.590.470 quintaux et les graminées estivales (maïs et sorgho), avec 1.809.290 quintaux. Les autres fourrages cultivés en vert ne représentent que 683.070 quintaux (Tableau 1.3).

Tableau 1.3 : Production moyenne annuelle et par zone des fourrages en vert de 2005 à 2014 (en milliers de quintaux)

Zone	Fourrages artificiels en vert		
	Orge-Avoine- Seigle	Autres	Trèfle-Luzerne
Humide	1163,19	52,76	1230,36
Subhumide	2723,36	213,68	183,14
Semi-aride	3236,46	280,69	413,64
Aride	1411,00	135,94	763,33
Total national	8534,01	683,07	2590,47

1.1.1.2. Fourrages consommés en sec :

L'alimentation animale en Algérie est basée essentiellement sur le foin de vesce-avoine souvent conservé dans de bonnes conditions [8] ; [12]. Sa production totale est de 1.842.300 quintaux largement supérieure à celle du foin de luzerne qui atteint 261.290 quintaux (Tableau 1.4).

D'une manière générale, la culture des légumineuses, notamment celle de la luzerne, est très peu pratiquée dans notre pays, malgré ses intérêts zootechniques, agro-pédologiques et économiques [22].

Les céréales reconverties avec 2.196.600 quintaux, représentent 18,07 % de la production nationale de foins. Les fourrages divers cultivés en sec, assurent la plus importante production avec 7.854.280 quintaux, soit 64,62 % de la production de foin en Algérie.

Tableau 1.4 : Production moyenne annuelle et par zone des fourrages artificiels en Sec de 2005 à 2014 (en milliers de quintaux)

Zone	Fourrages artificiels en sec			
	Vesce-avoine	Luzerne	Céréales Reconvertis	Divers
Humide	541,53	11,46	71,90	739,85
Subhumide	1097,81	11,49	909,15	4882,89
Semi-aride	175,31	192,19	1180,25	2023,03
Aride	27,65	46,15	35,30	208,51
Total national	1842,30	261,29	2196,60	7854,28

1.1.2. Fourrages naturels :

Selon MADRP [13], les fourrages naturels sont constitués par la jachère fauchée et les prairies naturelles, ils représentent en moyenne 2.62% de la SAU durant la période 2005-2014.

1.1.2.1. La jachère fauchée :

La jachère a toujours occupée des superficies plus importantes que celles réservées aux cultures fourragères. Chaque année, des millions d'hectares (3 millions d'hectares) sont laissés en jachères dans les zones de moyenne et faible pluviométrie (200 à 400 mm) [23]. La production moyenne annuelle pour l'ensemble du territoire national est estimée à 10.324.190 quintaux, qui constitue une importance en tant que ressources fourragères et alimentaires [6] ; [13].

1.1.2.2. Les prairies naturelles :

Les prairies naturelles occupent une surface faible et variable et sont situées surtout dans l'est algérien. Leur composition est très variable, elle est sous la dépendance étroite du mode d'exploitation, des conditions climatiques et de la

richesse de la flore spontanée [24]. La production moyenne annuelle au niveau national est de 698.458 quintaux [13].

La prairie permanente constitue la base des ressources fourragères des systèmes d'élevage des ruminants et assure un ensemble de services environnementaux [1]. Selon Abbas et al [25], l'absence d'une approche globale du développement agricole et la volonté d'intensification trop spécifique de certaines spéculations notamment la céréaliculture, ont en effet, induit une continuelle destruction des espaces prairiaux.

1.2. Aperçu sur l'élevage en Algérie :

L'Algérie est un grand pays d'élevage, ou il a gardé son caractère traditionnel basé sur les nomades, les sédentaires et sur l'exploitation des ressources de la steppe, des parcours des hauts plateaux et de la jachère [26].

Le cheptel est constitué par des espèces asines, caprines et camelines dont la rusticité fait qu'elles tirent profit des plus maigres ressources naturelles ainsi que des rations les plus réduites et les moins régulières, et des espèces ovines, bovines et équines moins rustiques et plus exigeantes que les précédentes espèces [27].

Le tableau 1.5 représente l'évolution des effectifs des animaux d'élevage de l'année 2005 jusqu'à 2014 [13]. Il en ressort que 78,68% de l'effectif est constitué par le cheptel ovin, 14,51% par les caprins, 5,79% par les bovins et les camelins ne représentent que 1% des effectifs.

Tableau 1.5 : Evolution du cheptel national (2005-2014)

Années	Bovine		Ovine		Caprin		Camelin
	Vache laitière	Total	Brebis	Total	Chèvres	Total	
2005	828300	1586070	10396250	18909110	2027100	3589880	286560
2006	847640	1607890	10696580	19615730	2151340	3754590	286670
2007	859970	1633810	10899540	20154890	2200645	3837860	291360
2008	853523	1640730	10924626	19946150	2159576	3751360	295085
2009	882282	1682433	11852024	21475969	2298611	3962120	301118
2010	915400	1747700	13086963	22868770	2492855	4287300	313990
2011	940690	1790140	13848690	23989330	2578950	4411020	318755
2012	966097	1843930	14620905	25194105	2658890	4594525	340140
2013	1008575	1909455	15297185	26572980	2894480	4910700	344015
2014	1072512	2049652	16191021	27807743	2967407	5129839	354465

L'élevage bovin joue un rôle important dans l'économie agricole algérienne. Il contribue à raison de 30% dans la couverture des besoins nationaux en protéines animales [28]. L'effectif bovin a connu ces dernières années une augmentation, passant de 1586070 têtes en 2005 à 2049652 têtes en 2014, soit une augmentation de 463582 têtes. Celui des vaches laitières est passé de 82830 têtes à 1072512 têtes, ce qui correspond à une augmentation de 244212 têtes.

Le cheptel ovine occupe une place très importante dans l'économie nationale. Cette espèce est répartie sur toutes les zones du pays avec une forte concentration dans les zones subhumide, semi-aride et aride [29] ; [30].

Durant la décennie 2005 à 2014, le nombre de l'espèce ovine a connu une augmentation importante (Figure 1.1). il est passé de 18909110 têtes (dont 10396250 têtes de brebis) en 2005 à 27807743 têtes (dont 16191021 têtes de brebis) en 2014 sur le territoire national.

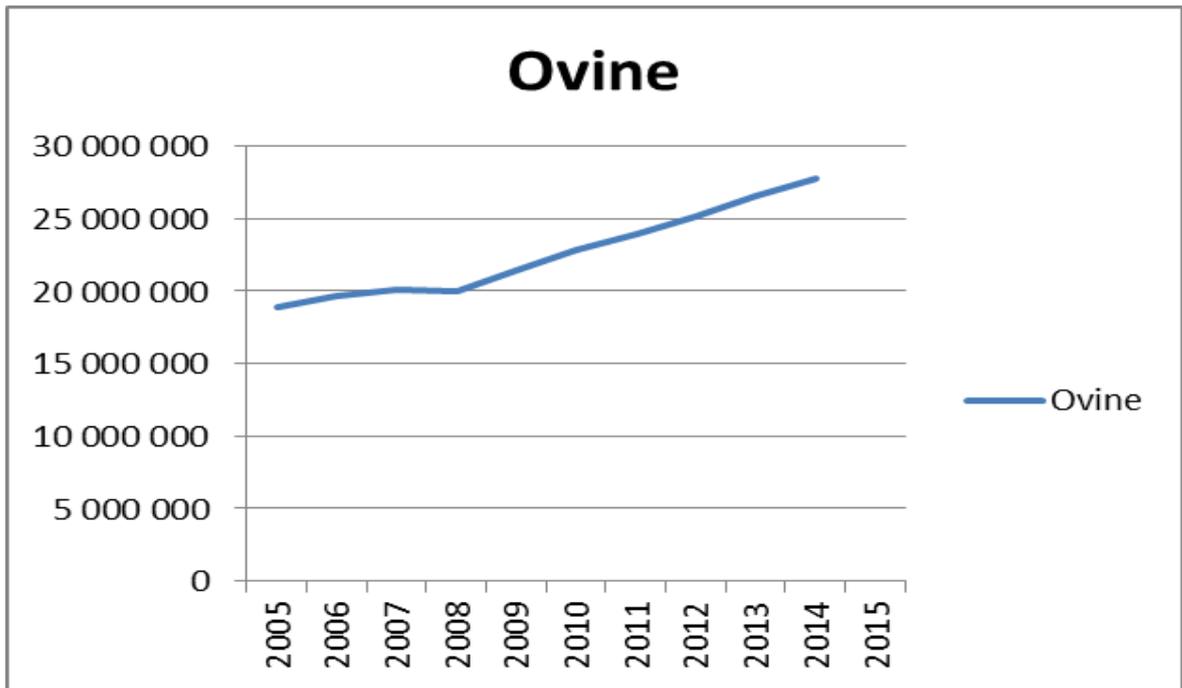


Figure 1.1 : Evolution de l'effectif de l'espèce ovine durant la décennie 2005 à 2014

Il est à signaler que l'effectif de cette espèce, augmente d'une année à une autre malgré les abattages massifs, surtout pendant la période de l'aïd où des millions de têtes sont sacrifiées chaque année. Ce confirme son adaptation aux conditions locales de pâturage des parcours steppiques et des chaumes de céréales sur les hauts plateaux [29].

L'élevage caprin est principalement concentré dans les régions difficiles (végétation rare et le plus souvent ligneuse, parcours accidentés) [31].

Durant la décennie 2005 à 2014, l'effectif de l'espèce caprine a enregistré un accroissement régulier, il est passé de 3589880 têtes (dont 2027100 têtes de chèvres) en 2005 à 5129839 têtes (dont 2967407 têtes de chèvres) en 2014.

Pour l'élevage camelin, son évolution est irrégulière. Il est au maximum en 2014 avec 354465 têtes et au minimum en 2005 avec 286560 têtes. Il est répartie en abondance dans la zone semi-aride et aride, l'effectif reste très marginale à cause des abattages souvent incontrôlés et des exploitations clandestines [32].

2. CARACTÉRISTIQUES BOTANIQUES ET NUTRITIVES DES GRAMINÉES

2.1. Généralités :

Les poacées communément connues sous le nom de Graminées, sont des plantes herbacées annuelles ou vivaces. La famille des graminées est très homogène, elle fait partie de la classe des monocotylédones, comptant plus de 600 genres et 10 000 espèces réparties dans le monde entier [33]; [34]; [35].

Les graminées sont des plantes herbacées aisément reconnaissables par leurs caractéristiques morphologiques. Elles constituent la famille des herbes, des céréales, des plantes de prairies, de steppes, etc.

2.2. Classification botanique :

La classification botanique des graminées, rapportée par [36]; [37] est :

- Règne : des végétaux
- Embranchement : des Spermaphytes
- Sous embranchement : des Angiospermes
- Classe : des Monocotylédones
- Série : Monocotylédones super ovarii
- Ordre : des Poales (Glumâles)
- Famille : Graminées

Les graminées se divisent en deux sous familles :

- Panicacées (saccarifères) comprenant les genres : *Zea*, *Oryza*, *Sacharum*.
- Poacées (fructosifère) comprenant les genres : *Poa*, *Bromus*, *Avena*, *Lolium*, *Agropyrum*, *Triticum*, *Ordeum* [38].

2.3. Caractéristiques morphologiques :

Les caractéristiques morphologiques les plus importantes, illustrées dans la figure 2.1, sont :

- Une tige creuse, cylindrique, portant des nœuds.
- Les feuilles sont alternées, distiques et engainantes composées par :

- La gaine : partie inférieure entourant la jeune pousse.
- Le limbe : partie supérieure, généralement rubanée et parfois pliée ou enroulée.
- Une inflorescence : en panicule, ou en épi.
- La graine est un caryopse à cotylédon unique.

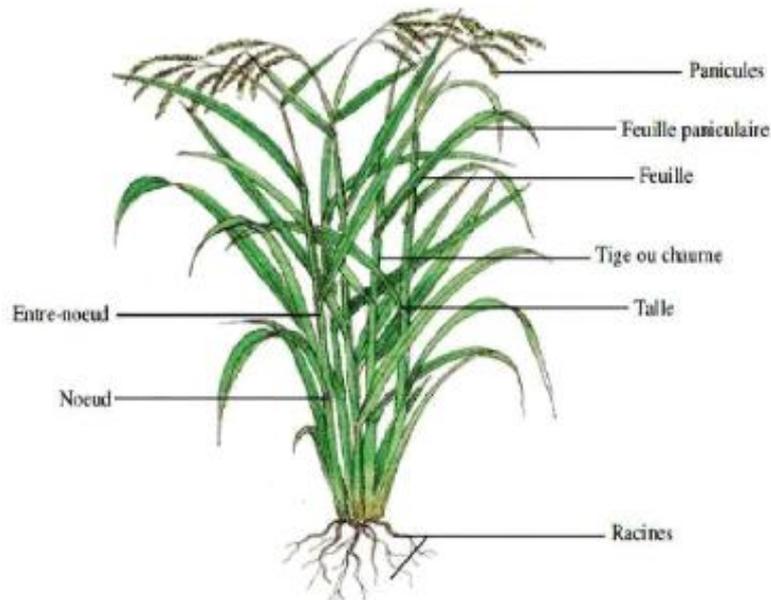


Figure 2.1 : Caractéristiques morphologiques d'une graminée [39]

2.3.1. L'appareil végétatif :

Les graminées sont des plantes herbacées ; celles qui sont annuelles possèdent des racines fasciculées ; celles qui sont vivaces sont pourvues d'un rhizome ramifié qui assure chaque année, la pousse de nouvelles tiges aériennes. Les tiges ou chaumes sont de taille réduite. Les feuilles sont distiques, engainantes, pourvues à la base d'une ligule [40].

2.3.2. L'appareil reproducteur :

Les fleurs des graminées comprennent chacune un pédoncule court sur lequel sont fixées à la base deux glumelles et au sommet les pièces florales, constituées en générale de deux sépales, de trois étamines et d'un carpelle à double stigmate plumeux dont l'ovaire est le futur grain. Parfois, assez nombreuses

(de 2 à 15 suivant les espèces), elles s'insèrent sur un axe très court qui porte à sa base deux bractées protectrices et forment, alors, un épillet [41] ; [42].

On distingue deux types bien distincts d'épillets [41] :

- Les épillets sessiles, directement répartis sur un axe qui leur est commun.
- Les épillets pédicellés, insérés sur des pédoncules ramifiés et qui constituent une grappe composée, ou panicule.

Le fruit est un caryopse, c'est-à-dire un akène à enveloppe soudée au tégument de graine.

2.4. Cycle végétatif :

Le cycle de développement d'une graminée comprend trois grandes périodes :

- La période végétative.
- La période de reproduction.
- La période de maturation.

2.4.1. La période végétative :

Selon GILLET [40], la période végétative comprend trois stades :

1- Stade germination-levée : c'est la première étape du cycle, très exigeante en humidité (30% à 40%) et en température (8°C). Quand ces conditions sont réunies, apparaissent alors, dans l'ordre, la racine principale, la coléoptile et la première feuille au-dessus du sol. On parle de la levée [40].

2- Stade tallage : A ce stade, il y a formation du plateau de tallage, puis l'émission de talles et la sortie de nouvelles racines. Ce stade est en relation avec la température, la densité de semis, la disponibilité de l'azote et les caractéristiques de la variété [43].

3- Stade montaison : Ce stade se traduit par l'arrêt du tallage herbacé et s'étale jusqu'à la formation des ébauches d'épillets dans le tiers inférieur du futur épi. Il est fortement influencé par la température, la densité et l'azote disponible dans le sol [44].

2.4.2. Période de reproduction :

Selon Moule [38], cette période comporte trois phases principales :

1- Epiaison-floraison : l'épiaison se caractérise par l'émergence de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille ; la floraison aura lieu après 8 jours de cette phase.

2- Période de maturation : cette période s'étale en moyenne sur 50 jours, elle est marquée par la migration des réserves élaborées par les feuilles vers les graines.

3- Formation de grains : Ce stade joue un rôle déterminant dans l'élaboration du rendement qualitatif et quantitatif et se déroule en trois étapes [45] :

- La première étape correspond à l'augmentation du poids par multiplication cellulaire et la formation des enveloppes. Cette phase se termine après 10 à 15 jours par une graine dans sa forme définitive ;

- La deuxième étape correspond au palier hydrique, l'eau dans la graine devient constante, celle-ci s'enrichit en glucide et en protéine, préalablement stockés dans les tiges et les feuilles ;

- La dernière étape correspond à la dessiccation du grain dont le poids devient fixe, par la diminution de l'eau, dans la graine et la stabilisation de la matière sèche.

2.5. Phases du cycle végétatif :

Selon Jarrige [46], le développement des graminées passe par plusieurs stades :

1- Stade montaison : absence totale d'épis sortis de la gaine.

2- Stade épis à 10 cm : la base de l'épi est située dans la gaine à une hauteur comprise entre 07 et 10 cm au-dessus du plateau tallage.

3- Stade début épiaison : apparition des épis hors de la gaine, en pratique 05 à 10% des plantes examinées sur une ligne de 01 m ont leurs épis sortis de la gaine.

4- Stade épiaison : 50% des plantes examinées sur une ligne de 01 m ont leurs épis sortis de la gaine.

5- Stade début floraison : 5 à 10% des plantes ont leurs étamines sorties.

6- Stade floraison : les étamines visibles sur 50% des plantes.

7- Stade laiteux : le grain a pris sa forme définitive, s'est rempli d'un liquide laiteux.

8- Stade pâteux : le grain est coloré. Il s'écrase facilement sur la pression des doigts et son contenu est pâteux.

9- Stade vitreux : le grain a un aspect corné. Il est ferme, bien qu'on puisse encore le rayer à l'ongle.

2.6. Intérêts des graminées :

2.6.1. Intérêts agro-pédologiques :

Les graminées jouent un rôle important dans l'enrichissement du sol en matière organique et ce de façon directe (résidus) ou indirecte (fumier de ferme). Par leur système racinaire puissant, elles laissent une quantité importante de matière organique au niveau des sols. En plus des racines, le sol s'enrichit en matière organique par les chaumes et les déchets (rhizomes, feuilles) ; ces matières organiques peuvent être évaluées à 10-30% du poids de la récolte [47].

2.6.2. Intérêts écologiques et économiques :

La diversité floristique des prairies, des parcours et des pâturages est fortement recherchée et constitue un élément de qualité. Ceci va dans le sens du maintien et l'enrichissement de la biodiversité [48].

Les graminées sont à la base de l'alimentation des grands herbivores tels que les ruminants, et forment aussi la base du régime alimentaire des Hommes (riz, blé, maïs....).

L'essor et le développement des industries de transformation des produits d'origine animale dépendent donc en grande partie des ressources fourragères et pastorales [49].

2.6.3. Intérêts zootechniques :

Selon Gillet [41], les graminées, par leur richesse en glucides solubles, ont un intérêt double :

- 1- Elles s'ensilent plus facilement ;
- 2- Elles sont plus appétibles à cause de leurs goûts sucrés.

Outre les glucides solubles, elles diminuent aussi la toxicité des nitrates [50].

Il est important de mentionner que les productions fourragères sont à la base de toute production animale (production de lait, de viande, de cuir et de poil) [51].

2.7. Etude de quelques espèces de graminées :

2.7.1. Orge

C'est une poacée annuelle cultivée principalement pour son grain, utilisé en alimentation humaine et animale, bien connue des éleveurs (Figure 2.2) et des agro-éleveurs au Maghreb. L'orge est originaire d'Asie Occidentale, elle est très cosmopolite et on la rencontre aussi bien dans les régions boréales les plus éloignées (Scandinavie) qu'en Afrique du Nord [38] ; [47] ; [52] ; [53]. Au Maghreb, particulièrement en zone marginale, l'orge est la plus importante des céréales compte tenu de sa rusticité et de son rôle dans l'alimentation des ruminants.



Figure 2.2 : Caractéristiques morphologiques de l'*Hordeum vulgare* [39]

Les exigences climatiques de l'orge sont assez modestes. Cette espèce supporte le froid hivernal et les gelées, elle supporte bien les chaleurs et la sécheresse.

Elle supporte bien la salinité des sols. Les meilleurs rendements s'obtiennent sur sols argileux, limoneux et fertiles [54].

Elle est cultivée seule ou en association avec une légumineuse (vesce, pois, gesse). Elle peut être pâturée, fauchée, ensilée, ou fanée (en association) ; son grain et sa paille sont très utilisés dans l'alimentation animale [55].

Selon HASSANI [19], un essai de déprimage, mené durant deux années dans la région du Tiaret sur quatre variétés d'orge, a donné des rendements assez intéressants allant de 0,5 à 1,2 t MS/ha.

Des essais, menés dans le Nord-Est de l'Espagne, ont montré que la chute du rendement en grain après la coupe varie de 7 à 70% selon la période de coupe, du génotype et des conditions environnementales [56].

L'orge contient une quantité variable de glucides solubles pouvant atteindre 1.5% et une quantité élevée de fibres composées de 60% de cellulose et 25% d'hémicellulose. Ces dernières sont dégradées par les enzymes du rumen, sont les principales sources d'énergie utilisable par les animaux [57]. L'orge par sa richesse en fibres, a une valeur nutritive plus faible que celle du blé. Par contre, sa teneur en protéine est plus élevée que le maïs [58] (Tableau 2.1).

2.7.2. Avoine :

L'avoine, poacée annuelle, est bien connue au Maghreb. Elle est cultivée seule ou en association pour sa production fourragère (Figure 2.3). Plusieurs espèces d'avoines spontanées existent au Maghreb [59].

L'aire de dispersion de ce genre est très large, elle s'étend des Iles Canaries à l'Himalaya en passant par le Bassin Méditerranéen et le Moyen-Orient [60] ; [61].

Selon Leggett et al [62], le Maroc serait un centre de diversification du genre. L'avoine cultivée et les espèces les plus proches (*A. sterilis* et *A. fatua*) ont la plus large distribution.

Tableau 2.1 : Composition chimique et valeur nutritive de l'orge [58]

Stade	MS %	UFL / kg	UFV / Kg	PDIA g/kg	PDIN g/kg	PDIE g/kg	dMO %	MO	MAT	CB g/kg MS	P	Ca
Floraison	15,5	0,71	0,63	27	75	75	65	875	120	329	2,7	3,8
Laiteux	23,2	0,72	0,63	22	62	71	63	912	99	300	2,3	3,8
Laiteux-pâteux	25,1	0,70	0,71	22	62	69	61	916	99	278	2,3	2,3
Pâteux	30,8	0,72	0,64	19	54	68	63	922	86	271	2,3	2,9



Figure 2.3 : Caractéristiques morphologiques d'*Avena sativa* [39]

C'est une espèce qui préfère les régions à climats modérés, frais et plus ou moins humides. Elle serait plus exigeante que l'orge au point de vue sol ; les meilleurs rendements sont généralement obtenus sur les sols profonds à forte capacité de rétention. Elle exige plus d'eau que les autres céréales à pailles [63].

La culture d'avoine peut être utilisée comme fourrage vert (déprimage ou coupe), ensilage (avril-mai), foin, grains et paille. Le rendement dépend surtout du stade de coupe pour la conservation de fourrage ainsi que des facteurs interdépendants (déprimage, génotype et milieu), et de l'état de croissance de la culture, normalement de moins de 0.5 à 1.5 t MS/ha. Le rendement en MS de l'avoine augmente généralement jusqu'au stade laiteux-pâteux et diminue ensuite à cause de l'égrenage et la perte des feuilles sénescents [64].

Selon INRA [58], la composition chimique et la valeur nutritive de l'avoine varient en fonction du stade phénologique, du milieu (climat, sol) et du génotype (Tableau 2.2).

Tableau 2.2 : composition chimique et valeur nutritive de l'avoine fourrager [58]

Stade	MS %	UFL / kg	UFV / Kg	PDIA g/kg	PDIN g/kg	PDIE g/kg	dMO %	MO	MAT	CB g/kg MS	P	Ca
Début montaison	14,9	1,00	0,98	27	75	87	81	879	120	230	3,4	4,8
Début épiaison	20,6	0,84	0,78	23	64	78	71	905	102	302	3,0	4,3
Floraison	17,7	0,74	0,67	23	63	73	66	900	101	333	2,7	3,8
Laiteux-Pâteux	31,8	0,67	0,58	15	42	62	59	928	67	270	2,3	3,3
Pâteux	38,3	0,65	0,56	14	40	59	57	930	63	263	2,3	2,9

2.7.3 Sorgho :

Le Sorgho est cultivé pour la production fourragère ou pour la production de grains (Figure 2.4). Il comprend des espèces annuelles et des espèces vivaces qui sont classées en deux sections : les Halepensia et Arundinacea [65]. Il est exploité là où l'élevage bovin laitier est important.



Figure 2.4 : Caractéristiques morphologiques du Sorghum sudanense [39]

Le sorgho est légèrement plus exigeant en température que le maïs. Il s'adapte à une large gamme de sols allant des plus légers aux plus lourds ainsi qu'à des pH variant de 4.5 à 8.5 avec des différences de comportement selon les espèces. L'intérêt du sorgho réside dans sa sécheresse grâce à un système racinaire puissant et à une transpiration réduite par rapport à celle du maïs pour une même surface foliaire. Le sorgho a l'avantage de donner plusieurs coupes, sa période de production (estivale) est particulièrement intéressante. Il peut être pâturé, fauché ou ensilé. La production du sorgho grain intervient dans la mise au point de concentré pour l'alimentation des animaux [66].

Pour l'exploitation en vert (pâturage particulièrement), beaucoup de variétés contiennent très peu d'acide cyanhydrique et les risques d'intoxications

sont minimales. Pour l'affouragement en vert, il est facile d'obtenir 2 à 3 coupes en conditions sèches (sans irrigation) et le rendement varie de 8 à 16 t/ha, selon le génotype et les conditions climatiques. En irrigué le nombre de coupe est élevé [67].

La digestibilité du sorgho est comprise entre 60 et 70% et varie selon le stade végétatif de la plante. Sa composition chimique et sa valeur nutritive semble très intéressante pour l'affouragement (Tableau 2.3).

2.7.4. Fétuque élevée :

La Fétuque est une poacée pérenne et allogame (Figure 2.5). Elle est très répandue au nord et au sud de la Méditerranée, de la Scandinavie à l'Atlas et de l'Atlantique à la Sibérie. Elle est originaire de l'Europe de l'ouest et se trouve répandue sous ses formes spontanées.

On distingue deux races géographiques au sein de *F. arundinacea* subsp. *arundinacea* : la race européenne qui couvre une grande partie de l'Europe et a été introduite partout dans le monde et la race méditerranéenne répandue en Afrique du Nord et au Sud de l'Espagne [68].

La Fétuque est apte à supporter des conditions édaphiques et hydriques extrêmes. Elle est capable de pousser sur des sols de pH 4.7 à 9.5, aussi bien sur des sols légers, en pentes et séchants que non drainés [69].

Selon Surault et al [70], la Fétuque peut être utilisée pour le pâturage, la fauche, l'ensilage et le foin. Son potentiel de croissance, de tallage et ses qualités de rusticités permettent une large gamme d'utilisation.

Elle peut être cultivée seule ou en association avec une ou plusieurs espèces. Elle est associée au Trèfle, au Sulla et au Sainfoin.

Elle est également utilisée en mélange avec d'autres espèces pour les semis de gazons ou de terrains de sport. Plus de 50 variétés à gazon sont inscrites au catalogue français. Ces variétés ont été spécialement sélectionnées en fonction de leurs qualités ornementales selon les périodes de l'année, de leur résistance au piétinement, aux maladies du feuillage, à la sécheresse et de leur durée de vie.

Tableau 2.3 : Composition chimique et valeur nutritive du sorgho fourrager [58]

Stade	MS %	UFL /kg	UFV /kg	PDIA g/kg	PDIN g/kg	PDIE g/kg	dMO %	MO	MAT	CB	P	Ca
								g/kg MS				
Montaison	15,4	0,81	0,74	43	119	93	71	884	190	264	2,7	6,2
1 semaine avant début épiaison	18,5	0,75	0,67	29	81	78	66	914	129	304	2,7	5,7
Début épiaison	18,5	0,72	0,64	27	77	76	64	915	122	304	2,7	4,8
Epiaison	21,0	0,69	0,60	24	68	71	61	922	108	323	2,3	4,3



Figure 2.5 : Caractéristiques morphologiques de *Festuca arundinacea* [39]

D'après Gaillard et Ruffin [71], les essais menés en secs à EL Khemis (semi-aride) ont permis une production de 7.1 t MS/ha avec une pluviosité de 120 mm de novembre à décembre et 230 mm de janvier à avril. Par contre, selon Kolli [72], des essais en Mitidja et en irrigué ont permis un rendement assez intéressant (16.2 t MS/ha) en 6 coupes (Tableau 2.4).

Tableau 2.4 : Production (en irrigué) de la Fétuque par coupe en Mitidja [71]

Coupe	Date de coupe	Rendement (t MS/ha)
1 ^{ère}	24/10	1,7
2 ^{ème}	05/12	3,1
3 ^{ème}	16/01	2,4
4 ^{ème}	28/02	3,4
5 ^{ème}	27/03	2,4
6 ^{ème}	02/05	3,2

Des rendements plus élevés ont été obtenus dans le sub-humide tunisien, à savoir 6 t de foin/ha plus 100 kg de gain de poids vif d'agneaux [73].

Selon Theriez [74], la composition chimique et la valeur alimentaire varient en fonction du rapport feuilles/tiges, du stade de développement au moment de la coupe et de l'environnement. D'après le tableau 2.5, la concentration en énergie et la digestibilité *in vitro* de la matière organique (DIVMO) chutent à partir de l'épiaison. La teneur PDI par UF est satisfaisante pour des animaux exigeants jusqu'au stade montaison et déficitaire ensuite.

2.7.5. Dactyle :

On distingue le *Dactylis glomerata* ssp. *glomerata* L. utilisé dans les régions tempérées ou continentales et le *Dactylis glomerata* ssp. *hispanica*, utilisé dans les régions méditerranéennes (Figure 2.6).



Figure 2.6 : Caractéristiques morphologiques du *Dactylis glomerata* [39]

Le Dactyle est largement indifférent vis-à-vis du pH et de la texture du sol ; mais exige des sols drainants. Il peut résister au froid et aux gelées, par contre, il ne supporte pas une chaleur forte et durable, et encore moins la sécheresse [75] ; [76] ; [77] ; [78].

Tableau 2.5 : Composition chimique et valeur alimentaire de *Festuca arundinacea* [58]

Stade	MS %	UFL /kg	UFV /kg	PDIA g/kg	PDIN g/kg	PDIE g/kg	dMO %	g/kg MS				
								MO	MAT	CB	P	Ca
1 semaine avant début épiaison	19,2	0,79	0,72	31	90	82	72	869	141	249	3,0	3,3
Début épiaison	19,5	0,76	0,70	29	83	79	68	874	129	269	2,7	3,3
Epiaison	20,9	0,72	0,64	26	71	75	65	883	111	295	2,7	3,3
Fin épiaison	20,9	0,70	0,62	25	66	73	64	882	102	304	2,3	3,3

Durant la première année (année d'installation) le Dactyle doit être ménagé pour lui permettre une bonne installation. Les années suivantes, il peut être pâturé, fauché, ensilé ou fané. Le Dactyle tout comme la fétuque présente une dormance estivale au Maghreb, il repart très vite aux premières pluies automnales et a une bonne croissance hivernale [1].

Le Dactyle est très peu cultivé au Maghreb. Il est moins persistant que la fétuque mais a une valeur nutritive supérieure (Tableau 2.6). Cette espèce mérite d'être développée dans les régions où l'eau n'est pas un facteur limitant pour l'alimentation d'un cheptel laitier (bovin, ovin, caprin) [79].

2.7.6. Phalaris :

L'alpiste bulbeux : *Phalaris aquatica* L. (= *P. tuberosa* L., *P. bulbosa* L., *P. nodosa*) est une plante vivace à port touffu, à système racinaire important (Figure 2.7) [44].



Figure 2.7 : Caractéristiques morphologiques du *Phalaris aquatica* [39]

Tableau 2.6 : Composition chimique et valeur alimentaire du *Dactylis glomerata* L. [58]

Stade	MS %	UFL /kg	UFV /kg	PDIA g/kg	PDIN g/kg	PDIE g/kg	dMO %	MO	MAT	CB g/kg MS	P	Ca
1 semaine avant début épiaison	16,1	0,91	0,86	37	124	93	76	882	193	251	2,7	3,3
Début épiaison	16,3	0,87	0,82	33	102	88	74	878	159	256	2,3	2,9
Epiaison	16,7	0,83	0,77	31	92	85	72	888	144	285	2,3	3,9
Fin épiaison	18,0	0,73	0,65	26	71	76	67	899	120	314	2,3	2,9
Début floraison	18,7	0,73	0,65	26	71	76	64	910	110	337	2,3	2,9

Son aire géographique s'étend des Canaries jusqu'au Moyen-Orient. Cette espèce a été introduite pour la culture notamment en Australie, aux Etats-Unis d'Amérique et en Afrique du Sud. Au Maghreb, elle n'est cultivée qu'occasionnellement pour l'amélioration des parcours et des prairies [61].

C'est une poacée pastorale persistante, très appréciée, à développement d'automne et d'hiver très précoce, à croissance continue malgré le froid. Elle préfère des terres de limons riches, mais peut s'accommoder des sols pauvres. C'est une plante qui peut être exploitée aussi bien en fauche qu'en pâturage et peut avoir un rendement très intéressant allant jusqu'à 90 t MV/ha [80].

Selon Jaritz [44], le *Phalaris aquatica* contient des constituants toxiques dont la teneur en diméthyltryptamin varie en fonction du génotype et de l'environnement. Les plantes en croissance active en sont plus riches ; seules des plantes sèches ne sont pas dangereuses. Le stress hydrique augmente la teneur, de même que des températures élevées et une forte teneur en nitrate.

Cette espèce est caractérisée par des teneurs faibles en MAT (5.1%) et des teneurs élevées en CB (33.8%) [81].

3. VALEUR ALIMENTAIRE ET FACTEURS DE VARIATION

3.1. Notion de valeur alimentaire :

La notion de valeur alimentaire d'un fourrage recouvre deux termes complémentaires et interdépendants [82] ; [83].

- la valeur nutritive de ce fourrage, c'est-à-dire sa teneur en éléments nutritifs digestibles (valeurs énergétique, azotée, minérale et vitaminique).
- son ingestibilité, c'est-à-dire la quantité volontairement consommée par le ruminant recevant le fourrage à volonté comme seul aliment.

Ces deux paramètres dépendent en premier lieu de la composition morphologique et chimique de la plante.

Cependant, la valeur alimentaire d'un fourrage est une donnée dynamique susceptible de variations importantes qui sont liées aux conditions agro-écologiques, aux conditions d'exploitation, aux procédés de conservation et aux stades de développement [84].

3.2. Facteurs de variation de la valeur alimentaire :

Pour une espèce donnée, la composition morphologique et la composition chimique varient en fonction d'un certain nombre de facteurs : la famille botanique et l'espèce, le stade de végétation, les conditions pédoclimatiques, les techniques culturales et les conditions d'exploitation [85] ; [86].

3.2.1. Famille botanique et espèce :

La valeur alimentaire des plantes fourragères diffère d'une famille à une autre, et entre les espèces appartenant à la même famille. Ces différences, sont d'ordre morphologiques (biomasse, rapport feuilles/tiges) et chimiques (teneur en énergie, azote, minéraux et vitamines) [87]. Demarquilly [88], note qu'à stade de végétation comparable, le rapport feuilles/tiges des légumineuses est différent de celui des graminées. Les légumineuses contiennent toujours des feuilles et des tiges, alors que les graminées sont exclusivement feuillues au début du cycle de végétation (Tableau 3.1).

Tableau 3.1 : Pourcentage des feuilles (légumineuses) et des limbes (graminées) à différents stades de croissance [88]

Espèces	Premier cycle		Deuxième cycle		Troisième cycle	
	Début de cycle	Floraison	1 ^{er} mois	2 ^{ème} mois	1 ^{er} mois	2 ^{ème} mois
- Luzerne	65	20	50	35	55	45
- Trèfle violet	20	35	70	40	85	65
- Dactyle, Fétuque, Ray-grass Anglais	80	25 -30	70 – 80	70 - 80	80 - 85	80 - 85
- Ray-grass d'Italie	75	20	40	20	65	55

Du point de vue composition chimique, les graminées sont moins riches en azote, en acides organiques et en vitamines, mais riches en glucides solubles et constituants pariétaux par rapport aux légumineuses [89] ; [90] (Tableau 3.2).

Tableau 3.2 : Variation de la composition chimique des limbes et des tiges + gaines des graminées, et des feuilles et des tiges de la luzerne [89]

Composants chimiques	Graminées		Luzerne	
	Limbes	Tiges + gaines	Feuilles	Tiges
Matières azotées (en % de MS)				
Plantes jeunes	15 - 25	10 - 15	30 - 33	20 - 23
Plantes âgées (1 ^{er} cycle)	7 – 10	3 - 5	23 - 25	9 - 10
Cellulose brute (en % de MS)				
Plantes jeunes	15 - 17	22 - 25	11 - 12	22 - 25
Plantes âgées (1 ^{er} cycle)	26 – 28	35 - 38	13 - 14	40 - 45

La teneur en MS des graminées est toujours plus élevée que celle des légumineuses. Les graminées sont plus riches en énergie et possèdent des tiges moins lignifiées. Toutefois, les modifications de la composition chimique sont variables au cours du premier cycle selon l'organe de la plante, ainsi, la composition des feuilles chez les graminées, évolue moins rapidement que celle des tiges au fur et à mesure que la plante vieillit [91] ; [92].

3.2.2. Age et stade de végétation :

Le stade de végétation du fourrage au moment de sa coupe est l'une des principales causes de variation de la qualité du fourrage. Au cours du premier cycle de développement, chez toutes les graminées, la proportion de limbes diminue rapidement au bénéfice de la proportion de tiges + gaines lors du passage de l'état végétatif à l'état reproducteur. Par ailleurs, la proportion de débris augmente progressivement [93]. Chez le ray-grass d'Italie, la proportion de limbe exprimée en % de la MS, passe de 70% un peu avant le stade épiaison à 20% à la floraison [94].

Demarquilly [88], note qu'au cours du premier cycle, les graminées ont tendance à épier, puis monter et fleurir, alors qu'au cours des autres cycles, elles sont davantage feuillues.

La composition chimique d'une plante ne fait que traduire sa composition morphologique. De ce fait, au fur et à mesure que l'herbe est âgée, sa teneur en matières azotées, en minéraux et en vitamines diminue, alors que la teneur en parois augmente, ce qui entraîne une baisse de la digestibilité de même que l'ingestibilité [95] ; [96] ; [97] (Tableau 3.3).

Ces modifications chimiques, affectent chacune des parties de la plante, les limbes sont riches en eau et en constituants protoplasmiques, beaucoup plus que les tiges dans lesquelles s'accumule la cellulose. La digestibilité de la plante sera aussi étroitement liée à la proportion des limbes [98].

Tableau 3.3 : Variation des teneurs en MAT, en CB et en NDF des graminées et des légumineuses (en % MS) [97]

Espèces	MAT		CB		NDF	
	Feuilles	Tiges	Feuilles	tiges	Feuilles	Tiges
Luzerne	25 à 30	10 à 25	12 à 14	25 à 45	18 à 24	35 à 58
Trèfle violet	20 à 25	10 à 20	10 à 12	20 à 38	19 à 22	31 à 48
Trèfle Blanc	20 à 30	-	13 à 24	-	22 à 39	-
Ray-grass anglais Dactyle Fétuque	10 à 15	5 à 15	15 à 27	25 à 35	28 à 50	35 à 62

Selon Demarquilly [89], au cours du premier cycle de végétation, la teneur en matières azotées des graminées passe de 23–25% au début du cycle à 6–8% à la fin du cycle et, de 26–28% à 15–18% chez les légumineuses.

Pour Aerts et al [99], les modifications journalières moyennes intervenues dans la composition de la matière organique atteignent - 0,25% pour les protéines brutes et + 0,19% pour la cellulose brute (Tableau 3.4).

Tableau 3.4 : Variations journalières moyennes sur le plan de la composition chimique et de la digestibilité des fourrages en fonction de la prolongation du stade de croissance [99]

Composants chimiques	Composition de la MO	Digestibilité
Matière organique	-	- 0,51
Protéines brutes	- 0,25	- 0,44
Cellulose brute	+ 0,19	- 0,72
Extractif non azoté	+ 0,11	- 0,56
Parois cellulaire	+ 0,33	- 0,60
Protéines brutes digestibles	- 0,20	-

La valeur PDIN est directement liée à la teneur en matières azotées dégradables dans le rumen et même plus simplement à la teneur en MAT ; la valeur PDIE est liée à la digestibilité de la MO. Les fourrages dont la teneur en MAT dégradables est inférieure à 100 g/kg, ce qui correspond à une teneur en MAT

de l'ordre de 130 g/kg, sont généralement déficitaires en PDIN par rapport à leur valeur PDIE. C'est le cas des graminées récoltées à un stade tardif ou peu fertilisées. En revanche, les graminées exploitées à un stade précoce et plus encore les légumineuses sont excédentaires en PDIN par rapport à leur valeur PDIE [100].

3.2.3. Conditions pédoclimatiques:

3.2.3.1. Climat:

Le climat joue un rôle très important dans la composition chimique des plantes par le biais de la température, l'intensité de la lumière et la durée d'ensoleillement. La productivité d'une culture à élaborer se trouve déterminée par l'espèce exploitée et par l'incidence du climat sur le complexe : plante - techniques culturales et sol [94]. La digestibilité des fourrages diminue sous l'influence des conditions climatiques défavorables, cause d'une lignification accrue et d'une faiblesse des teneurs en protéines [101] ; [102] ; [103].

- **Lumière:** l'influence la plus nette de la diminution de l'intensité lumineuse est la baisse des teneurs en MS et en glucides solubles, en revanche elle augmente la teneur en cendres et en nitrates. Aussi, la durée du jour modifie la composition morphologique des plantes, le rapport feuilles/tiges en est modifié [104]. La lumière, stimule la croissance des fourrages comme la température, mais leurs actions sur la composition chimique sont opposées. La lumière, en activant la photosynthèse, engendre une accumulation de glucides non structuraux, d'acides aminés, d'acides organiques et par voie de dilution réduit la part des parois, plus particulièrement celle de la lignine dans la plante [105].

- **Température:** la température est le facteur climatique dont l'influence sur la croissance, le développement et la composition chimique de la plante est la plus nette. Cette action a un effet positif sur les constituants pariétaux des fourrages des pays tropicaux et tempérés [106] ; [107]. Chez les graminées, les feuilles et les tiges sont toutes les deux sensibles à cette action de la température. Celle-ci favorise la formation de feuilles plus longues et rapprochées dont le poids par talle augmente, mais diminue leur longévité [105] ; [108].

- **Humidité du sol et de l'air** : la sécheresse quand elle est suffisamment prolongée, peut diminuer de façon importante la valeur nutritive ; un déficit hydrique léger affecte l'allongement des tiges [109]. Le végétal, a des besoins continus en eau, qui conditionnent la nutrition minérale. Ainsi pour que la luzerne élabore 1kg de MS, il lui faut plus de 600 kg d'eau, alors que l'avoine a besoin de plus de 400 kg d'eau pour produire la même quantité [110].

3.2.3.2. Sol :

La nature du sol, a une influence directe sur le développement des végétaux. Ce sont l'acidité et le comportement du sol face à l'humidité qui peuvent intervenir comme facteurs limitant. Généralement, les graminées s'adaptent à des sols très variés. Le sol, doit permettre l'implantation, le développement racinaire et l'alimentation des plantes en éléments minéraux en fonction de leur réserve naturelle assimilable et les fertilisations assurées par l'apport d'engrais organiques et minéraux [111] ; [112].

3.2.4. Techniques culturales :

Parmi ces techniques, il semblerait que la fertilisation a le plus d'effets sur la production et la qualité du fourrage. L'apport d'engrais azotés augmente la surface foliaire, le nombre de talles ainsi que le poids des feuilles et des tiges et la teneur en matières azotées et en minéraux. [113] ; [114].

3.2.5. Conditions d'exploitation :

Le régime de fauche de la prairie favorise les espèces précoces et de courte durée (brome stérile, brome mou...), alors que les espèces vivaces ne supportent pas le pâturage excessif. Le surpâturage favorise au contraire les espèces étalées à réserves souterraines importantes ainsi que les plantes dites à rosettes (fétuque rouge, fétuque ovine...) ainsi que les espèces dures et sous consommées (*Brachypodium sylvaticum* ...). Un pâturage bien conduit provoque la formation d'un gazon sevré où dominent les espèces pérennes qui n'ont pas le temps de former des graines, mais se reproduisent végétativement (Ray Grass anglais, dactyle, fétuque des prés, fétuque élevée, trèfle blanc...) [107] ; [115].

3.2.6. Choix d'un stade optimum pour le bétail :

3.2.6.1. Inconvénients d'une herbe trop jeune :

L'herbe trop jeune, n'est pas sans danger : contenant 85% de son poids d'eau et une quantité exagérée de potassium, elle a un effet laxatif épuisant. Elle ne contient peu de cellulose et se prête mal à la salivation et à la rumination et ne peut assurer la formation suffisante d'acides gras volatils. Elle prédispose à certaines formes d'indigestion par rétention de bulles de gaz et conduit à une météorisation.

L'excès d'azote soluble dans l'herbe jeune fatigue inutilement le foie et les reins de l'animal. L'ammoniac a tendance à s'accumuler dans la panse provoquant l'alcalose. [116] ; [117].

3.2.6.2. Stade optimum de coupe :

C'est à l'épiaison, que la plante contient le maximum de sucres solubles, alors que sa teneur en azote n'a pas encore eu le temps de chuter. A ce stade, l'herbe apparaît suffisamment à la fois équilibré et riche pour satisfaire les besoins de l'animal. Le stade optimum est lié à la maturité physiologique de la plante et non à sa croissance [118] ; [119].

3.2.6.3. Influence du mode de conservation du fourrage :

- **Fenaïson** : la fenaïson est la technique de conservation des fourrages la plus répandue et la plus tributaire des aléas climatiques. Aussi, les modifications de composition chimique des fourrages pendant le séchage au sol sont très variables [120]. A titre d'exemple, les pertes en matières sèches sont importantes et très variables de 10 à 40% et ont diverses origines. Elles dépendent des processus enzymatiques qui se déroulent dans la plante après la fauche (respiration, protéolyse), des pertes par lessivage des substances solubles et des pertes mécaniques qui ont lieu au cours de la manipulation du fourrage [121].

- **Ensilage** : l'ensilage est le moyen le plus sûr pour assurer une alimentation de qualité particulièrement pour l'élevage bovin dans des zones semi arides, ou la production d'herbe est limitée par le manque de pluviométrie [25]. La conservation

par ensilage diminue peu ou pas la dMO et la valeur nutritive du fourrage, sauf en cas de très mauvaise conservation permettant des pertes importantes d'éléments nutritifs très digestibles dans les jus (faible teneur en matière sèche à la mise en silo) [122].

- **Déshydratation** : la déshydratation affecte très peu la valeur nutritive du fourrage conservé mais c'est le conditionnement qui suit cette opération qui fait varier la valeur nutritive de la plante.

Pour Demarquilly [100], la déshydratation à une basse température diminue très peu la digestibilité des matières azotées (5%), celle effectuée à haute température peut entraîner une diminution de 1% pour la matière organique.

4. ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIÈRE

Dans l'alimentation de la vache laitière, il faut rechercher dans les ressources alimentaires disponibles, une combinaison qui permet de satisfaire les besoins nutritionnels des animaux et à moindre coût [123] ; [124].

Les fourrages (herbe verte, foin, ensilage d'herbe ou de maïs) généralement distribués à volonté constituent la ration de base qui nécessite une complémentation en aliments concentrés, pour améliorer les performances zootechniques de la vache laitière [125] ; [126]; [127].

Pour répondre aux objectifs de l'éleveur, qui sont la production d'un veau par vache et par an et afin d'assurer une bonne production en quantité et en qualité du lait, il est appelé à suivre un programme d'alimentation adéquat pour combler les différents besoins de la vache laitière. La ration ingérée par la vache doit apporter suffisamment d'énergie (UFL), d'azote (PDI), de minéraux (majeurs et oligo-éléments), de vitamines et d'eau [128] ;[129].

4.1. Les besoins nutritifs de la vache laitière :

4.1.1. Besoins d'entretien :

Ils correspondent à la consommation des nutriments nécessaires au maintien de la vie d'un animal ne subissant pas de variation de sa masse corporelles ; ils se traduisent par l'utilisation d'énergie à l'accomplissement des fonctions de base de l'organisme (respiration, circulation sanguines, tonicité musculaire...etc.) et par le renouvellement d'une partie des matériaux constitutifs des tissus animaux [130]. Les besoins d'entretien varient essentiellement en fonction du poids de l'animal [131] [132] (Tableau 4.1).

Selon Jarrige [46], Chez le bovin adulte, 2 à 4% des protéines totales sont renouvelées chaque jour, soit environ 2 à 3kg sur 85kg, pour chaque vache. Ce même auteur rajoute que le pâturage accroît les dépenses d'entretien en raison du coût supplémentaire du broutage de l'herbe et de l'augmentation du temps d'ingestion et des déplacements. L'augmentation totale est d'environ 20% dans le cas d'une herbe de bonne qualité et abondante, de 30 à 60 % dans le cas d'une herbe âgée et rare [133].

Dans le même sens, Sérieys [130], note qu'en stabulation libre, le besoin en UFL doit être augmenté de 10% pour tenir compte de l'activité physique plus importante des vaches qui est de 20% environ au pâturage.

Les besoins en minéraux de la vache à l'entretien ne sont pas négligeables du fait de leurs fixations importantes au niveau du squelette surtout pour le calcium, le phosphore et le magnésium (18 mg, 25 mg et 5 mg respectivement par kg de poids vif et par jour). Pour les autres minéraux (oligo-éléments) et certaines vitamines bien que les besoins soient moins importants, leurs absences bloquent les voies du fonctionnement de l'organisme [46]; [134].

Tableau 4.1 : Besoins d'entretien de la vache laitière (étable entravée) en fonction de son poids vif [130]

Poids vif (kg)	UFL	PDI (g)	Ca(g)	P(g)
550	4,7	370	33	24,5
600	5,0	395	36	27
650	5,3	420	39	29,5
700	5,6	445	42	31,5

4.1.2. Besoins de croissance et de reconstitution des réserves corporelles :

La croissance de la vache laitière se poursuit pendant plusieurs lactations, elle n'est importante que chez les primipares, notamment en cas de vêlage à 2 ans (environ 60kg par an soit 200g/j) et chez les multipares la croissance est plus réduite et les besoins correspondants sont considérablement négligeables [130].

D'après Jarrige [46], les primipares de 2 ans doivent bénéficier d'un apport supplémentaire de 1 UFL et de 120g de PDI environ par rapport aux primipares de 3 ans

Les réserves corporelles mobilisées par les femelles en lactation pour la couverture des dépenses énergétiques quand l'apport est inférieur à la dépense doivent être reconstitués pour aborder un nouveau cycle de production [135] ; [136] ; [137] ; [138].

4.1.3. Les besoins de gestation :

Ils correspondent aux besoins nécessaires à la fixation du ou des fœtus, le placenta, les enveloppes de la paroi utérine et les glandes mammaires. Ils deviennent importants au cours du dernier tiers de gestation [46] (Tableau 4.2).

Pendant cette période, les dépenses augmentent plus vite que le poids du fœtus du fait que celui-ci s'enrichit en protéines, en graisses et en minéraux au cours de son développement, elles deviennent sensibles à partir du 7ème mois de gestation, elles augmentent avec le poids du veau à la naissance. Au 9ème mois ils représentent presque la moitié des besoins d'entretien de la vache [139].

Tableau 4.2 : Besoins de gestation de la vache laitière (au-dessus de l'entretien) pour un veau pesant 40kg à la naissance [46]

Poids vif (kg)	UFL	PDI (g)	Ca(g)	P(g)
7ème	0,9	75	9	3
8ème	1,6	135	16	5
9ème	2,6	205	25	8

4.1.4. Besoins de production laitière :

Ces besoins correspondent à l'ensemble des synthèses et exportations réalisées par la mamelle pour la production laitière, ils varient selon la quantité du lait produite et sa composition en taux butyreux et en taux protéiques (Tableaux 4.3 et 4.4). Au début de la lactation, les besoins maximum sont atteints dès la première semaine après le vêlage pour les PDI et le calcium et après 2 à 3 semaines pour les UFL c'est à dire bien avant le pic de production qui intervient habituellement vers la 5ème semaine [130] ; [140] ; [141] ; [142].

Les vaches laitières à haut niveau de production ont des besoins élevés en acides aminés pour la synthèse des protéines du lait, elles ne peuvent couvrir leurs besoins en protéines uniquement par les acides aminés microbiens et l'apport des acides aminés alimentaires est non négligeable [135] ; [143].

Tableau 4.3 : Besoins de production de un kilogramme de lait standard [135]

Besoins de production	Apports
Energie (UFL)	4,4
Azote (g de MAD)	60
Azote (g de PDI)	48
Calcium (g)	3.5
Phosphore (g)	1.7

Tableau 4.4 : Besoins énergétiques et azotés de production en fonction des taux butyreux et protéique [139]

Taux butyreux g/ Kg	Taux protéique g/ Kg	UFL / Kg	PDI g/ Kg
30	27	0,38	42
35	29	0,41	45
40	31	0,44	48
45	33	0,48	51
50	35	0,51	54
55	37	0,54	57

L'alimentation minérale des vaches en production est très importante car les matières minérales présentent des intérêts en physiologie de la nutrition en tant qu'éléments plastiques et en tant que régulateurs des principales fonctions dans l'organisme.

Selon Wolter et Ponter [138], le calcium et le phosphore sont les deux principaux éléments minéraux rentrant dans le rationnement des vaches laitières en vue de la couverture de ses besoins de production (Tableau 4.5). Les besoins des vaches laitières en calcium (Ca) et en phosphore (P) augment substantiellement à partir du vêlage, du fait que ces deux minéraux entrent amplement dans la composition du lait [144]. Si l'apport alimentaire en Ca et P est insuffisant, l'animal utilise ses réserves osseuses. Cependant, en cas de carence grave, la production laitière diminue [145].

Tableau 4.5 : Besoins quotidiens en calcium et phosphore de la vache laitière [138]

Type de besoins	Poids vif (Kg)	Minéraux (g)	
		Ca	P
Entretien	300	18	13.5
	400	24	18
	500	30	22.5
	600	36	27
Gestation (03 derniers mois)		+ 20 - 50%	
Lactation		3.5	1.7

4.1.5. Besoins en eau :

L'eau est le nutriment le plus important chez la vache laitière, car il intervient dans tous les processus vitaux. Les besoins en eau augmentent avec la température extérieure (Tableau 4.6), le niveau de production laitière, le niveau d'ingestion et les teneurs des aliments indigestibles (cellulose) [124].

Tout sous-abreuvement diminue la consommation alimentaire et la production laitière. Par exemple une baisse d'abreuvement de 40% diminue l'ingestion de 24% et la production laitière de 16% [138]. En ce qui concerne la qualité, l'eau à apporter aux animaux doit être propre, saine, appétente et à température moyenne de 15 °C [129] ; [136].

La vache en lactation a des besoins importants en eau, car le lait contient approximativement 87 % d'eau, si bien qu'une vache consommera quotidiennement environ quatre fois sa production laitière. Ainsi, une vache produisant 30 kg de lait a besoin d'environ 102 litres d'eau par jour [146].

Tableau 4.6 : Besoins en eau d'une vache en fonction de son stade physiologique

En L/VL/j		Pour une vache de 635Kg de PV		
		4-5°C	26-27°C	
<u>Entretien</u> :		27	41	Soit en moyenne ≈4-5L/Kg MS ou ≈3L d'eau/L de lait en plus de l'entretien
<u>Gestation</u> :		37	58	
<u>Lactation</u> :	9 L lait/j	45	67	
	18 L lait/j	65	94	
	27 L lait/j	85	120	
	36 L lait/j	100	147	
	45 L lait/j	120	173	

4.2. Evaluation de l'état nutritionnel des vaches laitières par la note d'état corporel :

Sur le plan pratique, l'état nutritionnel de la vache peut être évalué en appréciant son état général au moyen d'une notation de l'état corporel qui est en relation étroite avec l'état de ses réserves en graisses [147]. Les changements de réserves d'énergie ont considérablement influencé la productivité des vaches laitières, leur état sanitaire et leur reproduction. De ce fait, il y a un besoin évident de surveiller la gestion optimale des réserves corporelles chez la vache laitière [148] ; [149] ; [150].

4.2.1. Notation de l'état corporel :

La notion de l'état corporel s'est développée ces trente dernières années. Elle s'est avérée un outil fiable et simple d'utilisation pour évaluer les réserves énergétiques et adipeuses d'un animal. Son utilisation s'est surtout développée en élevage laitier, compte tenu de la dégradation des performances de production et de reproduction [151] ; [152] ; [153] ; [154]. L'étude de la variation de la note d'état corporel s'avère un excellent estimateur de la conduite nutritionnelle du troupeau et, bien plus encore, la perte d'état corporel en post-partum est le reflet du déficit énergétique inhérent à tout début de lactation [155].

Des objectifs ont été fixés quant aux variations normales de la note d'état corporel et leur respect limite les effets d'une mobilisation trop importante des réserves corporelles au cours du post-partum ou ceux d'un état d'engraissement extrême sur la reprise de cyclicité, les paramètres de fertilité et de fécondité ainsi que sur les événements post-partum conditionnant la réussite de la mise à la reproduction suivante [156].

4.2.2. Principe, méthode et intérêt de la notation de l'état corporel :

La note d'état corporel est attribuée à l'animal sur la base de l'apparence des tissus recouvrant des proéminences osseuses des régions lombaire et caudale. Plus précisément, les zones anatomiques évaluées comprennent les processus transverses et épineux des vertèbres lombaires, les tubérosités iliaques (pointe de la hanche) et ischiatique (pointe de la fesse), le détroit caudal, la base de la queue et la ligne du dos. La couverture tissulaire peut être estimée par la palpation et/ou l'inspection visuelle [157].

D'une manière générale, l'évaluation de l'état corporel est basée sur l'examen visuel et/ou par palpation : de la région caudale d'une part (base de la queue et ischiums) ; et de la région lombaire d'autre part (apophyses épineuses et transverses des vertèbres lombaires et iliums). La longueur et l'aspect du poil pouvant être différents selon les individus, la palpation manuelle des deux régions avec la même main, permet habituellement de réaliser une meilleure estimation que la simple inspection visuelle [158]. La quantité de couverture adipeuse permet d'attribuer une note et cette notation de l'état d'engraissement est ainsi beaucoup plus performante que la pesée pour évaluer l'importance des réserves corporelles mobilisables chez la vache laitière et leur évolution au cours du temps [159].

Contrairement au poids vif, la note d'état est en effet, indépendante de la masse du contenu digestif dont on sait qu'elle est très variable selon le stade physiologique et la nature de l'aliment consommé [160].

Il existe différents systèmes de notation de l'état corporel [152] :

- Le système européen (de 1 à 5) : au sein du système européen, on trouve différentes grilles de notation en fonction de la race bovine, ou du moins en fonction du type allaitant ou laitier.
- Le système américain : en général la notation va également de 1 à 5 mais il précise le score par des $\frac{1}{4}$ et des $\frac{1}{2}$ points de majoration ou de minoration ; il existe aussi des systèmes allant de 1 à 9 pour tenter d'être plus précis.
- Le système australien utilise 8 sites et le système néo-zélandais en utilise 10.

L'évolution idéale de la note d'embonpoint durant la lactation implique que la vache ne doit plus s'engraisser durant le tarissement et la perte de poids en début de lactation doit être maîtrisée [161].

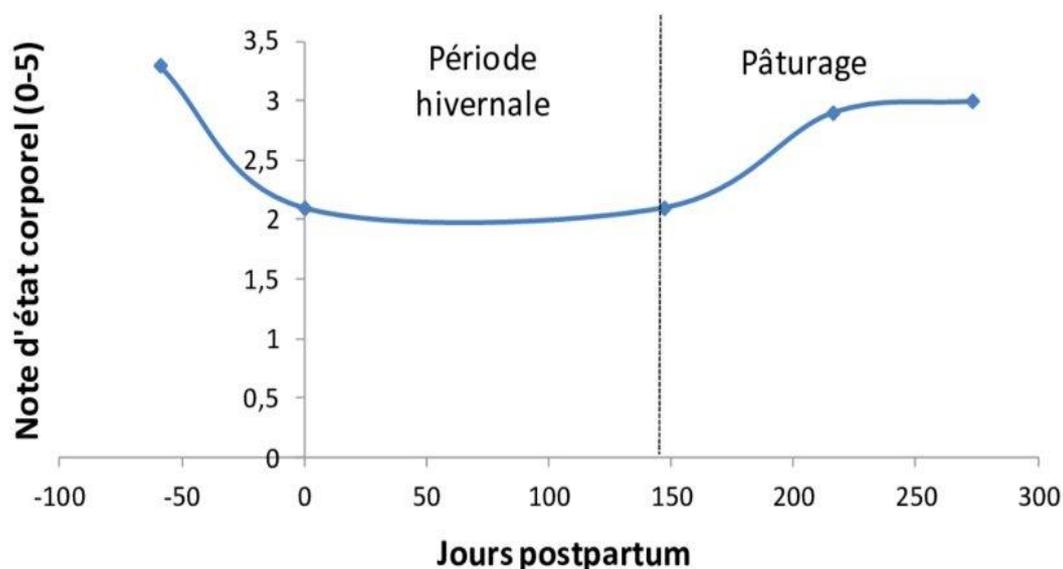


Figure 4.1 : Evolution de la note d'état corporel en fin de gestation et en lactation sur des vaches multipares Charolaises nourries selon les besoins [161]

L'intérêt initial de la notation de l'état corporel est l'estimation du statut énergétique de l'animal. Bien que subjective, cette méthode peut toutefois être corrélée à d'autres mesures, objectives celles-ci, comme le poids vif ou la composition des tissus corporels.

La note d'état corporel reflète l'épaisseur de la graisse sous-cutanée [159]. Une corrélation positive a également été démontrée entre la note d'état corporel chez la vache et la lipomobilisation [162], mais aussi avec la balance énergétique négative cumulée. Une variation d'un point de la note d'état corporel représente environ 56 kg de variation de poids corporel et 400 Mcal d'énergie nette, sur une échelle de score de 1 à 5 [152].

Par ailleurs, la notation de l'état corporel apparaît comme une méthode répétable mais également reproductible : une corrélation de 82% entre les notes attribuées à un animal par le même observateur, et une corrélation de 79% entre les notes accordées par les observateurs lors d'un même test ont été rapportées [163]. Environ 90% des notations entre deux observateurs ne diffèrent que 0,25 point [157] ; [164].

En lactation comme en période de tarissement, la notation de l'état corporel à des intervalles réguliers de 30 jours constitue une bonne méthode pour appréhender et détecter les changements de la condition corporelle au cours des 2 périodes, de façon significative et précise [165] ; [166], ce qui illustre l'intérêt pratique d'une telle méthode.

La notation de l'état corporel constitue également un outil diagnostique intéressant dans l'évaluation de l'adéquation entre les apports et les besoins d'énergie. D'une part, l'observation et le suivi de l'état corporel d'un troupeau au cours de la lactation permettent, une meilleure gestion de la conduite alimentaire, notamment par une correction de la ration si nécessaire. D'autre part, la note d'état elle-même ou ses variations sont associées à des troubles sanitaires nombreux comme des boiteries, des troubles métaboliques (cétose, fièvre de lait) et de nombreux troubles de la reproduction : métrites, kystes ovariens, dystocies, rétentions placentaires et baisse de fertilité [152] ; [167].

Le moment crucial pour évaluer la condition corporelle se situe entre le milieu et la fin de la lactation, car c'est le moment le plus probable pour le producteur laitier d'intervenir et corriger les problèmes d'état d'embonpoint d'un animal. C'est aussi le moment le plus important pour préparer l'état corporel de la vache au tarissement [163]. Finalement, la notation de l'état corporel constitue un outil de terrain

efficace, fiable, rapide et peu coûteux, permettant à l'éleveur, au technicien ou au vétérinaire d'évaluer les réserves lipidiques de l'animal, reflet de son statut énergétique à un moment donné, mais aussi, par l'obtention de profils d'état corporel, une approche dynamique des variations de la balance énergétique [168].

4.2.3. Profil de l'état corporel de la vache laitière :

Au cours du post partum, l'état corporel de la vache laitière suit une évolution caractérisée par deux grandes phases : l'une comprise entre le vêlage et le 60^{ème} jour de lactation, l'autre au-delà du 60^{ème} jour de lactation.

Au cours de la première phase, une diminution significative de l'état corporel est observé avec une valeur moyenne diminuant de 2,8 à 2,5 points durant les 60 premiers jours de lactation [157] ; [169]. Cette perte d'état est une manifestation de l'utilisation intense des réserves corporelles survenant après le part. Une mobilisation de 20 à 70 kg de lipides a été rapportée au cours des 60 jours suivant le vêlage.

Elle se traduit par la réduction de l'épaisseur de la graisse sous-cutanée et du diamètre des adipocytes liée à la lyse des triglycérides. Elle s'accompagne d'une augmentation de la teneur plasmatique en acides gras qui atteint son pic vers le 15^{ème} jour du post partum. Cette augmentation reflète la lipolyse et la mobilisation des réserves adipeuses pour assurer les dépenses énergétiques de l'animal. Les raisons de la mobilisation des réserves graisseuses et donc de la diminution de l'état corporel observée en début de lactation sont liées à la balance énergétique négative [170].

La production laitière moyenne augmente après le vêlage pour atteindre un pic dans les 4 à 8 semaines de lactation, tandis que la consommation alimentaire est maximale entre la 12^{ème} et la 15^{ème} semaine : la prise d'énergie reste plus faible que la quantité d'énergie nécessaire à la production laitière. En compensation de ce déficit, la vache utilise ses réserves de graisse [171].

La seconde phase, se traduit par la reconstitution des réserves énergétiques de l'animal, liée au rétablissement de sa capacité d'ingestion ainsi qu'à l'activation de la lipogénèse au détriment de la lipolyse qui diminue. Les excédents de nutriments absorbés seront ainsi stockés dans les tissus de réserves, à l'origine d'une augmentation

de la note d'état corporel. A la fin de la lactation, la note d'état corporel redevient égale à celle du vêlage [172] ; [173] ; [174] ; [175].

Le profil idéal de note d'état corporel s'inscrit entre deux courbes limites (Figure 4.2). Sa description sur un cycle de production permet de mettre en exergue cinq étapes importantes :

- Au vêlage, la note d'état optimale devrait avoisiner les 3,5 - 4,0 pour les multipares (enlever 1 point environ pour une vache primipare) ;
- En début de lactation, la perte d'état doit être inférieure à 1 point ;
- La valeur minimale de la note d'état doit être acquise entre le 2^{ème} et le 4^{ème} mois post partum ;
- La reprise d'état progressive en milieu puis en fin de lactation doit permettre d'aboutir à une note comprise entre 3,5 et 4,0 ;
- La période du tarissement correspond à une période de stabilisation de la note d'état, éventuellement à une reprise d'état pour les vaches encore trop maigres.

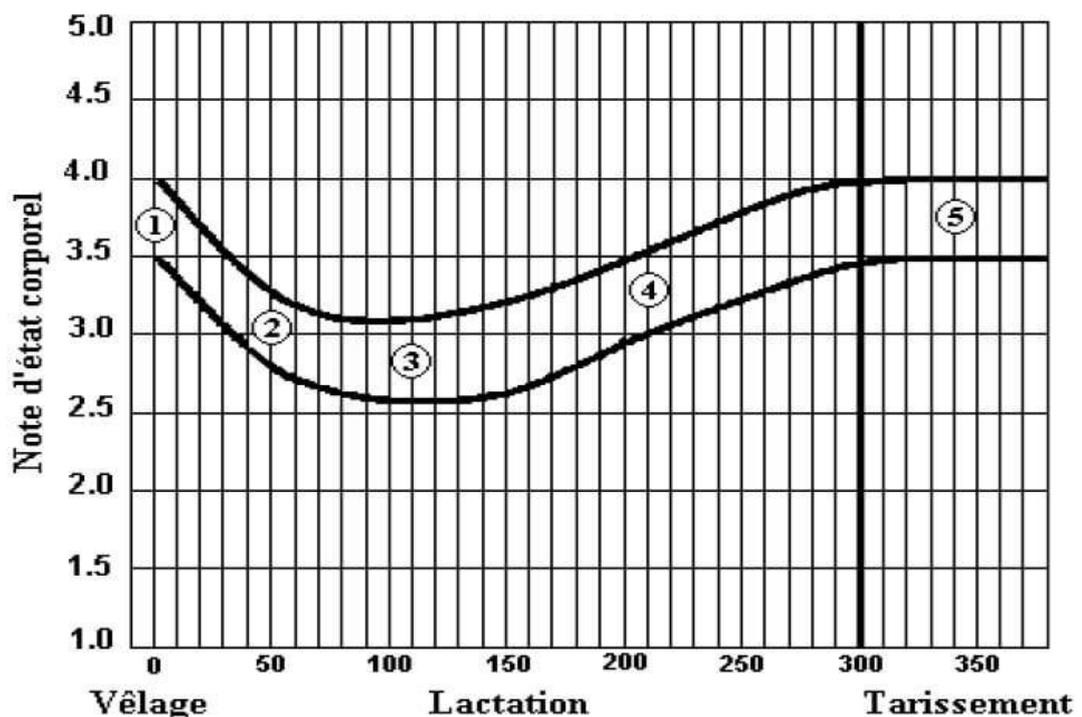


Figure 4.2 : Grille de profil de note d'état corporel et représentation des valeurs idéales pour une vache laitière multipare [176]

4.3. Alimentation des vaches laitières au cours de la lactation :

La production de lait d'une vache laitière dépend de quatre principaux facteurs : le potentiel génétique, le programme d'alimentation, la conduite du troupeau, et la santé. Alors que le potentiel génétique des vaches s'améliore constamment, il est indispensable de perfectionner l'alimentation et la conduite du troupeau pour permettre à chacune de produire à la mesure de ses aptitudes héréditaires. Un bon programme d'alimentation pour vaches laitières doit indiquer les aliments qui sont appropriés, les quantités nécessaires, ainsi que la manière et le moment de les servir [177].

Alimenter rationnellement les vaches laitières consiste à réaliser la meilleure adéquation possible entre les apports et les besoins nutritifs, ces derniers varient au cours du cycle de production en fonction des stades de lactation (début, milieu, fin de lactation et la période de tarissement) (Figure 4.3) [147] ; [178] ; [179] ; [180].

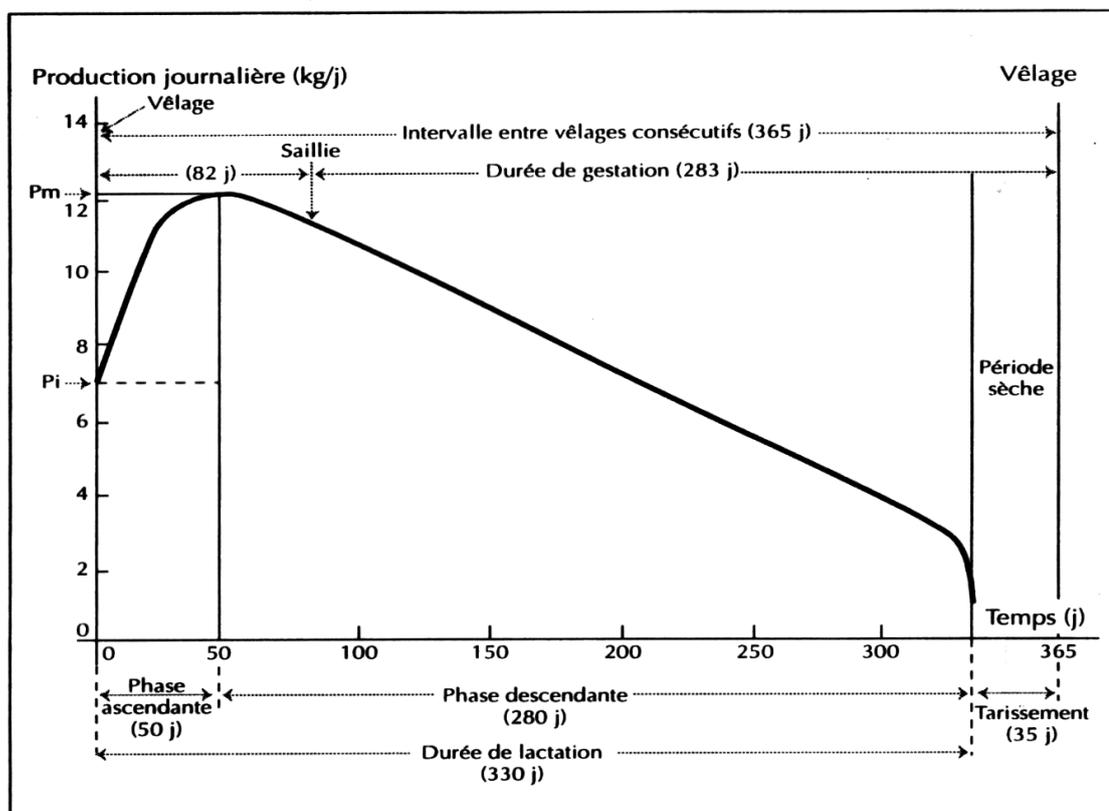


Figure 4.3 : Courbe de lactation chez la vache [178]

4.3.1. Début de la lactation :

C'est la phase croissante de la lactation, les quantités de lait augmentent d'autant plus que le niveau de production est élevé (figure 4.4), l'accroissement entre la production initiale (PI=moyenne des 4-5 et 6^{ème} jours) et maximale hebdomadaire (PM) varie d'environ 6kg de lait pour les faibles productrices (PM=20kg chez les primipares, 25kg chez les multipares) à plus de 10kg de lait pour les fortes productrices (PM=30kg chez les primipares, 45kg chez les multipares) [181].

Un déficit énergétique inévitable est observé en début de la lactation, causé par une très forte augmentation des besoins nutritifs et la faible capacité d'ingestion de la vache qui ne progresse que lentement [182] ; [183] ; [184]. Cela conduira la vache à la mobilisation de ses réserves corporelles, qui sont de 15 à 60kg de matières grasses selon le potentiel des animaux, c'est l'apport énergétique nécessaire à la production de 150 à 600kg de lait. Concernant les réserves protéiques mobilisables elles sont beaucoup plus réduites et varient entre 5 et 10kg, selon le potentiel des animaux, soit l'équivalence pour la production de 100 à 200kg de lait [179].

Le recours excessif à l'aliment concentré, durant cette période pour éviter le problème de la sous-alimentation, n'est pas une solution car cela peut causer des risques d'acidose, suite à la diminution de la consommation du fourrage et les modifications des fermentations digestives [185] ; [186].

Pour surmonter ce problème de déficit énergétique en début de lactation, la vache devrait être en bon état corporel au vêlage et qu'elle soit capable de mobiliser ses réserves. La ration en début de lactation doit être constituée de fourrage de bon qualité ($\geq 40\%$), d'un apport en aliment concentré ($\leq 60\%$) et un taux de cellulose ≥ 16 à 18% pour assurer une bonne fibrosité de la ration et un bon fonctionnement du rumen pour le maintien du TB du lait à sa valeur normale [136]. En début de la lactation, les variations du taux protéique du lait sous l'effet du niveau des apports énergétiques sont faibles comparativement à celles de la production laitière [187].

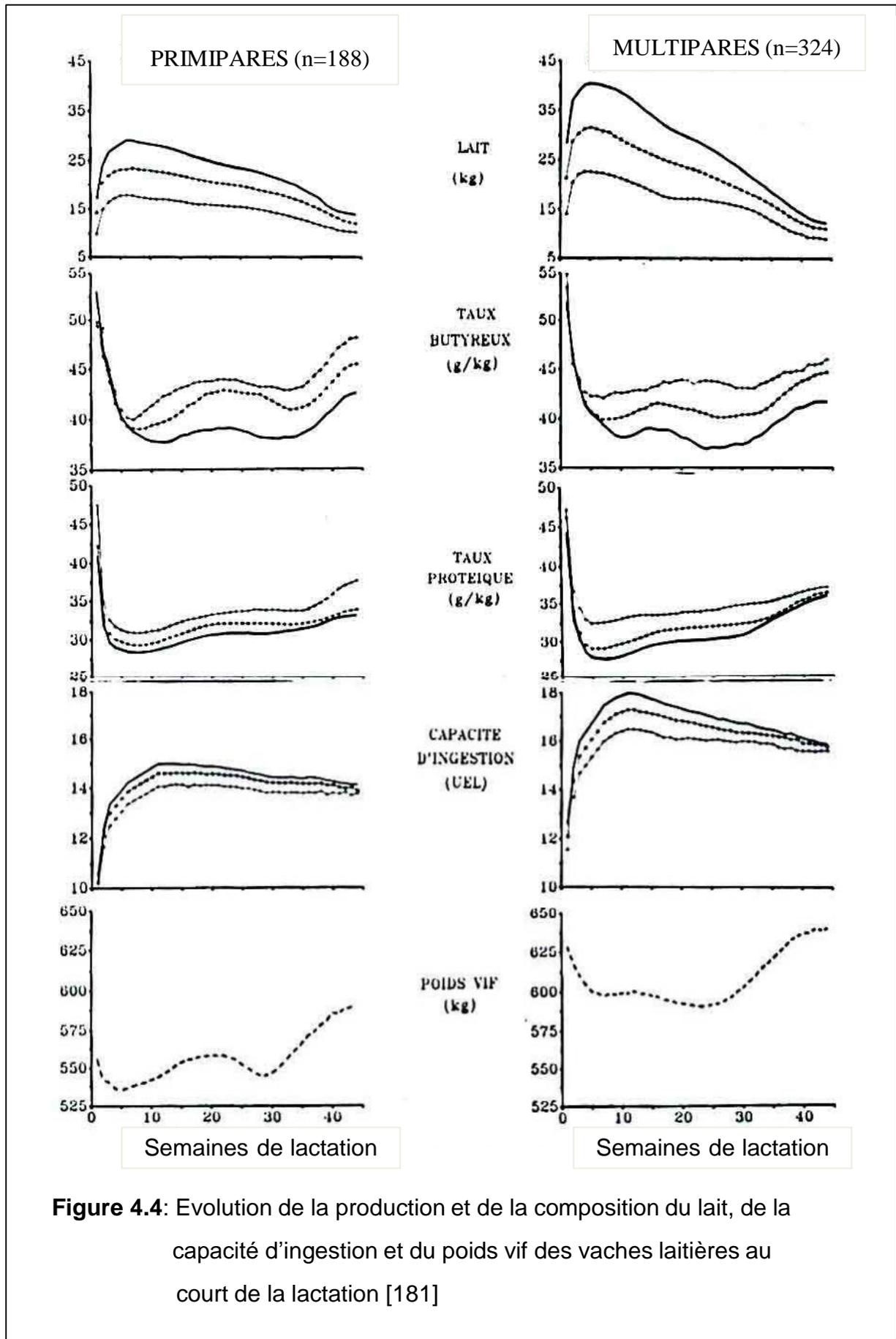


Figure 4.4: Evolution de la production et de la composition du lait, de la capacité d'ingestion et du poids vif des vaches laitières au court de la lactation [181]

Sérieys [130], note que la somme des besoins d'entretien, de la gestation et de la production de la vache laitière varient dans des proportions considérables de la fin d'une lactation jusqu'au pic de la lactation suivante et cela selon le niveau de production de ces animaux (Tableau 4.7).

La mobilisation des réserves minérales osseuses est un processus physiologique inévitable en début de la lactation, donc il faut profiter leurs reconstitutions lorsque la capacité d'absorption est plus élevée (fin de la lactation) [188].

Tableau 4.7 : Evolution des besoins journaliers en UFL, PDI et Calcium de la vache laitière de la fin d'une lactation au pic de la lactation suivante [130]

Stade physiologique	Vache produisant 6000 kg/an			Vache produisant 8000 kg/an		
	UFL	PDI	Ca	UFL	PDI	Ca
Dernière semaine de lactation	11,7	1160	88	13,6	1390	103
1 ^{er} mois de tarissement	6,6	535	52	6,6	535	52
2 ^{ème} mois de tarissement	7,6	605	61	7,6	605	61
1 ^{ère} semaine après vêlage	17,2	2030	164	21,6	2610	208
2 ^{ème} semaine après vêlage	17,5	2025	156	21,9	2595	198
3 ^{ème} semaine après vêlage	18,1	2000	152	22,4	2525	190
4 ^{ème} semaine après vêlage	18,0	1960	152	22,2	2470	190
5 ^{ème} semaine après vêlage	18,0	1920	150	22,2	2420	188

4.3.2. Milieu de lactation :

Durant cette phase, le bilan énergétique devient largement positif et la satisfaction des besoins azotés est plus facile à réaliser en raison de leurs moindres dépendances de la capacité d'ingestion [181] ; [189] ; [190]. La reconstitution des réserves corporelles doit commencer dès le milieu de la lactation. En effet, la reprise d'un point d'état corporel (soit 30kg de lipides et 40 à 45kg de poids vif) nécessite en milieu de la lactation au moins 70 jours. Une vache laitière haute productrice a donc besoin d'au moins 4 à 5 mois pour reconstituer ses réserves corporelles [161]. De ce fait, la réduction des apports

nutritifs en cette période peut être préjudiciable à la santé de l'animal et à la qualité technologique du lait par la chute du taux protéique [191].

Pendant cette phase, les besoins de production de lait et ceux de la reconstitution des réserves corporelles doivent être satisfaits par un apport d'une ration alimentaire équilibrée en énergie et en azote. Le rythme de distribution du concentré de production doit être en fonction de la qualité de la ration de base. D'après Hoden et al [179], seules les rations de fourrages ayant un rapport PDI/UFL voisin de 100g permettent des niveaux de production identiques pour l'énergie et l'azote.

4.3.3. Fin de lactation :

Cette période correspond aux deux derniers mois de la lactation, elle se caractérise par une chute plus importante de production qui résulte de l'effet des hormones de gestation. La progestérone qui a pour rôle l'inhibition des contractions de l'utérus et un effet inhibiteur sur la lactogénèse [192] ; [193].

Les vaches en fin de la lactation ont bien une capacité d'ingestion élevée qui leur permet d'être largement suralimentées et de reprendre du poids [194]. Pendant le dernier tiers de la lactation, si la consommation ou la concentration de la ration en éléments nutritifs ne sont pas adaptées aux besoins des vaches, les apports excessifs en énergie conduiront à l'engraissement excessif des vaches dans le dernier tiers de la lactation (Figure 4.5). Cette erreur d'alimentation ne peut plus être corrigée pendant la période de tarissement. Cet auteur rajoute qu'en fin de la lactation, les fourrages peuvent suffire à couvrir les besoins nutritifs des vaches ayant une grande capacité d'ingestion, de sorte que des apports supplémentaires d'aliments concentrés sont superflus.

C'est en fin de la lactation que l'éleveur commence à préparer la vache au tarissement en réduisant les apports alimentaires essentiellement le concentré de production, donc il est primordial que l'éleveur connaisse bien la consommation de ses bêtes et la valeur nutritive des aliments qu'il met à leur disposition [195].

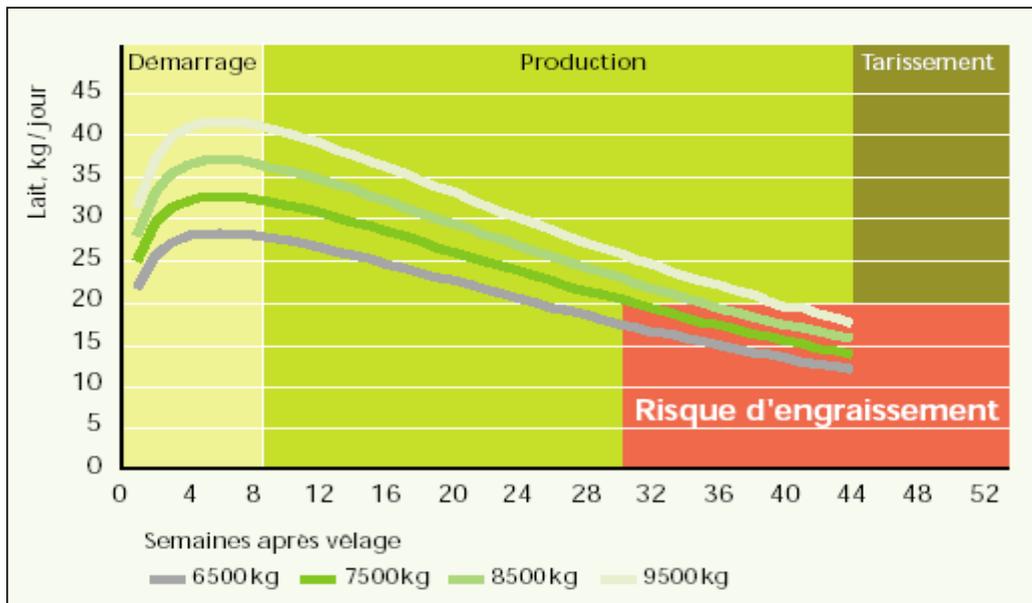


Figure 4.5 : Les périodes de risque d'engraissement chez les vaches laitières [195]

4.3.4. Le tarissement :

Le tarissement ou la période sèche est la période pendant laquelle la vache ne produit pas de lait, il est souvent perçu comme une phase de repos physiologique avant la lactation suivante, il se pratique aux environs de deux mois avant la date de vêlage, il est obligatoire pour une bonne relance hormonale et la régénération des tissus mammaires [196].

Le tarissement est crucial sur le plan alimentaire pour le bon démarrage de la lactation et pour la prévention des troubles qui entourent le vêlage. Il se distingue par des besoins quantitatifs relativement bas mais aussi par des exigences qualitatives en rapport avec la gestation. Il doit éviter les risques de suralimentation qui conduisent aux difficultés de vêlage [124]. Afin d'éviter le problème de suralimentation en période sèche, le même auteur rapporte les particularités du rationnement en période de tarissement.

L'alimentation minérale de la vache ne doit pas être négligée en cette période durant laquelle on assiste à la croissance maximal du fœtus et la reconstitution des réserves osseuses minérales qui se font essentiellement en cette phase. Un bon apport en minéraux majeurs (calcium et phosphore) est donc recommandé [144] ; [197].

4.3.5. Facteurs de variation de la qualité et de la production du lait :

Les principaux facteurs de variation de la production et de la composition chimique du lait sont bien connus. Ils sont soit liés à l'animal (facteurs génétiques, stades physiologiques, l'état sanitaire...) soit liés au milieu dans lequel l'animal vit (saison, alimentation, hygiène, traite...) [198] ; [199]. Ces facteurs sont très nombreux et de nombreuses études ont été consacrées à leur étude. À travers ce chapitre, nous avons résumé les principales tendances relevées par la bibliographie.

4.3.5.1. Facteurs liés à l'animal :

Ce sont les facteurs intrinsèques, ils sont d'ordre génétique, physiologique (l'âge au premier vêlage, le rang de mise bas, stade de lactation, état de gestation...) et sanitaire.

4.3.5.1.1. Effet génétique :

La performance d'un animal est la résultante de son potentiel génétique (génotype) et des conditions d'élevage dans lesquelles il est entretenu (environnement). Ainsi, pour avoir une production laitière élevée, il ne suffit pas d'avoir un animal avec un potentiel génétique élevé, il faut également lui offrir les conditions d'élevage adéquates pour extérioriser son potentiel [200]. Le même auteur rapporte qu'à l'opposé, si le potentiel génétique de l'animal est faible, sa performance le sera aussi, même si les conditions d'élevage sont très sophistiquées. Il paraît donc que la performance d'un animal est toujours inférieure ou égale à son potentiel génétique.

La limite supérieure de la teneur en différents taux dans le lait de vache (TP et TB) est déterminée par son potentiel génétique (Tableau 4.8). C'est pour cela, que l'on parle des races laitières, qui se distinguent par le volume et la composition du lait qu'elles produisent. Ce sont les Frisonnes qui produisent le plus grand volume de lait ; en moyenne 7890 kg par vêlage mais c'est chez les vaches les moins productives que l'on trouve le lait le plus riche en corps gras (5%), alors que les Frisonnes fournissent un lait qui n'en contient que 3,61% [179].

La race Normande produisant moins de lait que la Pie-Noire (- 4kg/j), mais ayant des taux protéiques (+ 2 à + 2,5 ‰), butyreux (+ 2 à + 3 ‰) et calciques (+ 0,1 ‰) nettement plus élevés, des micelles de caséine plus petites [201]. Selon Malossini et al [202], le lait produit par la Brune est le plus riche en matière azotée, en calcium et phosphore, avec des répercussions positives sur les paramètres technologiques et en particulier sur la consistance de la coagulation.

Pour une race donnée, il existe une liaison génétique positive assez forte entre les taux butyreux (TB) et protéique (TP). Une sélection sur des TP élevés et des TB faibles est donc difficile à mettre en œuvre [203].

Dans le même contexte, Rossetti et Jarrige [204], rapportent que la sélection sur les taux butyreux entraîne une amélioration simultanée de la teneur en protéines.

Selon Wattiaux [205], il existe une corrélation négative entre la production de lait et le pourcentage de matière grasse qui rend la sélection très difficile pour des vaches hautes productrices ayant des hauts taux de matière grasse.

En effet, le taux protéique varie dans le même sens que les apports énergétiques, il peut aussi être amélioré par des apports spécifiques en acides aminés (lysine et méthionine).

Quant au taux butyreux, il dépend à la fois de la part d'aliment concentré dans la ration, de son mode de présentation et de distribution (finesse de hachage, nombre de repas, mélange des aliments [179] ; [206].

Tableau 4.8 : Résultats du contrôle laitier et par lactation [135]

Race	Durée de Lactation (Jours)	Production moyenne /kg	TB (g/kg)	TP (g/kg)
Prim Holstein	326	7678	40,7	31,5
Montbéliarde	295	6110	38,8	32,4
Normande	302	5410	43,5	34
Abondance	287	5001	37,3	32,7
Brune	320	6470	40,8	33,5
Simmental	290	5240	40	33,2
Pie rouge des plaines	300	6296	42	32,4
Tarentaise	269	4007	35,9	32
Salers	243	2407	33,2	32,8
Jersiaise	299	4181	56,4	38,4
Vosgienne	302	5415	40,1	32,5
Flamande	302	5415	40,1	32,5
Bleue du Nord	281	4422	36,8	30,7
Blanc Bleue	286	4693	36,4	30,8
Bretonne Pie noire	261	2803	44	33,3

Selon Derby [207], le lait des races Jersey et Guernesey est plus riche en Ca et P, d'environ 20 à 25%, et plus pauvre en K, Na et Cl que le lait des races Frisonne Pie Noire et Holstein. Les teneurs en Ca et P du lait de vache Normande sont plus élevées que celles du lait de vache Frisonne Pie Rouge.

4.3.5.1.2. Facteurs physiologiques :

4.3.5.1.2.1. Effet de l'âge au premier vêlage :

L'âge au premier vêlage est généralement associé au poids corporel (60 à 70% du poids adulte) et au développement général lors de la première saillie [208] ; [209].

Toutefois, les travaux de Wichersham et Shultz [210], montrent que chez des génisses Holstein vêlant à des âges différents et recevant une alimentation identique, la production laitière évolue avec l'âge (Tableau 4.9).

Les travaux de Powell [211] rapportent un âge moyen au vêlage de génisse exprimé en mois de 26,18 ; 28,75 ; 27,72 et 28,04, respectivement pour

les races Jersey, Holstein, Guernesey et brune de Suisse.

Tableau 4.9 : Influence de l'âge au vêlage de la génisse sur la production laitière
[210]

Effectif (vaches)	Age moyen (mois)	Production totale (kg)
10	27,9	5030
11	24,2	4350
7	20,4	4350

Les résultats de Keown et al [212] indiquent que l'accroissement de la production est fonction de l'âge de la génisse. Selon Hickman [213], la production maximale est atteinte à l'âge de 3 ans. D'autre part, il est important de signaler que pour un même âge au vêlage, la production laitière des génisses n'est pas indépendante de leur vitesse de croissance. En effet, une vitesse de croissance trop rapide se traduit par une production laitière faible dès la première lactation et aussi pour les lactations suivantes [214].

4.3.5.1.2.2. Effet rang de lactation :

L'âge intervient beaucoup dans l'épanouissement de l'activité sécrétoire de la mamelle. Chez les vaches convenablement exploitées, la faculté productive s'élève progressivement. Le sommet de la production lactée est atteint à la 5^{ème} lactation, aux environs de la 8^{ème} année. Elle régresse au cours des lactations suivantes (Tableau 4.10). Ces variations de la production avec le numéro de lactation s'expliquent à la fois par la variation corporelle, par l'augmentation du tissu mammaire durant les premières gestations et ensuite par le vieillissement normal du tissu [215] ; [216]; [217].

Le TB décroît lentement mais régulièrement dès la deuxième lactation pour se stabiliser à partir de la cinquième ; alors que le TP reste assez stable au cours des lactations successives. Les primipares ont des taux butyreux supérieurs (+ 0,8 g/kg en moyenne) et des taux protéiques inférieurs à ceux des multipares (- 0,6 g/kg après le 4^{ème} mois de lactation) [218].

Tableau 4.10 : Influence du numéro de lactation sur la quantité et la composition du lait produit [215]

N° de lactation	Nbr de vaches	Quantité de lait produite (L/lactation)	Matière grasse (g/L)	Composition du lait ‰			
				ESC	MA	Caséine	Lactose
1	187	3310	41,1	90,1	33,6	27,3	47,2
2	138	3590	40,6	89,2	33,5	26,6	46,2
3	108	3840	40,3	88,2	32,8	36,3	45,9
4	102	4110	40,2	88,4		26,1	45,7
5	75	3930	39	87,2	32,6	25,4	45,3
6	65	4020	39,1	87,4		26,2	44,8
7	44	4260	39,4	86,7	32,5	25,3	44,8

4.3.5.1.2.3. Effet du stade de lactation :

Les variations de la production et de la composition chimique du lait sous l'effet du stade de lactation ont fait l'objet de très nombreux travaux.

Agabriel et al [218]; Rémond [219] ; Schultz et al [220] et Srairi et al [221], notent que les teneurs en matières grasses et en protéines évoluent de façon inverse avec la quantité de lait produite (Figure 4.6). Cette dernière est faible au cours des premiers jours de lactation, maximale durant les 2^{ème} et 3^{ème} mois et diminue ensuite jusqu'à la fin de lactation, cette baisse est due à l'avancement de l'état gestatif qui raccourcit la durée de la production laitière.

Craplet et Thibier [208], rapportent que le TB décroît lentement mais régulièrement dès la deuxième lactation pour se stabiliser à partir de la cinquième ; alors que le TP reste assez stable au cours des lactations successives.

Selon Agabriel et al [218], les primipares ont des taux butyreux supérieurs (+ 0,8 g/kg en moyenne) et des taux protéiques inférieurs à ceux des multipares (- 0,6 g/kg) après le 4^{ème} mois de lactation.

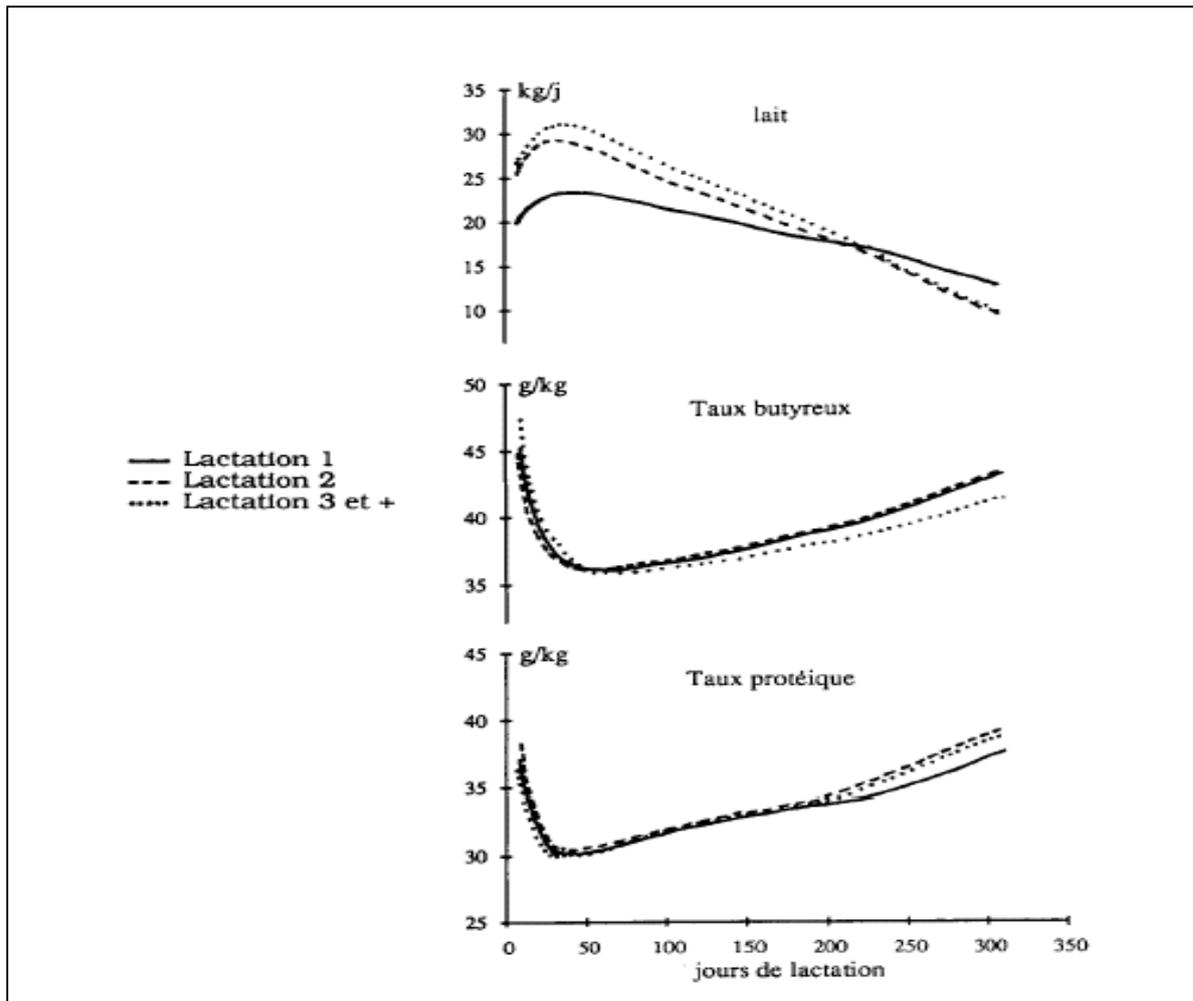


Figure 4.6 : Evolution de la production et de la composition chimique du lait selon le stade lactation [220]

Selon Debry [207], la composition du lait en minéraux varie avec les stades de lactation et note qu'après une diminution brutale pendant les premiers jours suivant le vêlage, les teneurs en Ca et P du lait diminuent légèrement jusqu'à mi lactation, puis restent stables et augmentent à nouveau en fin de lactation. Les écarts extrêmes ne dépassent pas 15%. En revanche, les teneurs en K et Na subissent des variations importantes et en sens inverse, de 1,7 à 1,3g/l pour K et de 0,4 à 0,6g/l pour Na.

4.3.5.1.2.4. Effet de l'état de gestation :

La gestation a un effet marqué sur la baisse de la production laitière, cela est dû à la production de la progestérone par le placenta [222], [223], [224]. Coulon et al [225], notent que la quantité journalière du lait sécrétée continue de

diminuer avec l'avancement de la lactation et de la gestation, dont l'effet commence à se faire sentir à environ vingt semaines après la fécondation.

Chupin [226], rapporte que la production laitière diminue rapidement chez la vache gestante, notamment durant les 120 jours qui suivent la saillie fécondante que chez la vache vide

D'après Nebel et McGilliard [227], l'existence d'une influence négative possible de la gestation sur la production laitière, pousse l'éleveur à retarder volontairement le moment de l'insémination artificielle, prolongeant ainsi la persistance de la lactation, chez les vaches traites jusqu'au vêlage.

4.3.5.1.2.5. Effet de l'état sanitaire :

Selon Faye et al [228], la hiérarchie des fréquences de pathologies rencontrées dans les élevages laitiers et qui sont à l'origine de baisse importante de la production, sont les mammites cliniques (31,7% des lactations atteintes), la pathologie podale (25,6%), les troubles digestifs (12,3%) et la rétention placentaire (9,6%). Ces mêmes auteurs rapportent que les troubles sanitaires ont tendance à augmenter avec le rang de lactation (à l'exception des difficultés au vêlage) le début de la lactation est la période la plus sensible.

LE Roux [229], confirme que les mammites viennent en tête de liste des infections dans les élevages laitiers. La production laitière du troupeau constitue l'une des mesures la plus manifestement affectée par les mammites ; les quantités de lait produites chutent de manière significative (jusqu'à 15 - 18 %) dès que les cas de mammite augmentent [230].

A l'issue de nombreuses observations effectuées par Sérieys et al [231], Durel et al [232], sur les laits mammitiques, une baisse de la quantité de matière grasse (de 5 à 9%) est constatée ; ils rajoutent que l'infection des mamelles entraîne une perturbation de la glande. Ils constatent aussi une diminution des éléments produits par les cellules de l'épithélium sécrétoire (matière grasse, caséine, lactose) et une augmentation des éléments provenant du flux sanguin par augmentation de la perméabilité des tissus malades (sels minéraux, protéines

solubles, cellules). Selon Miller et al [233], les mammites peuvent entraîner des chutes importantes de production laitière sans modification du taux protéique.

L'acidose latente est aujourd'hui l'un des principaux problèmes de la nutrition des ruminants laitiers à fort potentiel [234].

Le parasitisme intestinal dû à de nombreux parasites peut coloniser le tube digestif des bovins. Il entraîne rarement des mortalités, mais son impact sur la production laitière est certain [147].

4.3.5.2. Facteurs liés à l'environnement :

L'environnement dans lequel vit un animal est défini comme étant une combinaison de tous les facteurs qui influencent l'expression d'un caractère donné. Ces facteurs sont liés à la conduite d'élevage (alimentation, abreuvement, mode de traite, tarissement, période de vêlage, hygiène, confort ...etc.) et la saison (lumière, température ...etc.).

4.3.5.2.1. Effet de l'alimentation

L'alimentation joue un rôle important ; elle permet d'agir à court terme et de manière différente sur la production laitière et les taux de matière grasse et de protéines [235] ; [236].

En effet, selon Coulon et Hoden [237], le taux protéique varie dans le même sens que les apports énergétiques, il peut aussi être amélioré par des apports spécifiques en acides aminés (lysine et méthionine).

4.3.5.2.1.1. Effet des apports énergétiques :

L'apport énergétique explique l'essentiel des variations, parfois considérables, des taux protéiques. Un taux protéique élevé peut être relié à de fort apport énergétique des rations distribuées aux vaches.

En effet, dans l'étude menée par Bony et al [238], dans l'île de la Réunion, les taux protéiques les plus élevés sont généralement liés aux apports énergétiques les plus importants dans les rations distribuées par les éleveurs. Ces apports

permettent une importante ingestion des aliments concentrés et s'accompagnent d'une production laitière élevée [239]

En effet, l'apport de concentré au pâturage entraîne une baisse du taux butyreux et une augmentation du taux protéique du lait de - 0,30 g/kg et + 0,24 g/kg respectivement pour chaque kg de MS de concentré consommé [240].

Une part importante du concentré dans la ration (en moyenne 55 % de la matière sèche ingérée) entraîne des taux butyreux légèrement inférieurs et une production de lait et taux protéiques élevés [238].

4.3.5.2.1.2. Effet des apports azotés :

L'augmentation du niveau des apports azotés conduit à une augmentation conjointe de la production laitière et de la matière protéique [241] ; [242].

Coilliot [243], rapporte que l'apport d'urée à l'ensilage de maïs provoque un accroissement du taux protéique du lait (0,13 g par kg de lait /point de MAT supplémentaire) et surtout de la quantité de lait sécrétée (1,2 kg/point de MAT supplémentaire).

Hoden [244], affirme qu'en début de la lactation chez les vaches recevant à volonté des ensilages de maïs d'excellente qualité, l'amélioration de la nutrition azotée fait augmenter la production de lait tout en diminuant la mobilisation des réserves lipidiques. Cependant le taux butyreux ne diminue pas, il a plutôt tendance à s'accroître, car l'ingestion de fourrage et sa proportion dans la ration s'accroissent (Tableau 4.11).

Tableau 4.11 : Influence du niveau des apports azotés en début de lactation sur la production et la composition du lait [244]

Distribution du fourrage	Limitée		A volonté	
Niveau d'apport azote	Bas	Haut	Bas	Haut
<u>Quantité d'ingérées (kg MS)</u>				
- ensilage de maïs	10,5	10.5	11.2	13.4
- aliment concentré	5,5	5.6	4.7	4.8
Apports PDI	1430	1750	1350	1920
UFL	15,5	15.5	14.3	16.2
Lait (kg)	24,9	28.0	25.9	29.6
Taux butyreux g ‰ Taux	40,1	39.3	41.4	42.6
protéique g ‰ Perte de	32.5	32.3	32.3	32.7
poids vif (kg)	- 13	- 20	- 23	-13

4.3.5.2.1.3. Effet de la sous- alimentation :

Sur l'effet de la sous-alimentation énergétique, un essai a été réalisé sur deux lots de vaches par Coulon et al [245], et a montré que le lot dont la ration est réduite de 3Kg de concentré a engendré une diminution significative du taux protéique du lait (de 0,8 à 1,9 g/kg) alors que le taux butyreux n'a pas été affecté.

Les sous-alimentations énergétiques même de courtes durées, en début de la lactation provoquent une diminution de la production laitière et une augmentation du taux butyreux [147] ; Il y a une augmentation de la proportion d'acides gras à longues chaînes par rapport aux acides gras à courtes chaînes. Ceci est dû à une mobilisation des réserves corporelles lipidiques [244]. Toujours pendant cette période, une sous-alimentation azotée sévère entraîne une diminution sensible de la production laitière, malgré la capacité importante des vaches à économiser leur azote. Il apparaît intéressant de bien alimenter en azote les vaches fortes productrices au début de la lactation [246] ; [247].

Une sous-alimentation prolongée, qu'elle soit énergétique ou azotée, se traduit par une baisse de la quantité de lait et de la teneur en matière azotée, son action sur le TB est variable [248]. Si elle est en début de lactation, elle provoque une forte diminution de la production laitière, comme le montre le tableau 4.12. Cet impact serait deux fois et demi plus important chez les primipares que chez les multipares [249].

Tableau 4.12 : Effet de la sous-alimentation en début de lactation sur la production laitière [249]

Durée de la sous-alimentation en début de lactation	Diminution de la quantité de lait (kg)	
	Au début de lactation	Lactation totale
12 semaines	136	590
9 semaines	180	862
8 semaines	45	181

Cette sous-alimentation en début de lactation, occasionne un déficit énergétique, qui fait changer l'allure de la courbe de lactation, le pic de lactation serait hâtif mais suivi d'une décroissance plus rapide que la normale. Ce déficit provoquerait en plus, divers problèmes pathologiques comme les cétooses, les mortalités embryonnaires... (Figure 4.7) [136].

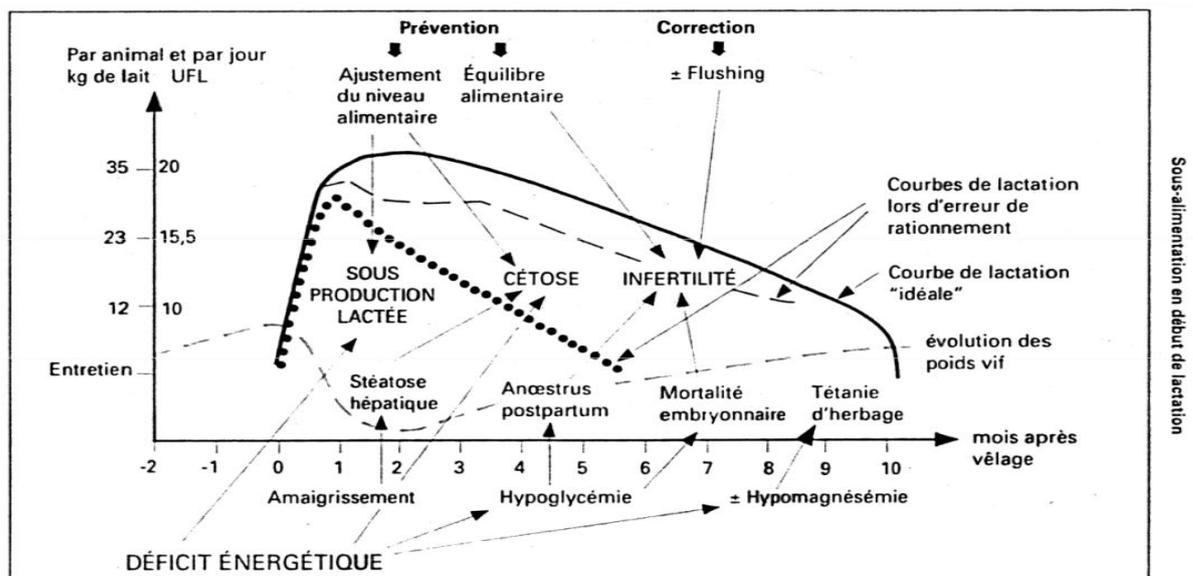


Figure 4.7 : Effet du déficit énergétique en début de lactation sur la production laitière [136]

4.3.5.2.1.4. Effet de la nature de la ration de base :

Les fourrages, principale source de fibres pour les ruminants, sont importants pour le maintien d'un taux butyreux élevé du lait. Ils contribuent à l'augmentation des acides gras dans le lait, en raison de l'action des micro-organismes du rumen qui fermentent la cellulose et l'hémicellulose alimentaires en acétate et butyrate, précurseurs de la synthèse des matières grasses du lait [250] ; [251]. Un taux de matière grasse en moyenne bas, du troupeau est souvent dû à un manque de fibre et de structure de la ration. Souvent, un apport de 2 à 4 Kg/ vache / jour de foin suffit à faire monter le taux de matière grasse [252].

La production et la composition du lait varient avec la nature des rations de base (fourrage conservé et fourrage vert). Par exemple, les vaches nourries à base de foin produisent moins de lait que celle recevant de l'ensilage d'herbe (19,5 kg/j contre 20,2 kg/ j), mais leurs laits sont plus riches en matières grasses et en protéines (31,2 g/kg contre 32,2 g/kg) [253]

Bony et al [238], dans un essai de comparaison entre l'effet de la nature des fourrages sur la composition du lait, rapportent que l'utilisation majoritaire des fourrages tempérés dans l'alimentation des vaches s'est traduit par des taux butyreux plus élevés que pour les laits des vaches qui sont alimentées le plus souvent avec des fourrages tropicaux. L'herbe jeune de printemps, qui est riche en sucres solubles, peut occasionner des diminutions de TB par accroissement du taux sanguin de propionate [136].

4.3.5.2.1.5. Effets de la proportion de concentré dans la ration

L'apport de concentré dans la ration des vaches laitières au pâturage entraîne une baisse du taux butyreux et une augmentation du taux protéique du lait. L'apport massif de concentré constitue un facteur stabilisant du taux protéique [254] ; [255].

La consommation de quantités élevée d'amidon, induit des fermentations ruminales donnant lieu à des quantités importantes de propionate, ce qui se répercute positivement sur le taux protéique, et non sur le taux butyreux. Cet effet négatif sur le taux butyreux dépend du type d'amidon. L'orge et l'avoine dont

l'amidon est rapidement dégradé par la microflore ruminale influence plus le taux butyreux que le maïs dont la dégradation est plus lente [256].

La quantité ainsi que le type de glucides ingérés par l'animal influencent la teneur en matière grasse et protéique du lait. A forts taux de concentré (+ de 50%), ce sont les céréales qui entraînent des chutes plus importantes du taux butyreux [242]. L'augmentation de la proportion du concentré qui diminue le taux butyreux arrive à partir de 40 pourcent (Figure 4.8).

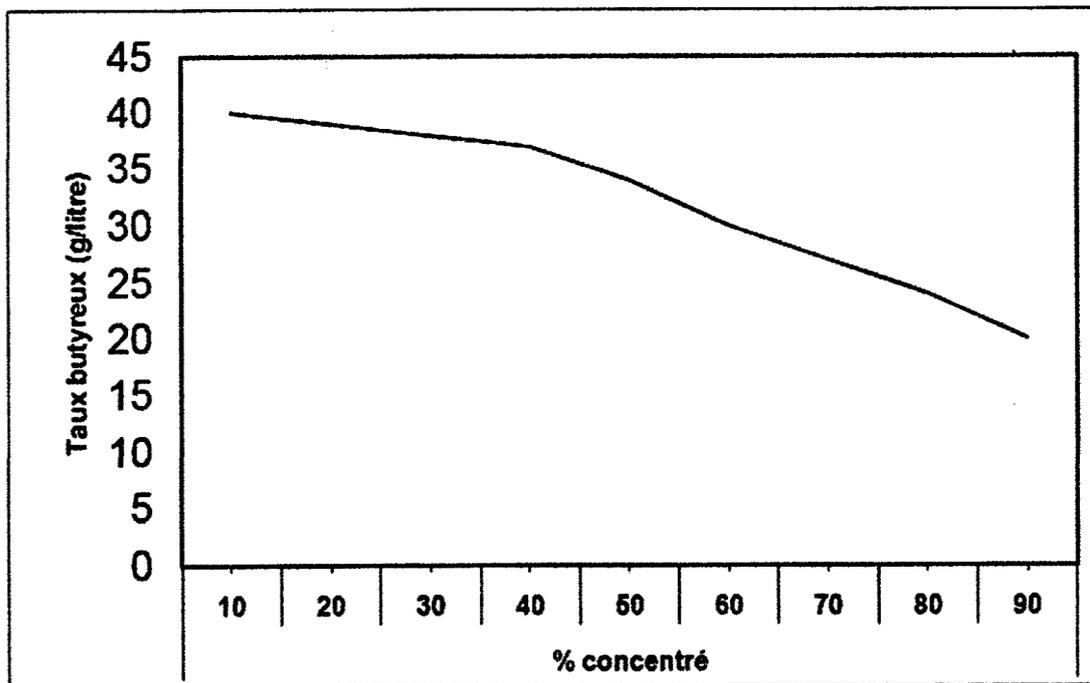


Figure 4.8 : Proportion du concentré dans la ration et son effet sur le taux butyreux [257]

4.3.5.2.1.6. Effet des apports en matières grasses :

L'un des principaux moyens de modulation de la composition des acides gras du lait est l'apport du supplément lipidique dans la ration. Cette pratique a des conséquences maintenant bien connues sur la production et les teneurs en matières grasses et en protéines du lait [191].

Le taux butyreux du lait semble diminuer quand la ration est pauvre (moins de 3%) ou riche (plus de 6%) en matières grasses. Cette diminution dépend du type du régime utilisée et de la nature des sources de lipides [258]. La supplémentation

des rations en lipides entraîne toujours une diminution du taux protéique. Les matières grasses pauvres en gras polyinsaturés (AGPI) entraînent l'augmentation la plus élevée du taux butyreux [242].

4.3.5.2.1.7. Effet de la mise à l'herbe :

Les régimes à base d'herbe pâturée sont, en effet, connus pour entraîner une augmentation de la teneur en urée du lait, en raison de leur richesse en PDIN (protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote) en particulier au printemps [259].

La mise à l'herbe sur fourrage vert de luzerne, de ray-grass ou de dactyle, s'accompagne d'une augmentation des quantités sécrétées de lait et de matières grasses. La composition des matières grasses du lait est très nettement modifiée ; les proportions des acides gras courts (C4-14) et de l'acide palmitique diminuent alors que celles d'acides gras longs (C18) augmentent [260].

D'après Jarrige [261], à la mise à l'herbe, une augmentation de 10 % du taux butyreux et de 8 % de la teneur moyenne en matières azotées totales, par rapport à la moyenne de la dernière semaine de stabulation, sont enregistrés au bout de 8 jours de pâturage.

Dubeuf et al [262], rapportent que la mise à l'herbe s'est accompagnée de modifications importantes de la production et de la composition du lait : en moyenne, la production laitière et les taux butyreux et protéique ont augmenté respectivement de 2,1 kg/j ($\pm 2,5$), 0,8 g/kg ($\pm 3,5$) et 1,4 g/kg ($\pm 1,9$) entre la semaine (- 3) et la semaine (+ 3) par rapport à la mise à l'herbe.

Par contre, Delaby et al [240], notent qu'à la mise à l'herbe, lors de la suppression du concentré, la production laitière diminue d'autant plus vite que la vache produit plus de lait qui a reçu plus de concentré pendant la période hivernale (Figure 4.9).

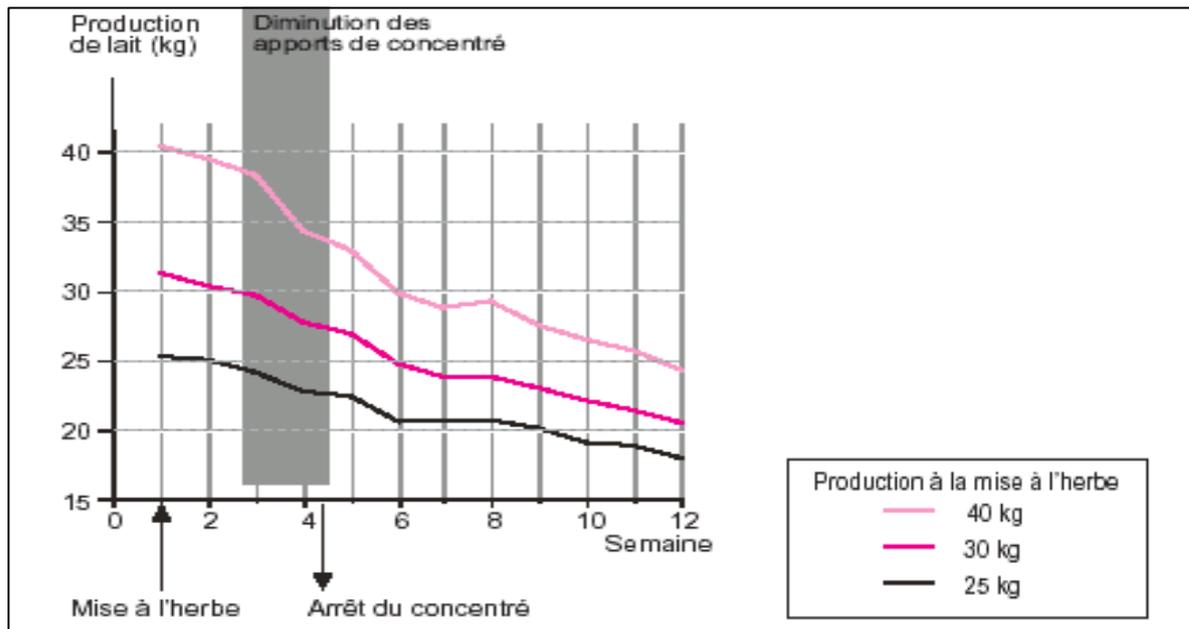


Figure 4.9 : Evolution de la production laitière au pâturage selon le niveau de production à la mise à l'herbe [240]

4.3.5.2.1.8. Effet d'apport en autres aliments :

Certains aliments complémentaires (pulpes de betteraves, son, betterave et lactosérum... etc.), utilisés en tant qu'aliments concentrés ou en association avec les fourrages de base, ont dans la plupart des cas, un effet favorable sur la composition du lait [46].

Des betteraves fourragères entières ont été distribuées (20 kg/j) en complément d'une ration mixte d'ensilages de maïs et de trèfle violet afin de mettre en évidence leurs effets sur les performances des vaches laitières. Cette association a permis d'améliorer les productions de lait (+ 2 kg/j) ainsi que la composition du lait (taux butyreux : + 2 g/kg, taux protéique: + 1 g/kg). Ces effets positifs sont probablement à attribuer aux modifications d'orientations fermentaires dans le rumen concernant le taux butyreux et au meilleur niveau d'apport énergétique pour la synthèse des protéines [263].

Hoden et al [263], rapportent qu'avec des rations à base d'ensilage de maïs, le remplacement d'une partie importante de ce fourrage par des pulpes entraîne une diminution du taux butyreux. Ces mêmes auteurs, notent que l'introduction de la pulpe sèche dans la ration riche en concentré, permettra de

maintenir un taux butyreux normal ou de limiter fortement sa diminution, la digestion des pulpes dans le rumen donne lieu à des acides acétiques, précurseurs des acides gras à chaîne courte et moyenne du lait.

L'apport de betteraves, de mélasse ou de lactosérum dans la ration se traduira par une augmentation plus sensible du taux butyreux, quand celui-ci est faible [264].

4.3.5.2.1.9. Effet de l'aspect physique des aliments :

Le mode de présentation physique des aliments semble avoir un effet sur le taux butyreux. Des études ont montré une corrélation positive entre l'indice de fibrosité d'une ration (temps de mastication à l'ingestion et de rumination) et le taux butyreux [265].

Le hachage fin des fourrages conduit à une diminution du taux butyreux, surtout lorsqu'il est associé à un apport important de concentré (Tableau 4.13) [266]. Ceci est dû à un transit digestif rapide facilitant les fermentations et menant aussi à une forte proportion d'acide propionique par rapport aux taux d'autres acides gras volatils (AGV), surtout l'acide acétique, principal précurseur de la synthèse des acides gras du lait [267]. Le broyage fin des aliments concentrés est également susceptible de diminuer la fibrosité de la ration. Ainsi, les céréales présentées sous forme aplaties ou légèrement concassées entraînent une moindre chute du taux butyreux, essentiellement au-delà de 50 à 60 % de concentrés dans la ration [257].

Cependant, il n'apparaît pas de relation entre la granulométrie et le taux protéique du lait [268] ; [269].

Tableau 4.13 : Effets de la finesse de hachage d'une ration (55% de foin de luzerne-45% de concentré) sur les performances des vaches laitières [266]

Hachage	Fin	Grossier
Lait (Kg/j)	28,3	28
Taux butyreux (g/Kg)	29	37
Taux protéique (g//Kg)	30	31
Quantités ingérées (Kg MS/j)	23	22,4

4.3.5.2.2. Effet du climat :

La température, les radiations solaires, l'humidité relative, le vent..., sont les facteurs climatiques qui agissent par leurs interactions considérables sur les performances de l'élevage. L'unanimité d'un ensemble d'auteurs sur l'effet des températures et particulièrement les plus fortes, sur la production et la composition du lait a été démontrée par leurs nombreux travaux. L'augmentation de la température ambiante (lorsqu'elle se maintient dans la zone de confort thermique des vaches) pourrait avoir un effet propre favorable à la production laitière et défavorable à la richesse du lait, [218] ; [272] ; [273] ; [274].

Deux essais ont été menés sur des vaches laitières Frisonne-Holstein pour étudier l'effet du stress thermique sur la production, la composition du lait et sur l'ingestion de la matière sèche sous un climat méditerranéen. Ces essais ont été réalisés en deux périodes qui diffèrent seulement par leurs valeurs d'index température-humidité (THI) qui sont de $68 \pm 3,75$ et $78 \pm 3,23$ pour le printemps et l'été, respectivement. Le THI journalier est négativement corrélé à la production laitière ($r = -0,76$) et à l'ingestion ($r = -0,24$). Lorsque la valeur THI est passée de 68 à 78, la production laitière a diminué de 21 % et la matière sèche ingérée de 9,6 % [275]. Ces mêmes auteurs, rajoutent que pour chaque unité d'augmentation du THI au-delà de 69 %, la production laitière chute de 0,41 kg par vache et par jour. Les teneurs du lait en matières grasses (3,58 à 3,24 %) et en protéines (2,96 à 2,88 %) étaient plus faibles ($P < 0,05$) pendant la période estivale.

Le lait de vache des pays tempérés produit en milieu chaud contient moins de matières grasses, de matières azotées et de lactose. La thermo-tolérance des animaux varie en sens inverse de leur production, les animaux moins productifs sont les plus résistants à la chaleur [147] ; [276] ; [277].

La température idéale pour la production laitière oscille autour de 10 °C. A des températures de 20 à 30 °C, la production laitière diminue respectivement de 5% et 25%, l'ensoleillement a un effet sur l'augmentation de la température ambiante, cela incommoder d'autant les animaux et leur production [278] ; [279] ; [280].

Un animal exposé au froid règle sa thermorésistance en consommant davantage d'aliment disponible, si non, il utilise les nutriments au détriment de la production de lait, en épuisant de ses réserves corporelles, de ce fait, la production laitière diminue avec la diminution de la température tandis que les taux butyreux et protéiques augmentent [209] ; [281].

4.3.5.2.3. Effet du tarissement :

Le tarissement autrement dit la période sèche désigne la régression finale de la lactation, qu'elle soit naturelle ou provoquée, c'est la période de repos physiologique allant de l'arrêt de la traite jusqu'au vêlage [282].

Rémond et al [283], rapportent que la réduction de la durée de la période sèche à partir de la durée de 6 à 8 semaines diminue d'environ 10%, la quantité de lait sécrétée au cours de la lactation suivante pour une période sèche de 1 mois et d'un peu plus de 20% lorsque la période sèche est omise. L'omission complète de la période sèche entraîne une diminution de la quantité produite au cours de la lactation ultérieure comprise entre 18% et 29%.

Selon Sérieys [130], la durée du tarissement modifie considérablement la composition du lait et que le non-tarissement ou le tarissement court (moins de 40 jours) entraînent une amélioration du taux butyreux et protéique, particulièrement sur les deux premières lactations.

4.3.5.2.4. Effet du mois vêlage :

Les effets conjoints de la saison et du stade physiologique des animaux conduisent à des évolutions de la production et de la composition du lait très différentes, selon la période de vêlage [284]. L'idéale serait de faire coïncider les vêlages avec les périodes de disponibilités fourragère ce qui est variable d'une région à une autre voire d'un pays à un autre [285]. Néanmoins, la période estivale reste une période difficile, malgré le stade physiologique avancé des vaches [237].

4.3.5.2.5. Effet bien être :

L'animal est un être sensible, doté d'une certaine perception et compréhension de son environnement. Il ne faut plus le considérer comme un simple moyen pour produire, il doit être placé par son propriétaire dans des conditions compatibles avec les impératifs biologiques de l'espèce [286] ; [287].

Selon Agabriel et al [218], les animaux des troupeaux placés dans des milieux favorables présentent une production laitière et un taux protéique supérieurs respectivement de 550 kg et 1,0 g/kg ($P < 0,01$) à ceux des troupeaux ayant des caractéristiques de milieux défavorables.

Les animaux qui subissent des comportements brusques de la part des éleveurs, présentent des réactions de peur et de stress qui peuvent avoir des répercussions négatives sur leur productivité et la production laitière des vaches en particulier [288].

Ces mêmes auteurs notent que le logement et la régie de l'étable sont également fondamentaux et qu'en stabulation, si le nombre de places à l'auge est insuffisant et les ressources alimentaires sont limitées, une compétition entre les animaux s'établit en restreignant l'accès à la nourriture des animaux de faible rang. Cette restriction d'accès peut conduire à une inhibition totale et un arrêt de la prise alimentaire de certains individus. Des améliorations de la production laitière ont été relevées à la suite du transfert des vaches dans une étable plus adéquate.

Selon Hoden et al [289], le chargement de +30% des parcelles de pâturage peut avoir un effet sur la production du lait avec une réduction de 5%.

DEUXIÈME PARTIE ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

**5. EFFETS DES PRATIQUES ALIMENTAIRES SUR
QUELQUES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES
DES VACHES LAITIÈRES DE L'ITELV
DE BABA-ALI**

5.1. Introduction :

L'élevage bovin laitier en Algérie continue à être soumis à un ensemble de contraintes qui freinent son essor. En amont, le système de production continue de souffrir du niveau technique limité des éleveurs, associé aux entraves climatiques et socio-économiques, qui sont à l'origine de la faible productivité des élevages (Riahi, 2008). Sur le plan technique, le problème majeur que rencontre la production laitière est lié à l'alimentation (niveau de chargement ; quantité de concentré et offre fourragères) des vaches laitières dans les élevages et l'insuffisance de l'offre fourragère [2] ; [290] ; [291] ; [292].

Les techniques de rationnement sont aussi absentes sur le terrain. Les vaches laitières importées, dont l'alimentation doit être adaptée aux performances laitières, reçoivent une ration distribuée indépendamment de leur stade physiologique ou de leur niveau de production tout le long de l'année [291] ; [293].

L'alimentation se caractérise aussi par l'usage excessif des foin secs et du concentré au détriment des fourrages verts. Or, la nature de la ration de base des animaux ainsi que le niveau et la nature des concentrés semblent être des facteurs de variation importants de la composition du lait en acides gras, vitamines et caroténoïdes [294] ; [295]. L'apport énergétique explique l'essentiel des variations, parfois considérable, des taux protéiques. Un taux protéique élevé peut être relié à de forts apports énergétiques des rations distribuées aux vaches, ces apports permettent une importante ingestion des aliments concentrés et s'accompagnent d'une production laitière élevée [238]. Par ailleurs, les fourrages contribuent dans l'augmentation des acides gras du lait grâce aux microorganismes qui fermentent la cellulose et l'hémicellulose en acétates et butyrates, précurseurs de la fabrication des matières grasses du lait.

Le déficit de la production laitière causée principalement par la mauvaise gestion alimentaire, est imputable à divers autres facteurs parmi lesquels on peut raisonnablement citer l'infécondité, le manque d'une politique rigoureuse de sélection génétique, un mauvais état sanitaire de la mamelle, l'environnement et le mode de conduite ; ce dernier reste globalement archaïque et peu propice à

l'expression des potentialités des animaux [296]. Les anomalies observées dans les exploitations sont diverses (mauvaises gestion alimentaire et détection des chaleurs, absence de politique de conduite etc.) [297].

5.2. Objectif :

L'objectif de notre étude est de faire un diagnostic sur les pratiques alimentaires et leur l'impact par changement de la ration de base sur quelques paramètres zootechniques des vaches laitières élevées à la station bovine de l'ITELV de Baba ALI.

Pour atteindre cet objectif, nous avons réparti notre travail comme suit :

- Collecte des informations relatives à la situation du cheptel bovin laitier ;
- Caractérisation chimique fourrages cultivés en vert et en sec destinés à l'alimentation des vaches laitières ;
- Evaluation mensuelle de la note d'état corporel du cheptel dans le but d'évaluer l'efficacité de la ration alimentaire ;
- Collecte des données de la production laitière mensuelle et totale du troupeau laitier et analyse de la qualité du lait durant toute l'année d'étude (2014), en déterminant les rapports des taux TB/TP, outils diagnostiques de certaines affections métaboliques d'origines nutritionnelles.

5.3. Description de la région d'étude :

Notre étude s'est déroulée au niveau de la ferme d'élevage des ruminants de l'Institut technique des élevages de Baba Ali (ITELV), située dans la pleine de la Mitidja (Figure 5.1). Elle se trouve à l'étage bioclimatique subhumide à frais ; dépendant de la commune de Birtouta-Wilaya d'Alger ; elle est située sur l'axe routier reliant Baba Ali à Chebli. La station est limitée à l'Est par Oued El Harrach, à l'Ouest par la voie ferrée Alger-Oran, au Nord par la localité des Zouines et au Sud par les habitations de la cité Baba Ali.

Le sol fertile de la Mitidja est caractérisé en majorité par un type peu évolué, avec des dépôts alluviaux récents et profonds. Ce sont des couches

horizontales de marnes argileuses et grisâtres et de débris pierreux de différentes natures ; sa texture est hétérogène, de grossière à fine [299].

L'ITELV dispose d'une surface agricole totale (SAT) de 453.79 ha dont 402.30 ha de surface agricole utile (SAU) sur lesquelles 32.53 ha sont destinées à l'arboriculture et 19.26 ha aux surfaces bâties. La ferme est scindée en deux stations, l'une destinée aux élevages des monogastriques (aviculture, cuniculture et l'élevage des autruches) et l'autre aux ruminants (bovins, ovins et caprins).

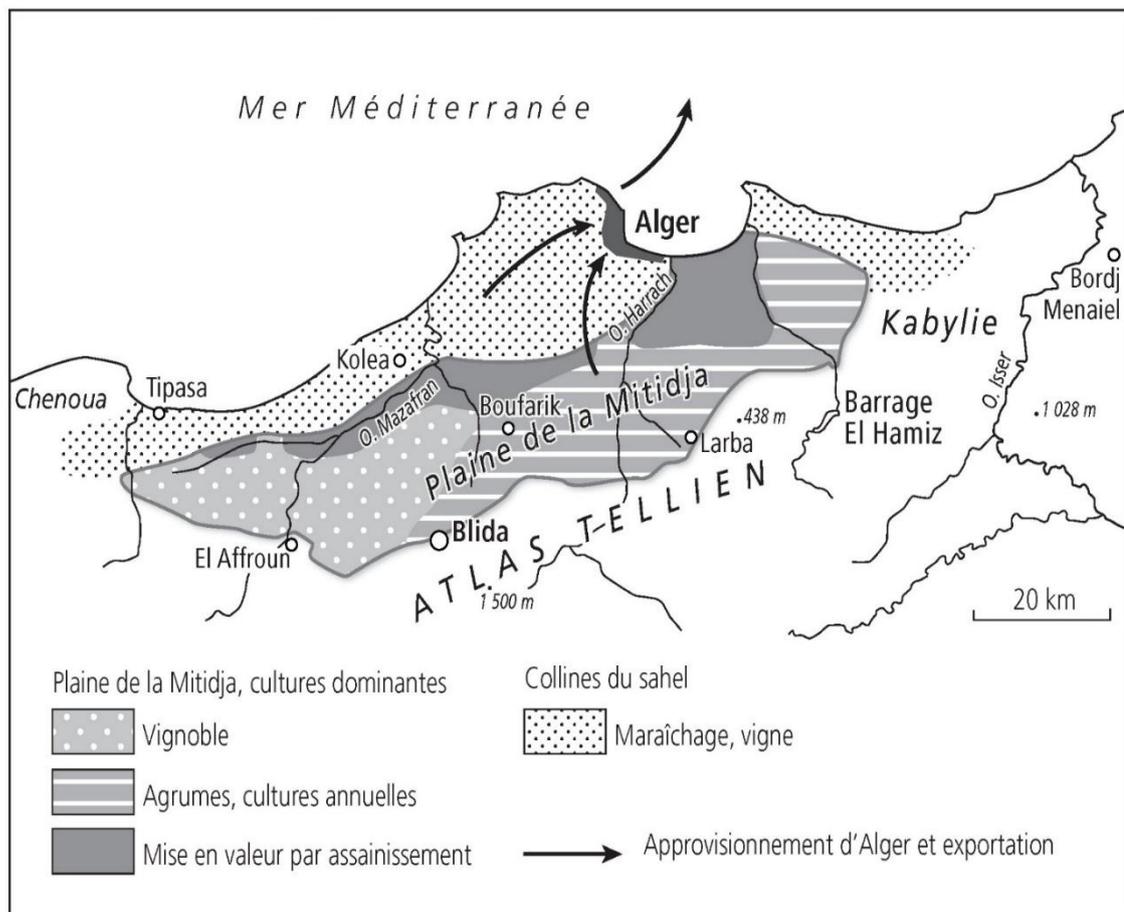


Figure 5.1 : Situation et caractéristiques de la plaine de la Mitidja [298]

5.3.1 Caractéristiques climatiques :

Le climat est de type méditerranéen, avec une influence continentale, surtout en été. C'est un climat de latitude moyenne tempérée humide, avec des hivers pluvieux et moyennement doux, s'étalant de Novembre à Avril et des étés chauds, s'étalant de Mai à Octobre. Les précipitations, d'environ 80 jours dans

l'année, apportent en moyenne 50 mm par mois avec d'importantes variations entre les mois. Elles atteignent leur apogée en Novembre, Décembre, Janvier et Février, mois qui donnent environ 50 % des précipitations annuelles. L'hygrométrie de l'air oscille entre 60 et 78 % [300].

5.3.1.1. Température :

Les températures moyennes mensuelles de l'année 2014 figurent dans le tableau 5.1. Les mois les plus chauds, sont Juillet et Août avec des températures maximales respectives de 36,50 °C et 34,67 °C, ils sont suivis par les mois de Juin et Septembre. Les mois les plus doux sont Janvier et Février avec des températures respectives de 16,68 °C et 15,38 °C.

Tableau 5.1 : Températures moyennes mensuelles (°C) de l'année 2014 [300]

Mois	Année 2014	
	Moyenne maximale	Moyenne minimale
Janvier	16,68	5,93
Février	15,38	7,93
Mars	20,38	11,30
Avril	24,60	15,43
Mai	28,80	21,29
Juin	30,25	24,18
Juillet	36,50	27,62
Août	34,67	26,91
Septembre	31,37	24,48
Octobre	26,00	19,42
Novembre	21,58	12,93
Décembre	20,17	7,6

5.3.1.2. Pluviométrie :

Pour cette année d'étude, les mois les plus pluvieux sont Janvier avec 112,9 mm et Octobre avec 141,20 mm et les plus secs, sont Avril, Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre et Décembre. Il ressort du tableau 5.2, que les principales

périodes de précipitation sont concentrées durant la saison Automnale et la saison hivernale. La période printanière était caractérisée par une pluviométrie très faible 91,4 mm par rapport aux années 2013 et 2012 avec des pluviométries respectives de 145,6 mm et 280,70 mm [300].

Tableau 5.2 : Répartition mensuelle moyenne des précipitations en mm de l'année 2014 [300]

Mois	Année 2014	
	Total du mois	Nombre de jours
Janvier	112,9	10
Février	87,90	17
Mars	63,80	07
Avril	00	00
Mai	9,5	03
Juin	18,10	03
Juillet	1,2	02
Août	2,5	02
Septembre	10,00	08
Octobre	141,20	09
Novembre	73,20	09
Décembre	00	00

5.4. Matériel et méthodes :

5.4.1. Matériel animal :

La station expérimentale ruminant de l'ITELV de Baba Ali dispose tout au long de l'année 2014 d'un effectif global moyen de 38 vaches laitières, de race Prim Holstein, Brune des Alpes et Montbéliarde. Chaque vache est identifiée par un numéro apposé sur l'oreille et menue d'une fiche signalétique mentionnant toutes les informations propres à l'animal (date de naissance, nombre de gestation, silhouette...).

Le troupeau est sous contrôle sanitaire régulier avec un suivi vétérinaire et un dépistage prophylactique permanents (Tuberculose et Brucellose) en plus des vermifugations systématiques et des vitaminothérapies (AD3E).

Pour le contrôle laitier et la notation de l'état corporel, le choix des vaches s'est basé sur les critères suivants :

- VL indemne de maladie surtout les mammites ;
- VL à différents stades physiologiques ;
- VL à différents rang de mise bas.

5.4.2. Matériel végétal :

La station pratique des cultures fourragères pour l'alimentation des bovins laitiers. Une partie de ces fourrages est conservée (soit ensilée, soit fanée) à titre de prévision pour répondre au mieux aux différents besoins de son cheptel.

Pour l'affouragement en vert, les graminées annuelles qui ont été cultivées durant l'année 2014 sont :

- Orge : variété Saida, cultivée sur une superficie de 09 ha et récoltée au stade pâteux.
- Avoine : variété Prévision, cultivée sur une superficie de 12 ha et récoltée au stade début épiaison
- Sorgho : variété Bmr hybride, cultivé sur une superficie de 05 ha et fauché au stade épiaison.

Il ya lieu de signaler que les plus grandes superficies de la station au nombre de 87 ha sont réservées à la culture du foin d'avoine qui constitue tout au long de l'année la ration de base pour l'élevage des ruminants.

L'aliment concentré VLB17 utilisé à titre de complémentation pour les vaches laitières provient de l'office national d'aliment du bétail (ONAB). Il est composé de : Mais, Issues de meunerie, Tourteau de soja, Vitamines et Minéraux (sel, calcaire, phosphate et oligoéléments).

Ainsi le calendrier fourrager adopté par la station de l'ITELV pour l'année 2014 est présenté ci-dessous (Tableau 5.3).

Tableau 5.3 : Calendrier fourrager de l'année 2014.

Mois Aliment	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Foin d'avoine												
Concentré												
Orge en vert												
Avoine en vert												
Sorgho en vert												
Ensilage d'avoine												

En pratique, l'ensemble des vaches (tout état physiologique confondu) recevait le même type de fourrage et la même quantité. Les quantités des aliments distribués durant l'année sont portées dans le tableau 5.4.

Tableau 5.4 : Quantités d'aliments distribués durant l'année d'étude.

Mois	Aliments disponibles	Quantités en kg
Janvier	Foin d'avoine	10
	Ensilage d'avoine	8
	Concentré VLB17	8
Février	Foin d'avoine	12
	Concentré VLB17	8
Mars	Foin d'avoine	6
	Avoine en vert	50
	Concentré VLB17	5
Avril	Foin d'avoine	6
	Orge en vert	50
	Concentré VLB17	5

Mai	Foin d'avoine	6
	Orge en vert	50
	Concentré VLB17	2
Juin	Foin d'avoine	12
	Concentré VLB17	10
Juillet	Foin d'avoine	12
	Concentré VLB17	10
Août	Foin d'avoine	6
	Sorgho en vert	30
	Concentré VLB17	5
Septembre	Foin d'avoine	6
	Sorgho en vert	30
	Concentré VLB17	5
Octobre	Foin d'avoine	12
	Concentré VLB17	8
Novembre	Foin d'avoine	12
	Concentré VLB17	8
Décembre	Foin d'avoine	12
	Concentré VLB17	8

5.4.3. Mesures réalisées :

5.4.3.1. Evaluation de la production fourragère :

Pour déterminer le rendement en matière verte (RdtV) de chaque parcelle cultivée, elle doit être parcourue en « zigzag » et à l'aide d'un cadrat métallique de 1 m², six (06) récoltes sont effectuées et pesées pour évaluer le rendement en vert moyen de la parcelle exprimé en tonne par hectare (t/ha) [301].

5.4.3.2. Détermination de la composition chimique des fourrages utilisés par l'ITELV

5.4.3.2.1. Techniques de récolte des échantillons pour analyse :

La technique de prélèvement adoptée est celle dite en « zigzag » en parcourant les parcelles cultivées (orge, avoine et sorgho) d'environ 5 ha, suivant 05 arrêtes éloignées de 20 à 25 mètres. On prélève une douzaine de poignées par

arrête que l'on coupe soigneusement à la faucille en évitant d'entraîner des racines ou de la terre [64].

Les échantillons prélevés sont alors soigneusement mélangés pour n'en faire qu'un seul échantillon d'environ 1 kg par espèce. Chaque échantillon est scindé en deux parties :

- Une petite partie d'environ 100 g est hachée pour la détermination de la matière sèche.
- Le reste est placé dans une étuve préalablement réglée à 65°C pendant 36 heures afin de fixer rapidement le taux de MS d'environ 80 à 85 % pour une bonne conservation. Après séchage, l'échantillon est broyé finement (1mm) puis conservé hermétiquement en vue de la détermination de la composition chimique.

5.4.3.2.2. Analyses chimiques :

La détermination des teneurs en matière sèche (MS), en matière minérale (MM), en matières azotées totales (MAT), en cellulose brute (CB) ainsi que le dosage du calcium (Ca) et phosphore (P) a été réalisée selon les méthodes décrites par l'association officielle Américaine des analyses chimiques [302]. Les résultats sont rapportés à la matière sèche. Toutes les mesures ont été effectuées en trois répétitions au laboratoire d'analyse de L'ITELV.

5.4.3.2.2.1. Teneurs en matière sèche (MS) :

Introduire 1 à 2 g de l'échantillon à analyser dans une étuve à circulation d'air réglée à 105°C (\pm 2°C), laisser durant 24h, refroidir au dessiccateur puis peser.

La teneur en MS en % = (Poids de l'échantillon après dessiccation / Poids de l'échantillon humide) x 100

5.4.3.2.2.2. Teneurs en matière minérale (MM) :

Introduire 1 à 2 g de l'échantillon à incinéré dans un four à mouffles à 200 °C pendant 1 heure 30 mn, puis à 500 °C pendant 2 heures 30 mn. L'incinération doit être poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon formé et obtention d'un résidu blanc ou gris clair.

La teneur en MM % = (poids des cendres/poids de l'échantillon x MS) x 100

5.4.3.2.2.3. Teneurs en matière organique (MO) :

La teneur en matière organique, est estimée par différence entre la MS et les MM.

La teneur en MO en % = 100 – MM

5.4.3.2.2.4. Teneurs en cellulose brute (CB) :

Elle a été déterminée par la méthode de Weende. Après hydrolyse des constituants non cellulosiques respectivement par une solution acide (6,8 ml d'H₂SO₄ / l) et une solution basique (12,5 g de NaOH / l) et après filtration sur creuset (de porosité 1 ou 2), le résidu, est séché à l'étuve à 105°C. Après pesée, le résidu est incinéré à 500°C durant 5 heures. Il est repesé à la fin de l'incinération.

Teneur en CB en % MS = [(poids du creuset + résidu après dessiccation - poids du creuset + résidu après incinération) / (poids de l'échantillon de départ x MS)] x 100

5.4.3.2.2.5. Teneurs en matières azotées totales (MAT) :

L'azote total est dosé par la méthode de Kjeldahl. Elle consiste à minéraliser l'échantillon, à analyser par de l'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur.

Cette étape, est suivie par la distillation du minéralisât par la soude, la récupération de l'ammoniac par l'acide borique puis le titrage de l'ammoniac libéré par l'acide sulfurique à N / 20.

Azote (N) en g = (descente de burette x 0,0007) x (100 / poids de l'échantillon) x (200 / volume de la prise d'essai).

Teneurs en MAT (% MS) = N g x 6,25

5.4.3.2.2.6. Teneurs en calcium et phosphore :

Le dosage du calcium (Ca) a été réalisé en utilisant la spectrophotométrie à absorption atomique. L'extraction consiste à peser en double 1g de l'échantillon à analyser dans des béchers préalablement tarés. Environ 10 ml d'acide nitrique pur sont ajoutés pendant toute une nuit. Le contenu des béchers est chauffé jusqu'à la disparition des fumées rouge orangée de NO₃.

Trois ml d'acide perchlorique à 70 % sont additionnés et portés à ébullition jusqu'à la réduction du volume. Le résidu est filtré dans des fioles de 50 ml et ajustées avec de l'eau distillée à leur volume final.

La technique au nitrovanadomolybdate a été effectuée pour déterminer les concentrations du phosphore dans les plantes étudiées par la spectrophotométrie dans le visible à 430 nm. Un gramme de l'échantillon est pesé dans des creusets préalablement tarés, et placé dans l'étuve à 110 C° pendant deux heures.

Les résidus secs sont incinérés dans un four à moufle à 450C° pendant 2 heures jusqu'à obtention de cendres blanches. L'ajout de 10 ml d'acide nitrique 1 N permet de dissoudre les cendres qui sont transvasées dans des béchers de 30 ml.

Ces deniers sont chauffés sur plaque pendant 30 minutes. La solution obtenue est filtrée dans des fioles de 50 ml et complétée à leur volume final avec de l'eau distillée. Le réactif nitrovanadomolybdate est obtenu à partir d'un mélange de solutions de molybdate d'ammonium à 5% et de vanadate d'ammonium à 0.25 % donne une coloration jaune en présence de phosphore qui est dosé par absorption moléculaire.

5.4.3.3. Mesure des paramètres étudiés :

5.4.3.3.1. Notation de l'état corporel :

Pour la notation de l'état corporel, l'observation s'est faite mensuellement selon la méthode décrite par Rodenburg [303] avec une grille de notation allant de 1 à 5 : 1 pour vache cachectique, 2 pour maigre, 3 pour moyenne, 4 pour grasse et 5 pour très grasse, avec une précision de 0,25 unité.

La notation de l'état corporel est basée sur l'inspection visuelle et la palpation manuelle de la région lombaire et caudale. La note ou le score compris 1 (état émacié) et 5 (état gras) a été attribué en fonction du degré de couverture adipeuse et musculaire des endroits anatomiques examinés tout en utilisant des sous unités de 0,25.

En pratique, les vaches sont toujours notées par deux opérateurs puis une note moyenne est calculée entre les 2 notes attribuées.

5.4.3.3.2. Production laitière totale mensuelle :

Durant l'année 2014, la production laitière totale mensuelle des vaches, tout stade de lactation confondu, et la moyenne de la production laitière par jour, et par vache, ont été déduites à partir des fiches de contrôle laitier de l'ITELV.

5.4.3.3.3. Taux butyreux et taux protéique :

La qualité du lait des vaches est analysée mensuellement durant l'année 2014. Pour cela, un volume de 100 cc de lait frais est prélevé juste après la traite du matin sur toutes les vaches en production pour doser les taux butyreux et protéique (TB et TP).

Ces mesures sont réalisées au laboratoire d'analyses de L'ITELV par l'appareil EKOMILK, basé sur la technologie des ultrasons et qui ne nécessite aucun produit chimique ni réactif pour l'analyse physico-chimiques du lait.

5.4.4. Analyses des données :

Le traitement des résultats avec Microsoft EXCEL 2016 nous a permis de faire une analyse des données dans le but de les comparer et de discuter leurs évolutions.

5.5. Résultats et discussion :

5.5.1. Rendement en matière verte :

Les rendements en vert exprimés en t/ha des fourrages cultivés en irrigué par la station de l'ITELV sont portés sur la figure 5.2.

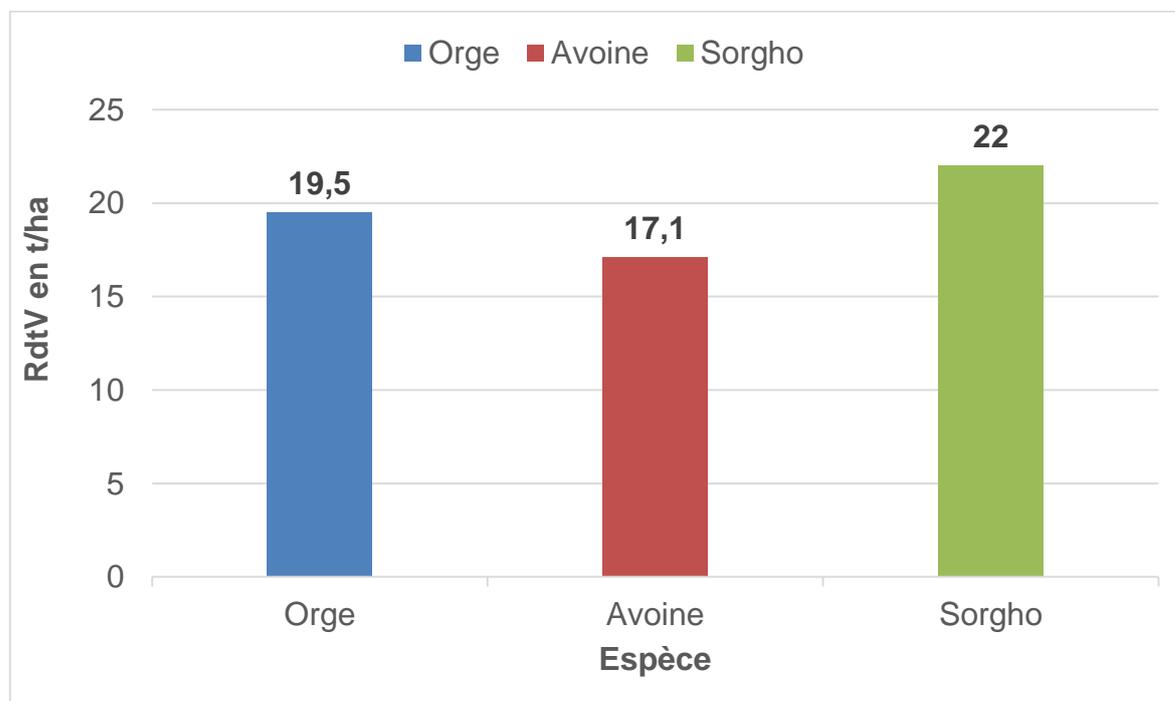


Figure 5.2 : Rendement en matière verte des graminées annuelles étudiées.

Les variétés de graminées annuelles ont donné des rendements en matière verte compris entre 17,1 et 22 t/ha. La production la plus élevée est attribuée à la variété de l'espèce Sorgho, valeur légèrement inférieure à celles trouvées respectivement par Meslier et al [304] et Mahamadou et al [305] (26,56 t/ha) (27,74 t/ha) en début épiaison. Cette graminée estivale, par sa résistance et son rendement en plusieurs coupes peut jouer un rôle important dans l'alimentation des vaches laitières [306].

La culture de l'orge en vert a enregistré une production en matière verte comparable à celle donnée par Bouksila et al [307], (17,22 t/ha) au Nord de la Tunisie et supérieure à la valeur annoncée par Boulal et El Mzouri [308] (14,83 t/ha) dans la province Khouribga Marocaine à climat semi-aride.

Par contre, Hassani [19] trouve une valeur largement inférieure (8 t/ha) en coupe de déprimage durant le tallage.

Pour l'avoine, graminée hivernale, celle-ci a produit une biomasse inférieure à celles enregistrées par Mc Elroy et Gervais [309] (26,28 t/ha), Gervais et St-Pierre [310] (23,78 t/ha) et Bollaveni et al [311] (28,70 t/ha).

Al Faiz et al [59], trouvent un rendement en vert inférieur (7,28 t/ha) à celui de la station de l'ITELV.

5.5.2. Caractérisation chimique des graminées annuelles étudiées :

La composition chimique des fourrages étudiées en verts et conservés est présentée dans le tableau 5.5.

Tableau 5.5 : Composition chimique des fourrages cultivés à l'ITELV.

Espèce	MS (%)	MO (% MS)	MAT (% MS)	CB (% MS)	Ca (g/kgMS)	P (g/kgMS)
Orge	35,05	93,28	5,81	28,39	0,20	0,31
Avoine	19,17	87,09	12,57	30,4	0,92	0,01
Sorgho	28,32	92,06	6,06	31,5	0,63	0,03
Foin d'avoine	85,41	91,79	8,21	47,26	0,56	0,22
Ensilage d'avoine	20,52	87,86	5,39	30,26	0,4	0,3

Les teneurs en matière sèche des fourrages verts varient entre 19,17 et 35,05 % et évoluent en fonction du stade de développement de la plante et se situent chez les graminées fourragère entre 10 et 40% [41].

L'augmentation de la teneur de la MS du foin d'avoine est due principalement aux conditions de fanage [120].

Les teneurs en matière organique, sont comprises entre 87,09 et 93,28%, valeurs comparables à celles annoncées par Abdelguerfi et Laouar [5] et Arab et al [312].

Les teneurs en Matières azotées totales des graminées en verts et conservées se situent entre 5,39 et 12,57%. Hormis la teneur de l'avoine qui est supérieure à celles annoncées par Ciheam [81] (10,2 %), et Meisser et al [313] (10,6%) au stade début épiaison, les autres valeurs sont faibles par rapport à la littérature. Cette faiblesse est due à la croissance rapide de la végétation et à la longueur de la période sèche permettant une déficience en protéines en limitant l'ingestion et l'utilisation de ces fourrages [314].

Scehovic et al [315], indiquent que l'azote total est souvent considéré comme un facteur déterminant de l'appétibilité du fourrage ; son abondance dans les plantes jeunes et dans les parties les plus digestibles (feuilles) donne l'impression d'être la cause de la préférence des animaux pour ces dernières.

Les teneurs en Cellulose brute sont situées entre 28,39 et 47,26%. La valeur la plus élevée est attribuée au foin d'avoine caractérisé par sa teneur élevée en fibres, considérées comme source principale d'énergie pour la population microbienne du rumen et pour la couverture des besoins d'entretien [316] ; [317] ; [318].

Par rapport au stade de récolte, les valeurs de la CB des fourrages verts récoltés sont comparables à celles trouvées par INRA [139].

L'ensemble de fourrages annuels étudiés ont présenté des teneurs en calcium et phosphore très faibles comparées à la littérature. Cette différence est due à la nature du sol et à la diminution de l'absorption minérale de la plante causée par le stress hydrique qui a sévit durant le développement végétatif [319] ; [320] ; [321].

5.5.3. Evolution de la note d'état corporel :

D'une manière générale, l'état corporel des animaux est un des indicateurs (avec les performances de production, les résultats de reproduction et la composition du lait) de l'efficacité et de la sécurité d'une ration.

Les recommandations dans ce domaine préconisent moins de 10% des vaches ayant un état supérieur à 4 ou inférieur à 2,5. Il faudra cependant tenir compte du stade physiologique des animaux, cette norme doit être ajustée lorsque

beaucoup d'animaux sont en début de lactation [322].

L'évolution de la note d'état corporel moyenne du troupeau de l'ITELV est présentée dans la figure 5.3.

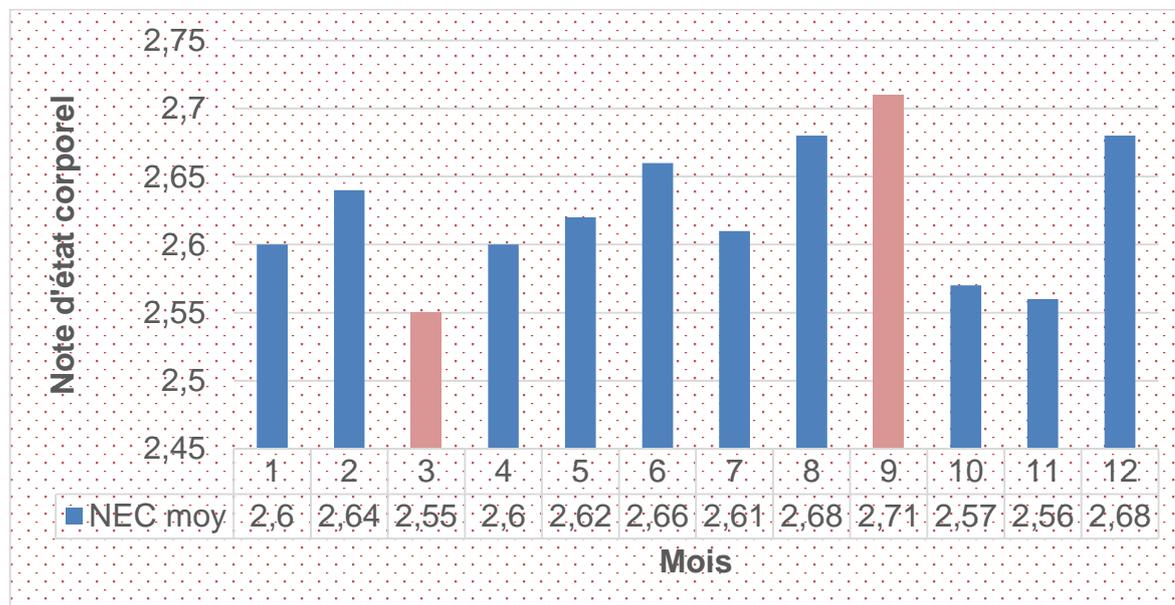


Figure 5.3 : Evolution de la note d'état corporel mensuelle du troupeau.

La note d'état corporel varie au cours de l'année 2014 entre 2,55 et 2,71 (Appendice B), cette fourche correspond mieux aux vaches en début de lactation qui souffrent d'un déficit énergétique. En effet, la diminution de l'appétit d'une part et l'ascension de la production laitière d'autre part entraînent la mobilisation excessive des réserves corporelles et une diminution de la note d'état [323] ; [324] ; [325].

L'état d'embonpoint des vaches de l'ITELV n'a pas subi d'amélioration au cours de la seconde partie de lactation jusqu'au tarissement à cause de non-retour à un bilan énergétique positif permettant la reconstitution des réserves corporelles [326].

Il est d'ailleurs intéressant, d'analyser l'état des vaches pour évaluer l'efficacité de la gestion alimentaire au tarissement car l'objectif retenu de la note d'état corporel pendant cette période est situé entre 3 et 3,5 [327] ; [328]. Le tableau 5.6 rapporte les résultats de la note d'état corporel selon la typologie de la ration et le nombre de vache mensuel par stade de lactation.

Tableau 5.6 : Note d'état corporel mensuelle du troupeau laitier en fonction du nombre de vaches par stade de lactation et de la typologie de la ration alimentaire.

Mois	NECmoy	Nombre de VL par stade de lactation	Typologie de la ration alimentaire
Janvier	2,60	17 DL /06ML / 09FL	Foin + Ensilage+ concentré
Février	2,64	16 DL/07ML / 07FL	Foin + concentré
Mars	2,55	18 DL/10ML / 08FL	Foin + Avoine vert + concentré
Avril	2,60	19 DL /10ML/ 11FL	Foin + Orge vert + concentré
Mai	2,62	16 DL /14ML/ 13FL	Foin + Orge vert + concentré
Juin	2,66	18 DL/10ML/ 15FL	Foin + Concentré
Juillet	2,61	08 DL /13ML/ 15FL	Foin + Concentré
Août	2,68	03 DL /13ML/ 20FL	Foin +Sorgho vert+ Concentré
Septembre	2,71	08 DL /13ML/ 20FL	Foin+ Sorgho vert+ Concentré
Octobre	2,57	08 DL /06ML/ 26FL	Foin + Concentré
Novembre	2,56	08 DL /02ML/ 30FL	Foin + Concentré
Décembre	2,68	07 DL / 03ML/ 28FL	Foin + Concentré

Pendant les périodes d'hiver et de printemps, le nombre de vaches en début lactation était élevée par rapport aux autres stades avec un état d'embonpoint moyen de 2,61 qui répond aux normes recommandées [323]; [329], avec une très légère amélioration en juin suite à l'augmentation de la quantité de concentré (10 kg brut) et à l'effet de l'incorporation de l'orge en vert à raison de 50 kg par vache dans la ration mixte du mois de Mai malgré la restriction de la quantité d'aliment concentré (2 kg brut/vache) suite à une rupture du stock.

La distribution du sorgho (graminée estivale), à titre de 30 kg de matière verte/vache dans la ration mixte, semble améliorer en mois d'août et septembre, la note d'état corporel moyenne du troupeau en fin de lactation, qui reste toujours inférieure aux normes recommandées (3,5 à 4) [328] ; [330].

Théoriquement, une vache laitière doit rester à une note de 3 points après son début de lactation et pendant la majeure partie de sa lactation, puis engraisser en fin de lactation, de manière à atteindre la note de 3,5 ou 4 avant son tarissement [331]. Dans l'ensemble, la note de l'état corporel des vaches de l'ITELV en fin de lactation est loin des normes préconisées, signe d'un problème au niveau d'alimentation ou de la santé de la vache [332], suite à une mauvaise pratique du

rationnement pendant les trois périodes stratégiques : début de lactation, la mi-lactation et tarissement.

La notation de l'état corporel, est donc un outil de choix pour les scientifiques et les éleveurs ; outre son faible coût et sa facilité de mise en œuvre, elle permet une estimation fiable de la gestion alimentaire et nutritionnelle du troupeau [333].

5.5.4. Evolution de la production laitière :

Durant notre étude, la production laitière totale enregistrée durant l'année 2014 est illustrée dans la figure 5.4.

Figure 5.4 : Evolution de la production laitière totale durant l'année 2014

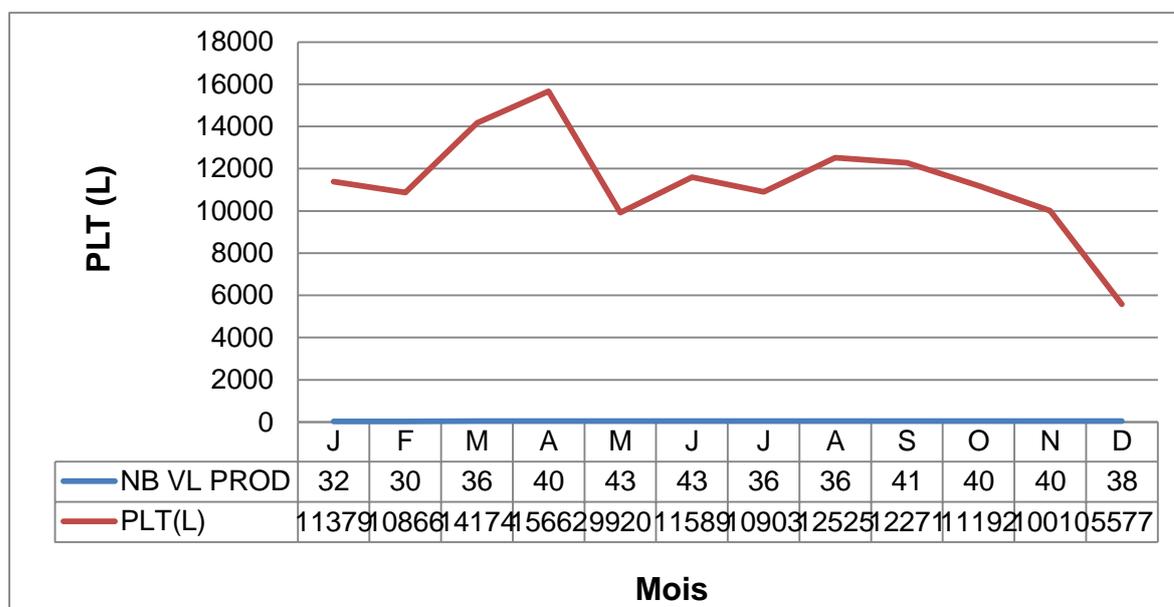


Figure 5.4 : Evolution de la production laitière totale durant l'année 2014.

Durant le 1^{er} semestre de l'année 2014, la production laitière totale de la station bovine de l'ITELV est comprise entre 9919,9 et 15662 litres respectivement pour les mois de Mai et d'avril. Les disponibilités laitières de Mars et celles du mois d'Avril avec son pic de production sont dues principalement au nombre de vaches en début de lactation et à la disponibilité fourragère en vert et en sec [334].

Pendant le 2^{ème} semestre, le nombre de vaches en milieu et fin de lactation était élevé, et les meilleures productions laitières sont enregistrées en mois d'août

et septembre avec des valeurs respectives de 12525 et 12271 litres. Cette production a subi une amélioration par rapport aux autres mois de cette période grâce à l'incorporation du fourrage vert à base de sorgho dans la ration alimentaire.

A partir de ces résultats obtenus, la production laitière moyenne par vache la plus élevée est atteinte en mois d'avril et août avec des quantités respectives de 13,05 et 11,22 litres/vache/jours. Ces quantités dépassent celles trouvées par Debeche [335] (9,31 litres/vache/jour) et Belhadia et Yakhlef [336] (9,78 litres/vache/jour) et sont comparables à ceux enregistrés par Snoussi et al [337] ; Srairi et al [338] et Ghozlane et al [339]. Ces derniers, ont émis l'hypothèse de la difficulté d'adaptation de ces races importées aux conditions climatiques du Maghreb.

5.5.5. Evolution de la composition chimique du lait :

Les taux butyrique et protéique moyens du lait obtenus lors de notre étude sur les vaches laitières de la station de l'ITELV sont présentés dans la figure 5.5.

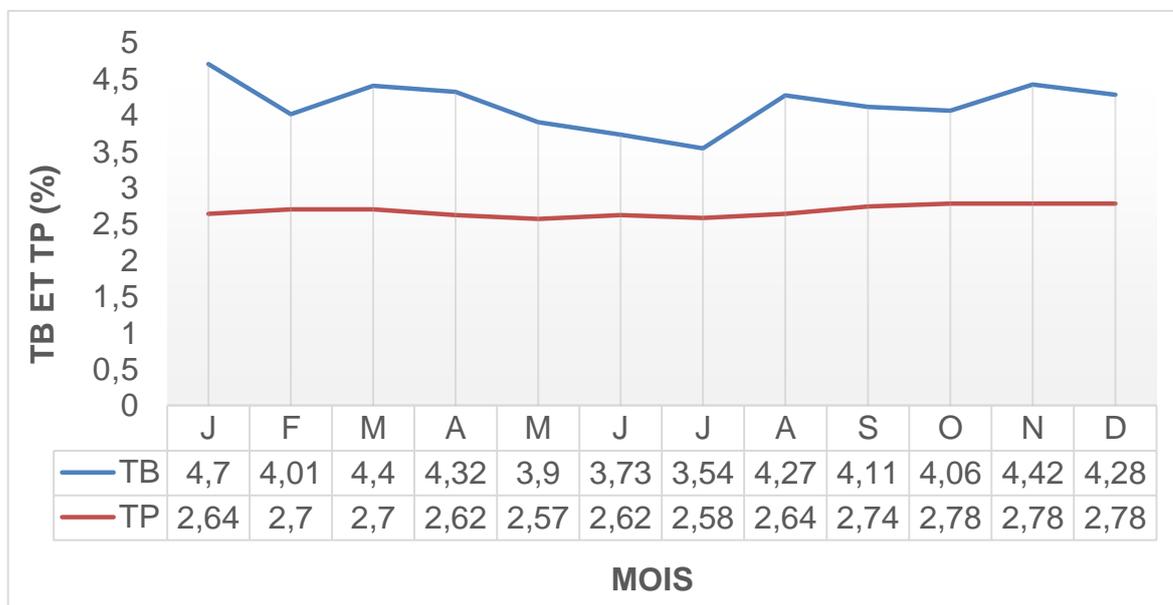


Figure 5.5 : Evolution mensuelle des taux butyreux et protéiques (%).

Les taux protéiques et butyreux sont des paramètres variables selon le régime alimentaire, le type d'apport azoté et énergétique dans la ration [340] ; [341], notamment pour le TB qui varie plus que le TP sous l'effet de l'alimentation.

5.5.5.1. Taux butyreux :

La teneur du lait de vache mensuelle en matière grasse varie au cours de l'année 2014 entre 35,4 et 47 g/L. Ces valeurs sont conformes à celles recommandées par Roca-Fernandez [342] et Heuer et al [343] (35 et 48 g/L) et sont également comparables à celle trouvée par Pougheon et Goursaud [344] et plus élevées à celle de Vierling [345].

Lederer [346] souligne qu'un lait de très bonne qualité contient 40 g/L de teneur en matière grasse. Les valeurs enregistrées sur les TB sont proches de 4% sauf celles de janvier, juin et juillet qui ont connu des fluctuations de faible amplitude.

L'élévation du taux de TB en mois de janvier est due principalement au type de fourrage présent dans la ration. Les régimes riches en glucides pariétaux favorisent le TB, car leurs composants sont à l'origine de l'acide acétique, acide gras volatil produit par les micro-organismes du rumen. Ce composé est un précurseur des acides gras courts du lait. L'ensilage et le foin d'avoine sont à l'origine de TB élevé, car ils contiennent une proportion non négligeable de glucides pariétaux [340] ; [347].

En mois de juin et juillet, les vaches qui recevaient une ration mixte composée de foin d'avoine et de concentré, étaient dans la plus part en début et milieu de lactation et ont produit un lait avec un taux de TB un peu plus faible par rapport aux autres valeurs enregistrées. Plusieurs auteurs rapportent dans leur études, qu'une chute de taux butyreux, pourra être un bon indicateur du déficit énergétique [348] ; [349] et résulte aussi, des effets conjugués de nombreux facteurs dont le stade de lactation, l'alimentation et des facteurs climatiques et saisonniers (effets de la photopériode) [350] ; [351] ; [352].

5.5.5.2. Taux protéique :

Les taux protéiques moyens notés au cours d'étude sont compris entre 2,57 et 2,70% et apparaissent nettement plus stables que les taux butyreux sur

l'ensemble des laits mesurés. Nos valeurs sont inférieures aux normes citées par Roca-Fernandez [342] (3,3 et 3,6%) et à celles enregistrées par Bony et al [238] à l'île de la Réunion (3,1%) et Bassbasi et al [353] au Maroc (3,13%). En Algérie, un travail réalisé par Mansour [354] sur la qualité du lait collecté dans la région de Sétif et sur deux périodes de l'année, les TP moyens sont nettement supérieurs à ceux de la station de l'ITELV (3,48% et 3,3% respectivement pour le printemps et l'été).

L'infériorité du taux protéique par rapport à la norme, est une conséquence classique d'un déficit énergétique chez la vache laitière ou d'une Hypercétonémie, c'est également le reflet de l'évolution de l'état corporel en début de lactation [355] ; [356] ; [357]; [358] ; [359]. Coulon et Remond [359], ont montré que le déficit d'une unité fourragère induit une baisse respectivement de 0,3 à 0,6 g/kg sur le TP chez des vaches en début et en milieu de lactation. Une restriction alimentaire entraîne une baisse de la production de protéine de 45% et de la teneur en protéine de 3% à 2,7%, notamment du fait d'une baisse du niveau de production de lait [360].

5.5.5.3. Utilisation du ratio TB/TP :

Le rapport TB/TP est un indicateur plus sensible et plus constant des maladies métaboliques qu'une simple analyse des taux considérés séparément. Le ratio TB/TP peut être utilisable pour évaluer l'équilibre énergétique et le niveau de lipomobilisation, en particulier en début de lactation, du fait d'une corrélation négative entre le ratio TB/TP et le bilan énergétique. Cette relation est plus forte en début qu'au milieu de lactation.

La valeur seuil maximale est fixée à 1,5 [361] ; [362]. Pour Quist et al [363], Friggens et al [364], le seuil retenu se situe autour de 1,25. Walsh et al [365], ont avancé un seuil de 1,2 en soulignant que l'alimentation est le premier facteur de variation des taux, mais d'autres éléments comme la race, le stade et le rang de lactation sont à considérer.

L'évolution mensuelle du ratio TB/TP des vaches étudiées est illustrée dans la figure 5.6.

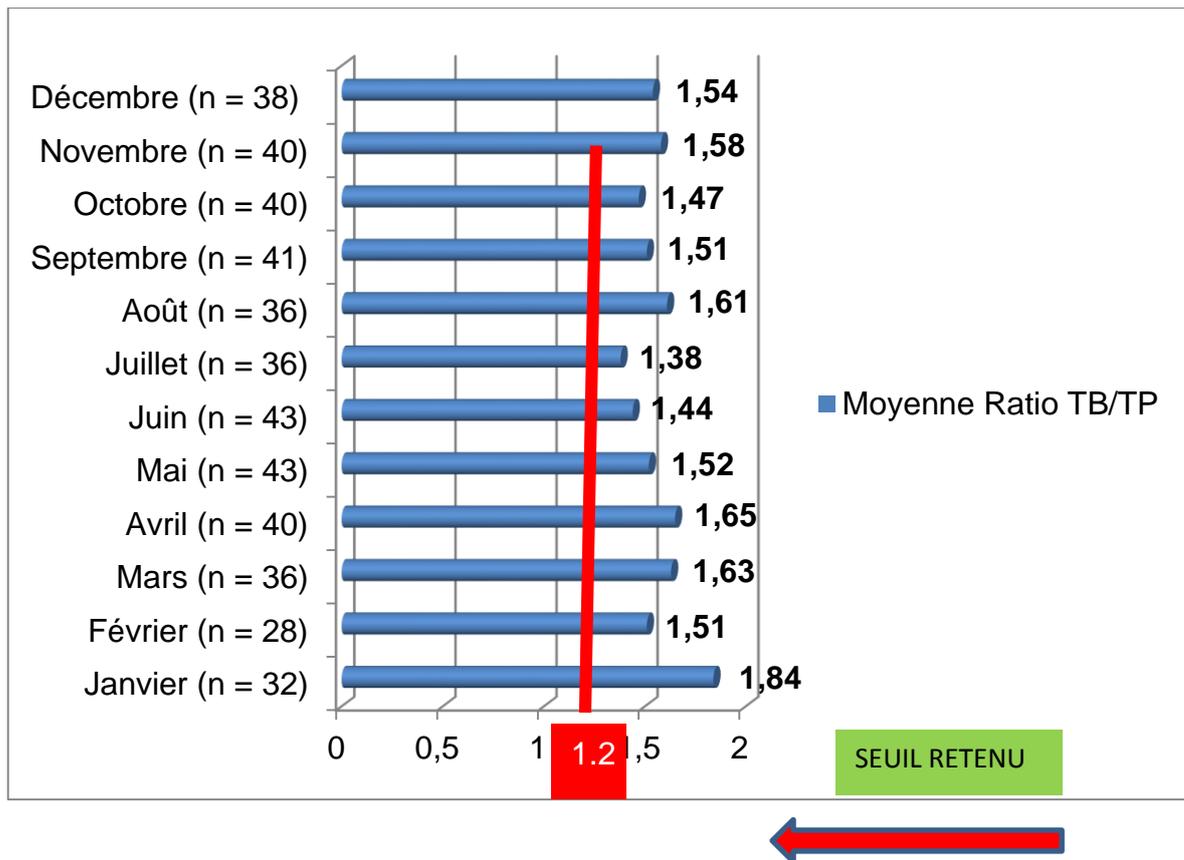


Figure 5.6 : Evolution mensuelle du ratio TB/TP des vaches étudiées.

Pendant toute l'année d'étude, nos résultats sur le ratio TB/TP moyen du troupeau dépassent le seuil retenu, indicateur de troubles métaboliques collectives comme l'acidose et la cétose, associés à des modifications des taux du lait [365].

Les indicateurs d'acidose ruminale retenus ici sont :

- $TB/TP < 1$
- $TB \leq 3,5$

La cétose provoque un éloignement des taux avec une diminution du TP et une augmentation du TB. Les indicateurs retenus, ici, sont :

- $TB/TP > 1,2$
- $TP < 3,1$ et $TB > 4,1$

Le tableau 5.7 et la figure 5.7 résument l'évolution mensuelle des cas de cétose et d'acidose suite à la variation du ratio TB/TP des vaches.

Tableau 5.7 : Evolution mensuelle en % des cas de cétose et d'acidose.

Troubles	Sans		Acidose		Cétose	
	VL	%	VL	%	VL	%
Janvier (n = 32)	0	0	4	12,5%	28	87,5%
Février (n = 28)	2	7,14	2	7,14%	24	85,72%
Mars (n = 36)	1	2,78	0	0%	35	97,22%
Avril (n = 40)	0	0	0	0%	40	100%
Mai (n = 43)	2	4,65	0	0%	41	95,35%
Juin (n = 43)	13	30,23	6	13,95%	24	55,81%
Juillet (n = 36)	11	30,55	7	19,45%	18	50%
Août (n = 36)	2	5,55	0	0%	34	94,45%
Septembre (n = 41)	4	9,76	3	7,32%	34	82,92%
Octobre (n = 40)	8	20	3	7,50%	29	72,50%
Novembre (n = 40)	4	10	3	7,50%	33	82,5%
Décembre (n = 38)	0	0	2	5,26%	36	94,74%

A travers ces résultats, on note qu'on est en face d'une acidocétose durant toute l'année avec des épisodes d'acidose en hiver et au printemps, conséquence d'un déséquilibre entre production d'acide lactique et production de substances tampons suite :

- à la distribution de l'ensilage d'avoine, coupé trop finement, entraînant une baisse de pH du rumen [366] ; [367] ; [368].

- aux quantités élevées d'aliments concentrés (10 kg en mois de juin et juillet) à cause de la mauvaise qualité du foin d'avoine [369] ; [370].

L'introduction de fourrage de bonne qualité dans l'alimentation des vaches laitières peut réduire les quantités de concentrés massives ajoutées à la ration [371]. De plus, le fait de produire davantage de lait avec les fourrages plutôt qu'avec une forte proportion de concentrés permet de réduire le coût d'alimentation et donc d'obtenir une marge de profit plus élevée [372] ; [373].

Dans cette étude, nous remarquons des incidences très graves allant de 50 à 100% de cas de cétose qui témoignent la mauvaise gestion alimentaire engendrant un déficit énergétique accentué tout au long de la période de lactation [374]; [375]; [376].

La figure 5.7 montre l'évolution mensuelle en % des cas de cétose au cours de l'année 2014.

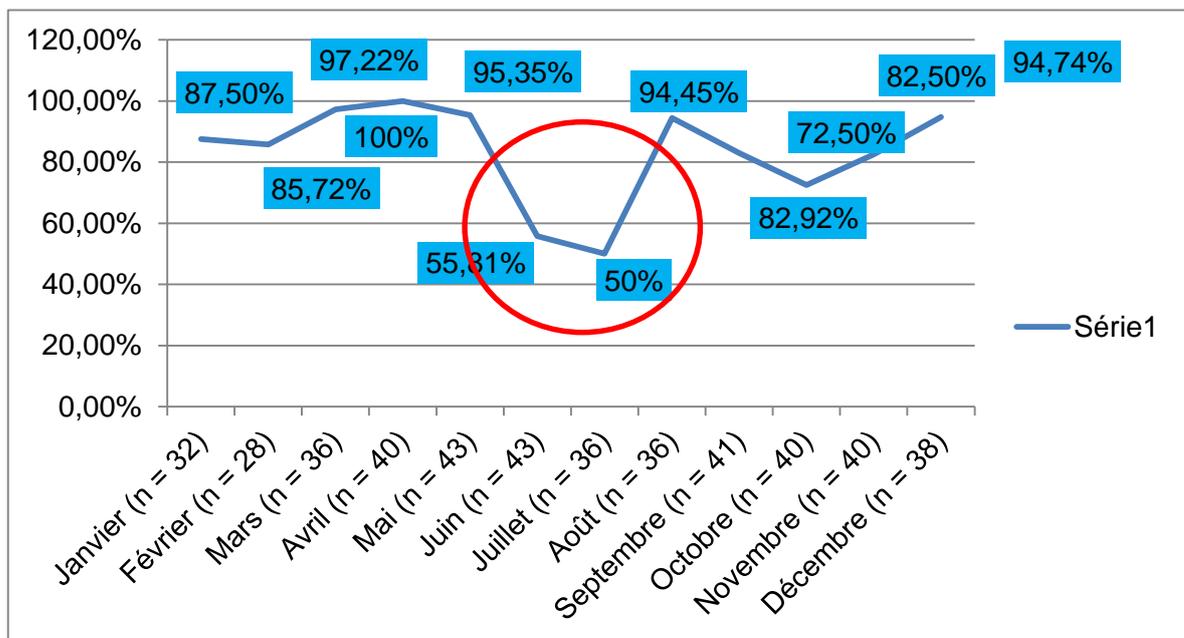


Figure 5.7 : Evolution mensuelle des cas de cétose au cours de l'année d'étude.

De ces résultats, on remarque qu'il y a une diminution des pourcentages de cas de cétose en été (55,81 et 50% respectivement pour le mois de juin et juillet) due à l'ingestion de grandes quantités de fourrages et de concentrés entraînant aussi un taux d'acidose de 17%.

Certains auteurs rapportent dans leurs études, que la cétose peut également être déclenchée par un stress chez des vaches en lactation. Il est alors,

l'élément déclencheur de la lipolyse et la mise en circulation d'AGNE. La glycémie étant normale, les AGNE sont principalement estérifiés en TG, ce qui conduit à des phénomènes d'accumulation et à une stéatose hépatique. On parle de cétose de type II [377] ; [378].

5.6 Conclusion :

Au terme de cette étude, nous avons constaté globalement que l'élevage bovin laitier de la station de l'ITELV est confronté à des contraintes d'ordre alimentaires que techniques qui bloquent sérieusement les perspectives d'amélioration des performances du cheptel.

Les techniques de rationnement sont aussi absentes sur terrain. Les vaches laitières importées, dont l'alimentation doit être adaptée aux performances laitières, reçoivent une ration distribuée indépendamment de leur stade physiologique ou de leur niveau de production tout le long de l'année.

L'alimentation se caractérise aussi par l'usage excessif des foins secs et du concentré au détriment des fourrages verts. Or, la nature de la ration de base des animaux ainsi que le niveau et la nature des concentrés semblent être des facteurs de variation importants de l'état corporel, la production et la qualité du lait.

Les légumineuses sont une catégorie d'aliment important inexploité par la station et pourtant leur utilisation seule ou en association avec les graminées semble avoir un intérêt certain et bénéfique pour l'alimentation de la vache laitière. Elles ont des atouts nutritionnels qui permettent d'augmenter l'efficacité des rations, notamment avec les protéines qu'elles apportent qui peuvent rééquilibrer le rapport PDI/UFL.

Les mauvaises pratiques alimentaires semblent avoir des incidences graves sur la santé de la vache et permettent d'agir à court terme et d'une manière différente sur les taux de matière grasse et protéique qui varient selon le régime alimentaire, le type d'apport azoté et énergétique dans la ration, notamment pour le TB qui varie plus que le TP sous l'effet de l'alimentation.

L'utilisation des taux protéiques et butyreux du lait comme marqueurs métaboliques permet de s'affranchir des variations journalières des marqueurs biochimiques du sang. La variabilité des résultats d'un jour sur l'autre est considérée comme faible et la réponse à une modification alimentaire ou à la présence d'une maladie métabolique est rapide.

En fin, pour maintenir une alimentation suffisante et équilibrée de la vache laitière, on doit passer inévitablement par une bonne estimation de deux grandeurs qui sont les apports alimentaires et les besoins nutritifs.

**6. VALEUR NUTRITIVE ET RENDEMENT DE
PLUSIEURS VARIÉTÉS DE GRAMINÉES
PÉRENNES CULTIVÉES DANS LA RÉGION DE
MITIDJA**

6.1 Introduction :

La qualité de la nutrition est un facteur clé de tout système d'élevage des ruminants qui se veut efficace. Ces derniers doivent recevoir tous les éléments nutritifs diététiques essentiels en quantités optimales, cependant plusieurs facteurs sont impliqués et largement responsables des situations de carences tel que : l'intensification d'élevage, l'instabilité du climat, la fertilisation, les caractéristiques du sol qui influencent la biodisponibilité de ces nutriments.

Le contexte alimentaire se caractérise chez les ruminants par une offre fourragère insuffisante tant qualitativement que quantitativement. Les fourrages constituent l'aliment de base pour les ruminants qui en tirent 90-95% de leur nourriture et ils couvrent entre 70 à 80% des besoins énergétiques de cette catégorie d'animaux [379].

En Algérie, l'alimentation de ces animaux est constituée par une végétation annuelle spontanée des pâturages naturels, des jachères, des foins grossiers parfois de mauvaise qualité, ainsi que par les résidus de l'agriculture, principalement de la paille. Le bilan fourrager en Algérie a permis de relever que le taux de couverture des besoins du cheptel algérien se situe à moins de 80% [380].

Parmi les fourrages qui semblent répondre au mieux aux caractéristiques du climat du sud méditerranéen, les graminées pérennes ayant une importance majeure dans le système de production agricole [381]. Ainsi dans cet ordre d'idées, plusieurs variétés de graminées fourragères pérennes, appartenant à trois espèces : Dactyle, Fétuque et Phalaris ont été mis en essai au nord de l'Algérie et l'étude a porté sur l'évaluation de la valeur nutritive et du rendement de ces fourrages, utilisés pour l'alimentation du bovin laitier.

L'analyse de la composition chimique constitue la base des méthodes d'évaluation de la valeur nutritive des plantes fourragères, car elle permet de quantifier les teneurs en nutriments de l'aliment, et donc de renseigner sur sa richesse ou sa faiblesse pour tel ou tel élément nutritif. Elle permet donc au nutritionniste de sélectionner la combinaison d'aliments qui répond au mieux aux besoins de l'animal.

6.2. Objectif :

Les ressources fourragères en Algérie constituent l'entrave majeure à tout développement de la production animale. Devant ce déficit fourrager, il est plus qu'urgent d'étudier et de relancer de nouvelles variétés fourragères adaptées aux conditions algériennes afin de mieux couvrir les besoins nutritionnels des animaux.

6.3. Matériel et méthodes :

6.3.1. Matériel végétal :

Dans le présent travail, trois espèces de la famille des Graminées ont fait l'objet de notre étude. Les espèces étudiées sont : *Festuca arundinacea* avec 07 variétés, *Dactylis glomerata* avec 07 variétés et *Phalaris aquatica* avec 2 variétés.

Les différentes caractéristiques et origines des variétés étudiées sont présentées comme suit :

- Dactylis glomerata :

Jana : variété synthétique issue de 10 parents dont 6 sélectionnés à partir de la variété nord-africaine Currie et 4 à partir d'un germplasm italien (Sardaigne). Il montre un comportement similaire à Currie pour la sécheresse estivale.

Medly : d'origine méditerranéenne à floraison précoce ; créé par l'INRA dans le Sud de la France. Très proche de Currie mais il est plus précoce, présente une grande capacité de résistance à la sécheresse dans les zones subhumides (similaire à Currie) mais survie moins que Kasbah à la sécheresse estivale sévères.

Kasbah : à dormance estivale complète, floraison précoce, créé en Australie à partir de parents d'origine sud marocaine qui ont été collectés dans la vallée d'Oum Errbia. (site d'origine : pluviométrie 270 mm). Il a été soumis à l'enregistrement en 1970. Le dactyle Kasbah est tétraploïde méditerranéen avec un port érigé à semi érigé ; les feuilles sont d'une coloration vert bleu, qui survivent en hiver mais qui disparaissent complètement en été. Il montre une très bonne croissance tard en automne jusqu'à la première moitié de l'hiver, alors que le développement de la fin de l'hiver et printanier est moins bon. Les tiges sont sous formes bulbeuses à leurs bases, il accumule plus de sucres que les autres dactyles. Ces racines peuvent aller jusqu'à 1.5 m de profondeur.

Delta 1 : cultivar portugais obtenu à partir d'écotype méditerranéen.

Currie : dérive d'un matériel végétal algérien (Maison Carrée). Les semences ont été collectées pour la première fois en 1937. Il a été nommé Currie pour la première fois en 1954 et fut certifié par le département d'agriculture de l'Ouest australien en 1958. Il présente un faible tallage par rapport aux autres variétés ; cependant, les talles sont plus vigoureuses que ceux des types européens. Les feuilles sont courtes et d'un vert foncé en hiver. Currie est un dactyle intermédiaire pour la dormance estivale entre les cultivars non dormants européens et les écotypes fortement dormant nord-africain.

Porto bis : provient de semences obtenues du Portugal (Porto) et introduites en Australie en 1955. Son enregistrement a eu lieu en 1972. C'est un dactyle de type intermédiaire tempéré/méditerranéen, à feuillage vert bleuâtre, de largeur moyenne. Les plants montrent généralement une bonne capacité de tallage avec des touffes bien compactes. La caractéristique principale de ce dactyle est le ratio feuilles/tiges qui est élevé aux premiers stades végétatifs. Il est considéré comme un cultivar à mauvaise dormance estivale par rapport à Currie.

Ottava : population italiennes de Sardaigne.

- **Festuca arundinacea** :

Tanit : cultivar italien de type méditerranéen. Il est considéré comme un cultivar semi dormant qui ralentit fortement son développement en période estivale.

Sisa : d'origine italienne, il est aussi considéré comme un type intermédiaire (tempéré/méditerranéen).

Grombalia : originaire de Tunisie.

Centurion : créé à l'INRA de Montpellier, de type méditerranéen. Développement hivernal vigoureux ; le potentiel de croissance est fortement réduit en été.

Fletcha : cultivar aux feuilles fines, avec dormance estivale, sélectionné à partir du cultivar Lironde qui est issu de parents tunisiens. Très résistant à la sécheresse ; le système racinaire peut aller en profondeur et atteindre 2 m.

Lutine : type amphiploïde (hybride entre le type continental et méditerranéen). Créé à l'INRA de Lusignan (France). Haut niveau de production et bonne résistance à la sécheresse.

Fraydo : cultivar australien (2001), ayant 10 parents synthétiques, bonne croissance hivernale, faible activité estivale, la date de son émergence est similaire à celle de la variété Demeter. Productif pendant 7 à 8 mois dans les zones à pluviosité annuelle allant de 550 à 700 mm.

- **Phalaris aquatica** :

Australian : les semences de ce Phalaris ont été introduites pour la première fois aux USA en 1884, et toutes les suppositions laissent dire que c'est des semences qui viennent d'Italie. Sa bonne résistance à la fois pour la sécheresse et à l'excès d'eau, sa vigueur de végétation et sa capacité à l'envahissement des terres naturellement, ont en fait un cultivar très apprécié et très demandé par les agriculteurs.

C'est les botanistes australiens qui ont nommé ce cultivar pour la première fois Australian. Il est extrêmement résistant à la sécheresse estivale, il est adapté au climat méditerranéen et présente une bonne dormance estivale.

Le Phalaris Australian a la capacité de se propager grâce à des rhizomes ce qui constitue un atout pour son réensemencement naturel.

Partenope : variété Italienne, annuelle, montre une grande capacité au développement hivernal, les feuilles sont d'un vert clair et moyennement larges. La hauteur des tiges est considérable ce qui donne de bons niveaux de production (2-3 coupes par an).

6.3.2. Conditions expérimentales :

6.3.2.1. Localisation de l'essai :

Notre expérimentation s'est déroulée au niveau de la Station Expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Oued Semar, située dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver doux, à :

- Latitude 36° 43 Nord.
- Longitude 30° 84 Est.
- Altitude de 24 m.

6.3.2.2. Conditions climatiques :

L'année 2004/2005 a été particulièrement pluvieuse depuis le mois d'octobre jusqu'au mois d'avril ; à partir de ce dernier mois nous avons enregistré une baisse spectaculaire de la moyenne pluviométrique, la sécheresse succéda à la pluie. Nous signalerons également pour cette campagne, les températures froides qui ont dominées durant une longue période de l'année ; de décembre à mars (quatre mois) durant lesquels la moyenne des températures mensuelles tournait autour de 10 °C, ce qui a constitué un frein pour la germination ainsi que pour le bon départ de la végétation par la suite.

6.3.2.3. Caractéristiques du sol :

Notre expérimentation a été réalisée sur un sol à texture argilo-limoneux dont le précédent cultural était un essai de céréales (Blé dur). Le tableau 6.1 représente les caractéristiques physico-chimiques essentielles de la parcelle d'essai.

Tableau 6.1 : Caractéristiques physico-chimiques essentielles de la parcelle.

Granulométrie	
Argile %	41
Limon Fin %	22
Limon grossier %	9
Sable fin %	11
Sable grossier %	12
Complexe absorbant	
Ca en méq/100g	16,76
Mg en méq/100g	1,88
Na en méq/100g	
K en méq/100g	0,56
T en méq/100g	16,81
Autres éléments	
pH	7,75
Conductivité mmhos/cm à 25 °C	1,05
Carbone en %	8
Phosphore Assimilable P2O5 en ppm	110,7

6.3.2.4. Gestion de l'essai :

6.3.2.4.1. Travail du sol :

Dès la fin du mois d'octobre des opérations de travail du sol ont eu lieu, et la première opération était un labour à l'aide d'une charrue à soc réversible. Une fertilisation de fond est venue juste après le labour afin d'approvisionner le sol en éléments minéraux nécessaires à la correction de sa réserve et le préparer pour la culture à venir. L'engrais utilisé est le Tri Super Phosphate (TSP) avec une dose de 2 q/ha. Un passage croisé de cover crop a été effectué pour reprendre le sol et casser les grosses mottes, suivi d'un passage d'une herse rotative pour une meilleure préparation du lit de semence.

6.3.2.4.2. Le semis :

Nous avons d'abord procéder au traçage de la parcelle afin d'avoir des angles bien droits ; puis les limites des micro-parcelles et des bordures ont été déterminées ; c'est ainsi que nous avons pu avoir des micro-parcelles de 2,5 m de longueur et 2 m de largeur.

Nous avons mis en place dispositif de quatre blocs identiques, chaque bloc est constitué de seize micro-parcelles avec les dimensions citées plus haut et qui correspondent au nombre de variétés à mettre en place dans chaque bloc.

L'opération qui a suivi le traçage est le billonnage qui a été effectué à l'aide de petites binettes, nous avons mis 10 lignes par micro-parcelle et qui sont distantes de 20 cm entre elles, ce qui correspond à une répétition d'une variété dans chaque bloc ; parmi ces dix lignes, seules les six lignes médianes ont été exploitées, les deux lignes de part et d'autre servaient de bordures.

Des distances de 40 cm ont été laissées entre les micro-parcelles, de même que des marges de 60 cm ont été laissées entre les blocs, et c'est ainsi qu'une ligne de bordure a été semis entre les micros parcelles, dans les deux sens horizontal et vertical, et deux lignes entre les blocs (dans les deux sens aussi).

L'opération du semis a été la dernière ; un semis à la main a été

réalisé, nous avons disposé les graines des différentes variétés à l'intérieur des sillons d'une manière homogène ; l'opération de couverture des graines est venue en dernier pour terminer le semis.

6.3.2.4.3. La fertilisation :

Après le stade tallage, nous avons procédé à un apport d'azote (40 U), pour se faire, nous avons utilisé l'Urée super 46.

La surface totale de notre parcelle expérimentale étant de 471,24 m² (23,8 m x 19,8 m), la quantité d'engrais nécessaire à appliquer était d'environ 4 kg.

L'épandage de l'engrais s'est fait à la main, et nous avons fait de sorte à avoir un épandage le plus homogène possible.

6.3.2.4.4. Le désherbage :

Des désherbages manuels ont été organisés depuis la levée jusqu'à après la coupe, à cause de la diversité de la flore adventice rencontrée à l'intérieur de l'essai, ce qui laissait le choix de l'herbicide à appliquer très difficile.

6.3.2.4.5. Contrôle des ravageurs :

Les seuls ravageurs à signaler dans cette expérimentation sont les fourmis qui nous ont causé des dommages, juste après le semis, en emportant des graines avant la germination. Le produit utilisé pour lutter est le Pychlorex qui est un insecticide total et avec une dose de 17 ml par 10 litres d'eau.

6.3.2.4.6. Irrigation :

Le mode d'irrigation utilisé est l'aspersion, les asperseurs utilisés sont d'une portée de jet de 12 m et d'un débit horaire de 8 mm/h, Nous avons installé le système d'irrigation à la suite d'une sécheresse printanière qui a failli compromettre l'essai et sa réussite était conditionnée par une bonne alimentation hydrique.

6.3.2.4.7. Fauche :

La fauche commençait quand 4/16 des variétés de chaque bloc étaient en pleine épiaison. Hormis les quatre variétés (Porto bis, Ottava, Delta-1 et Partenope), les autres étaient pour la quasi-totalité en début épiaison.

6.3.2.5. Dispositif expérimental :

Toutes les variétés de graminées ont été semées à une profondeur de 0,5 cm, selon le dispositif expérimental bloc aléatoire complet avec 04 répétitions (Appendice A). Nous avons obtenu donc un dispositif de quatre blocs identiques.

Chaque bloc est constitué de 16 micro parcelles et qui correspondent au nombre de variétés à mettre en place dans chaque bloc. La coupe a été effectuée quand les variétés étaient pour la quasi-totalité en début épiaison. Il convient de mentionner que les variétés Grombalia, Lutine et Australian n'ont pas germé à cause de la défaillance de leurs semences.

6.3.3. Rendement :

Le rendement en matière verte (RDTV) exprimé en t/ha est déterminé par pesée de la biomasse récoltée. Un échantillon de 1000 g est mis à l'étuve à 65°C pendant 36h pour déterminer la matière sèche (MS) et le rendement en matière sèche (RDTS) en t/ha. Ce même échantillon est conservé pour le broyage et les analyses fourragères.

6.3.4. Analyses chimiques :

Avant d'effectuer les analyses, les échantillons sont séchés à 65°C, finement broyés à une grille de 1 mm de diamètre puis conservés dans des flacons étiquetés à l'abri de la lumière et de l'humidité. Pour la détermination de la composition chimique des variétés étudiées, les méthodes d'analyses chimiques utilisées sont celles de l'AOAC [302], déjà décrites en chapitre 5. Les résultats sont rapportés à la matière sèche.

Toutes les mesures ont été effectuées en trois répétitions au laboratoire d'analyse du département d'agronomie sauf le dosage du calcium et du phosphore a été effectué au laboratoire d'analyse de L'ONAB.

6.3.5. Calcul de la valeur nutritive :

Les valeurs énergétiques et azotées des graminées, aussi bien en vert qu'en foin, ont été calculées à partir de leur composition chimique et la digestibilité de la MO (dMO), en utilisant le système d'évaluation de l'INRA [58].

6.3.5.1 Valeurs énergétiques en unité fourragère lait (UFL) et unité fourragère viande (UFV) :

Pour estimer les valeurs énergétiques, nous procédons comme suit :

- Calcul de l'énergie brute : $EB = 4531 + 1,735 \text{ MAT} + \Delta$

avec

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MO. MAT = matières azotées totales en g/Kg de MO.

$\Delta = + 82$ pour les fourrages verts et les foins

- Calcul de l'énergie métabolisable : $EM = EB \times dE \times (EM / ED)$

avec

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MS.

dE = digestibilité de l'énergie en %.

- Calcul du rapport EM/ED : $EM / ED = (84,17 - 0,0099 \text{ CBo} - 0,0196 \text{ MATo} + 2,21 \text{ NA}) / 100$

avec

EM/ED rend compte des pertes d'énergie sous forme de gaz et dans les urines.

CBo = teneur en CB en g/Kg de MO. MATo = teneur en MAT en g/Kg de MO.

NA = niveau alimentaire = 1,7 pour les fourrages verts et 1,35 pour les foins

- Calcul de la digestibilité de l'énergie brute (dE) :

$dE = 0,957 \text{ dMO} - 0,068$ pour les graminées en vert.

$dE = 0,985 \text{ dMO} - 2,556$ pour les foins de graminées,

avec

dE = digestibilité de l'énergie en %

dMO = digestibilité de la matière organique de l'aliment en %.

- Calculs des valeurs énergétiques :

$$\mathbf{UFL / kg \text{ de MS} = ENL / 1700}$$

avec

ENL = énergie nette pour la lactation
1700 Kcal = quantité d'énergie nette fournie par 1 kg d'orge de référence distribuée au-dessus de l'entretien à une vache en lactation, cette énergie est exportée dans le lait ou fixée sous forme de réserves corporelles.

$$ENL = EM \times KI \text{ en kcal / kg de MS}$$

avec

EM = énergie métabolisable en kcal / kg de MS

KI = rendement de l'EM en EN pour la production de lait.

$$KI = 0,60 + 0,24 (q - 0,57)$$

avec

q = EM/EB = concentration en EM de l'aliment.

$$\mathbf{UFV / kg \text{ de MS} = ENEV / 1820}$$

avec

ENEV = énergie nette pour l'entretien et la production de viande
1820 Kcal : quantité d'énergie nette fournie par 1 Kg d'orge de référence pour l'entretien et l'engraissement d'un ruminant.

$$ENEV = EM \times Km_f \text{ en kcal / kg de MS}$$

avec

$$Km_f = (Km \times Kf \times 1,5) / (Kf + 0,5 Km)$$

avec

Km = 0,287 q + 0,554 = rendement de EM en EN pour l'entretien.

Kf = 0,78 q + 0,006 = rendement de EM en EN pour la production de viande.

q = EM / EB = concentration en EM de l'aliment.

6.3.5.2. Valeurs azotées en protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA), en protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (PDIN) et en protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (PDIE) :

Pour estimer les valeurs azotées, nous procédons comme suit :

- Calcul de la dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT)

Pour les fourrages verts : $DT = 51,2 + 0,14 \text{ MAT} - 0,00017 \text{ MAT}^2 + \Delta$

Pour les foins : $DT = 50,8 + 0,12 \text{ MAT} - 0,00018 \text{ MAT}^2 + \Delta$
avec

DT en %, MAT = matières azotées totales en g/kg de MS

$\Delta = 8,8$ pour les fourrages verts ; $\Delta = 6,2$ pour les foins

- Calcul de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr).

$dr = 100 \times [1,11 \times (1 - DT / 100) \times \text{MAT} - \text{PANDI}] / [1,11 \times (1 - DT / 100) \times \text{MAT}]$

avec

dr et DT en % ; MAT = matières azotées totales en g/kg de MS

PANDI = protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin

$\text{PANDI} = 7,9 + 0,08 \text{ MAT} - 0,00033 \text{ MAT}^2 + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$

avec

MAT = matières azotées totales en g/kg de MS

$\Delta_1 = - 1,9$ au 1^{er} cycle et 0 pour les autres cycles.

$\Delta_2 = - 2,3$ pour les graminées et prairies permanentes

$\Delta_3 = - 2,0$ pour les fourrages verts et 0 pour les fourrages conservés

- Calculs des valeurs azotées:

$\text{PDIA} = \text{MAT} \times [1, 11 (1 - \text{DT})] \times \text{dr}$

avec

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire en g/kg de MS

MAT = matières azotées totales en g/kg de MS

DT = Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen en %

dr = digestibilité réelle des acides aminés alimentaire dans l'intestin grêle en %.

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

avec

PDIN = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible en g/kg de MS.

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire en g/kg de MS, équation donnée ci-dessus.

$$\mathbf{PDIMN = MAT \times [1 - 1,11 (1 - DT)] \times 0,9 \times 0,8 \times 0,8}$$

avec

PDIMN = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradé

en g/kg de MS ; MAT = matières azotées totales en g/kg de MS ; DT : dégradabilité théorique en %

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

avec

PDIE = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible en g/kg de MS

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire en g/kg de MS

$$\mathbf{PDIME = MOF \times 0,145 \times 0,8 \times 0,8}$$

avec

PDIME = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (g/Kg de MS).

MOF = matière organique fermentescible = MOD - [MAT x (1 - DT)]

où

MOD = matière organique digestible = MO x dMO où MO = matière organique en g/kg de MS ; dMO = digestibilité de la matière organique en %. MAT = matières azotées totales en g/kg de MS, DT = dégradabilité théorique en %.

6.3.6. Analyses statistiques :

Toutes les mesures ont été exprimées par moyenne \pm erreur standard (\pm SE). Les moyennes ont été homogénéisées sur la base d'un coefficient de variation CV<25%.

L'analyse de la variance (ANOVA) suivie du test Newman et Keuls a été utilisée pour établir la variation de la composition chimique, la valeur nutritive et les rendements des différentes variétés de graminées pérennes, les différences ont été

considérées comme significatives à $p < 0,05$ et marginalement significative à $p < 0,07$ (logiciel SYSTAT SPSS ver.12). L'analyse en composantes principales (A.C.P.) a été réalisée à l'aide du logiciel PAST ver. 6, afin d'apercevoir l'assemblage variétale dans les relations entre la composition chimique et les rendements variables, permettant ainsi de classer les potentialités des variétés de graminées en terme de couverture des besoins de la vache laitière.

6.4. Résultats et discussion :

6.4.1. Variabilité intra variétale de la composition chimique des graminées fourragères étudiées :

La composition chimique intra variétale des espèces de graminées pérennes étudiées est présentée dans le tableau 6.2.

Tableau 6.2 : Composition chimique des variétés de Dactyle et de Fétuque élevée (Moyenne \pm SE).

	Variétés	MS (en%)	MO (% MS)	MAT (% MS)	CB (% MS)	Ca g/kg MS	P g/ kg MS
Dactyle	Kasbah	20,67 \pm 4,10	84,41 \pm 0,35 b	12,11 \pm 0,60a	26,68 \pm 0,39 b	1,33 \pm 0,09 ab	0,32 \pm 0,03 a
	Currie	30,70 \pm 4,78	86,76 \pm 0,49a	11,47 \pm 0,47 ab	29,23 \pm 0,75a	1,12 \pm 0,04 ab	0,22 \pm 0,02 b
	Ottava	26,20 \pm 3,10	87,86 \pm 2,04a	10,98 \pm 0,65 ab	30,16 \pm 0,18a	1,24 \pm 0,20 ab	0,23 \pm 0,02 b
	Medly	29,35 \pm 1,92	87,69 \pm 0,44a	10,68 \pm 0,19 ab	30,07 \pm 0,13a	1,50 \pm 0,23a	0,24 \pm 0,01 b
	Jana	34,50 \pm 2,67	88,32 \pm 0,24a	10,55 \pm 0,38 ab	29,38 \pm 0,43a	1,01 \pm 0,08 ab	0,20 \pm 0,00 b
	Delta-1	34,05 \pm 4,46	88,26 \pm 0,53a	10,50 \pm 0,39 ab	29,62 \pm 0,15a	1,08 \pm 0,06 ab	0,21 \pm 0,01 b
	Porto bis	29,75 \pm 3,06	89,02 \pm 0,20a	10,00 \pm 0,39 b	30,18 \pm 0,25a	0,87 \pm 0,05 b	0,22 \pm 0,01 b
	<i>P</i>	0,092 ^{NS}	0,003 ^{**}	0,067 [*]	0,000 ^{***}	0,038 [*]	0,001 ^{**}
<i>F</i>	2,169	4,999	2,406	9,154	2,836	6,286	
Fétuque élevée	Fraydo	31,55 \pm 1,05a	88,18 \pm 0,19	10,64 \pm 0,28	27,95 \pm 0,17	1,23 \pm 0,11	0,20 \pm 0,01
	Centurion	32,40 \pm 1,63a	86,09 \pm 1,05	11,79 \pm 0,79	27,57 \pm 0,93	1,08 \pm 0,07	0,17 \pm 0,01
	Tanit	31,93 \pm 3,27a	88,24 \pm 1,00	10,90 \pm 0,83	27,36 \pm 0,92	1,11 \pm 0,10	0,19 \pm 0,02
	Ffletcha	29,85 \pm 4,91 b	87,85 \pm 0,46	11,62 \pm 0,85	27,69 \pm 0,44	1,23 \pm 0,14	0,18 \pm 0,02
	Sisa	30,00 \pm 2,08a	88,35 \pm 0,14	11,27 \pm 0,33	27,37 \pm 0,30	1,46 \pm 0,21	0,21 \pm 0,01
	<i>P</i>	0,004 ^{**}	0,303 ^{NS}	0,575 ^{NS}	0,583 ^{NS}	0,123 ^{NS}	0,259 ^{NS}
	<i>F</i>	6,038	1,333	0,747	0,734	2,162	1,476

MS : Matière sèche, MO : Matière organique, MAT : Matière azotée totale, CB : Cellulose brute, Ca : Calcium, P : Phosphore, RDTV : Rendement en matière verte, RDTs : Rendement en matière sèche
NS : Non significative, * : Significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** : Significative à 0,01%,

6.4.1.1. Teneurs en matière sèche :

Les analyses statistiques ne révèlent aucune différence significative entre les différentes variétés de l'espèce Dactyle. En revanche les teneurs en MS ont été différentes entre les variétés de l'espèce Fétuque élevée. En effet, les teneurs les plus faibles ont été enregistrées par la variété Fletcha (- 4% ; $p = 0,004$).

Nos résultats sont tantôt similaires, tantôt différents par rapport aux données de la littérature. Selon Gillet [13], les teneurs en MS, chez les graminées fourragères se situent entre 10 et 40%. Par contre, les valeurs enregistrées par INRA [58] pour l'espèce Dactyle et Fétuque élevée au stade épiaison sont respectivement 16,3 et 19,5%. Des teneurs élevées en MS pourraient être liées principalement à la sécheresse printanière étalée entre le mois de Mai et Juin [313] ; [382] ; [383]. Il est à signaler que, les teneurs en MS des fourrages varient en fonction du stade de développement de la plante, de la composition morphologique et de la croissance de l'herbe [384].

6.4.1.2. Teneurs en matière organique :

En ce qui concerne les teneurs en MO, celles-ci n'ont enregistré aucune différence significative entre les variétés de l'espèce Fétuque élevée ($p = 0,303$).

Par contre, les variétés de l'espèce dactyle ont présenté des teneurs en MO significativement différentes et la teneur la plus faible a été notée par la variété Kasbah comparée aux autres variétés (84,41 vs 87, +98% ; $p = 0,003$).

Globalement, les teneurs en MO obtenues dans notre étude sont comparables à celles annoncées par l'INRA [58], 87,8% et 88,8% pour le Dactyle et 87,4 et 88,3% pour la Fétuque élevée respectivement au stade début épiaison et épiaison. De même, nos résultats sont similaires à ceux rapportés par Jarrige [385] qui enregistre 87,8% et 87,4% au stade début épiaison respectivement pour le Dactyle et Fétuque élevée. Dans nos conditions expérimentales, les faibles teneurs en MO pour la variété Kasbah, pourraient être liées probablement à des faibles teneurs en MS malgré que cette dernière ne soit pas significativement différente entre les variétés étudiés [386].

6.4.1.3. Teneurs en matières azotées totales :

Les teneurs en MAT des variétés de l'espèce Fétuque élevée ont été comparables (en moyenne 11,34% ; $p = 0,575$). En revanche, une différence marginalement significative a été enregistrée entre la variété Kasbah et Porto bis de l'espèce Dactyle (12,11 vs 10% ; $p = 0,067$).

L'ensemble des variétés du Dactyle et celles de la Fétuque élevée ont eu des teneurs en MAT supérieures à celles données par Ciheam [81] (respectivement 9 et 9,3%) au stade début épiaison et légèrement inférieures aux résultats rapportés par INRA [58] (13,7 et 12,5% respectivement pour le Dactyle et Fétuque élevée).

Chibani et al [387] enregistrent avec une association de vesce-avoine récoltée au stade floraison-épiaison, des teneurs similaires à celle donnée par la variété Kasbah.

Par contre, Zirmi-Zembri et Kadi [388] annoncent des teneurs élevées en MAT de 16,4% et 14,4% respectivement pour le Dactyle et la Fétuque spontanés cultivés au nord de l'Algérie sous climat humide. Par rapport à nos résultats, la différence est due principalement à la sécheresse qui a sévit pendant l'essai [389] ; [390] ; [391] ; [392] ; [393].

6.4.1.4. Teneurs en cellulose brute :

Les teneurs en CB montrent une différence significative entre les différentes variétés étudiées de l'espèce Dactyle. En effet, la teneur la plus faible a été enregistrée par la variété Kasbah avec une moyenne de 26,68% et qui est significativement différente par rapport aux autres variétés étudiées.

Dans les conditions de ce travail et au même stade de développement, les variétés de la Fétuque élevée ont présenté des teneurs en CB comparables aux valeurs données par INRA [58] (26,9%).

Hormis la variété Kasbah de l'espèce Dactyle qui a présenté des teneurs en CB comparables à celles notées par Ciheam [81] (27%), nos valeurs enregistrées par les autres variétés étudiées sont légèrement inférieures par rapport

à celles annoncées par Ciheam [81] et INRA [58] avec des valeurs respectives de 33,8 et 33,7%.

Il est à signaler que plus la plante est âgée plus le rapport feuille/tige diminue, plus la teneur en cellulose brute augmente et moins la plante est digestible entravée par la présence de lignine. Cette lignification des tissus augmente avec la température ce qui cause la diminution de la digestibilité du fourrage [394] [395] ; [396] ; [397].

6.4.1.5. Teneurs en calcium :

Contrairement aux variétés de l'espèce Féтуque élevée, les teneurs en Ca diffèrent significativement entre les variétés de l'espèce Dactyle. En effet, la variété Porto bis a présenté des teneurs en Ca significativement plus faibles par rapport à celles notées sur la variété Medly (0,87 vs 1,50 ; $p = 0,038$).

L'ensemble des variétés fourragères étudiées ont enregistré des teneurs en Ca inférieures à celles données par INRA [58] (3,5 g/kg de MS pour la Féтуque élevée et 3 g/kg de MS pour le Dactyle). Cette différence est due à la nature du sol et à la diminution de l'absorption minérale de la plante causée par sécheresse qui a sévi durant l'essai [398] ; [399] ; [400] ; [401].

Il est à signaler que les faibles teneurs en Ca enregistrés par la variété Porto bis par rapport aux autres variétés de Dactyle pourraient être liées à la variation minérale entre les cultivars d'une même espèce [402]. Pour le Ca, des différences substantielles entre cultivars de graminées ont aussi été rapportées par Forbes et Gelman [403].

6.4.1.6. Teneurs en phosphore :

L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative entre les variétés de l'espèce Féтуque élevée pour les teneurs en P. Cependant, celles-ci varient significativement pour l'espèce Dactyle. La valeur la plus élevée a été enregistrée par la variété Kasbah avec un écart significatif de +31% par rapport aux autres variétés étudiées.

Nos résultats obtenus sur les différentes variétés de Dactyle et de Fétuque élevée sont inférieures par rapport à ceux enregistrés respectivement par INRA [58] et Ciheam [81] (2,3 g/kg MS et 2,7 g/kg MS de). Cette différence est due principalement à la diminution de l'absorption minérale de la plante [400] ; [401].

Les plantes disposent d'un accès facile au P, du moins en conditions normales. En situation de sécheresse, la disponibilité de cet élément diminue. Cela se reflète plus directement dans les analyses de sol et de végétaux [313] ; [404] ; [405] ; [406].

Jeangros et Sinaj [407] enregistrent aussi des teneurs plus élevées à nos valeurs (0,42 et 3,03 g/kg MS respectivement pour le Dactyle et la Fétuque) dues à l'effet de la fertilisation du sol en Phosphore [408]. [409] ; [410] ; [411] ; [412].

6.4.2. Variabilité intra variétale du rendement des graminées fourragères étudiées :

Les rendements en matière verte et sèche exprimés en t/ha obtenus lors de notre essai sur graminées pérennes sont portés sur le tableau 6.3.

Tableau 6.3 : Variabilité intra variétale des rendements en vert et en sec des espèces de graminées étudiées.

Espèces	Variétés	MS (en%)	RDTV (t/ha)	RDTs (t/ha)
Dactyle	Kasbah	20,67±4,10	2,37±0,70c	0,55±0,22c
	Currie	30,70±4,78	7,80±1,20bc	2,74±0,33b
	Ottava	26,20±3,10	12,94±2,85bc	3,81±0,86b
	Medly	29,35±1,92	14,30±2,93b	4,27±0,68ab
	Jana	34,50±2,67	14,46±4,29b	4,53±1,02ab
	Delta-1	34,05±4,46	15,95±5,90bc	4,47±1,32b
	Porto bis	29,75±3,06	23,53±1,25a	6,36±0,63a
	<i>P</i>	0,092 ^{NS}	0,000 ^{***}	0,000 ^{***}
	<i>F</i>	2,169	8,014	10,041
Fétuque élevée	Fraydo	31,55±1,05a	13,06±2,94a	3,97±0,82
	Centurion	32,40±1,63a	8,36±0,86ab	2,67±0,19
	Tanit	31,93±3,27a	9,64±2,85ab	2,90±0,69
	Ffletcha	29,85±4,91b	4,91±1,41b	1,75±0,65
	Sisa	30,00±2,08a	9,88±1,66ab	2,86±0,29
	<i>P</i>	0,004 ^{**}	0,035 [*]	0,173 ^{NS}
	<i>F</i>	6,038	3,446	1,844

MS : Matière sèche, MO : Matière organique, MAT : Matière azotée totale, CB : Cellulose brute, Ca : Calcium, P : Phosphore, RDTV : Rendement en matière verte, RDTs : Rendement en matière sèche
NS : Non significative, * : Significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** : Significative à 0,01%,

6.4.2.1 Rendement en matière verte :

Le rendement en matière verte (RDTV) est significativement différent entre les variétés des deux espèces étudiées. En ce qui concerne l'espèce Dactyle, le meilleur RDVT a été enregistré par la variété Porto bis avec une valeur de 23,53 t/ha. Il est significativement différent par rapport aux autres variétés. Par contre, le RDTV le plus faible est noté par la variété Kasbah (2,37 t/ha).

Par ailleurs, le meilleur RDTV pour l'espèce Fétuque élevée a été enregistré par la variété Fraydo. Par contre, la valeur la plus faible du rendement a été notée par la variété Fletcha. L'étude statistique a révélé une différence significative entre la variété Fraydo et la variété Fletcha (13,06 vs 4,91 ; $p = 0,035$).

A l'exception de la variété Kasbah, nos résultats sur l'espèce Dactyle sont supérieurs par rapport à ceux enregistrés par Djaouchi [413] (6,45 t/ha) et Abouzakhem [414] (4,27 t/ha), en première coupe réalisée en période de début de sécheresse. Les faibles valeurs de RDTV pour la variété Kasbah pourraient être liées aux conditions climatiques [415] ; [416] ; [417] ; [418] ; [418] ; [419].

Concernant le RDTV des variétés de la Fétuque élevée, Kolli [72], dans la même région d'étude et en irrigué a souligné des rendements plus faibles par rapport à ceux des variétés Fraydo, Centurion, Tanit et Sisa (6,59 t/ha). Cependant, ce dernier reste supérieur à celui enregistré sur Fletcha (4,91 t/ha), valeur comparable à celle annoncée par Abouzakhem [414] (4,13 t/ha) pour une première coupe chez la variété Clarin.

Dans les mêmes conditions de stress hydrique, nos meilleurs rendements notés sur les graminées étudiées sont supérieurs à ceux enregistrés par Manevesky et al [419] et Kørup et al [416] qui annoncent respectivement 17,8 et 12,5 t/ha pour la Dactyle et 15,3 et 9,5 t/ha pour la Fétuque.

En comparaison avec les variétés de graminées annuelles (orge, avoine et sorgho) utilisées pour l'alimentation des ruminants de l'ITEV, la variété Porto bis a enregistré des rendements supérieurs en conditions de stress hydrique, les autres variétés toujours de la même espèce Dactyle, ont notées des rendements acceptables par rapport aux résultats enregistrés sur les variétés de l'orge et

l'avoine en vert. La variété Fraydo de l'espèce Fétuque a donné aussi une production en matière verte satisfaisante comparée aux cultures annuelles.

Les valeurs élevées de production fourragère, relatives aux espèces de graminées pérennes sont supérieures aux rendements trouvés par Bouksila et al [307] (17,22 t/ha) et Al Faiz et al [59] (7,28 t/ha) respectivement pour l'orge et l'avoine.

6.4.2.2. Rendement en matière sèche :

Le rendement en matière sèche diffère significativement entre les variétés de Dactyle. Le meilleur RDTS a été enregistré pour la variété Porto bis avec un écart significatif par rapport à la variété Currie et Ottava (+37%), la variété Delta-1(+30%) et la variété Kasbah (+91%). L'analyse statistique montre également une différence significative entre la variété Delta-1 et la variété Kasbah (+88%).

Il est à noter, qu'aucune différence significative n'a été enregistrée entre les différentes variétés de l'espèce Fétuque élevée. Dans l'ensemble, nos variétés ont enregistré des RDTS satisfaisants.

Hamadache [420] annonce un RDTS de la variété Maris Kasba de Fétuque élevée de 1,73 t/ha, fauchée au stade début épiaison et dans la même région, valeur inférieure à nos résultats obtenus dans la présente étude, ces derniers sont comparables au rendement communiqué par Mohguen [384] (2,25 t/ha).

Pour le Dactyle, le RDTS moyen des variétés Currie, Ottava, Medly, Jana et Delta-1 est comparable à celui obtenu par Chafai [421] (3,96 vs 4,06 t/ha). La variété Porto bis a montré un RDTS satisfaisant (6,36 t/ha) par rapport aux variétés de Dactyle étudiées et aux valeurs trouvées par Mousset *et al.* [422] (3,1 t/ha).

Par contre, la variété Kasbah, celle-ci ne s'est pas bien développée et a enregistré le rendement le plus faible comparé aux autres variétés de l'espèce Dactyle et à la littérature.

Ce faible rendement est dû à la non résistance de cette variété aux conditions climatiques caractérisées par des températures basses qui ont dominées

la période hivernale puis la sécheresse qui y succéda [423]; [424] ; [425] ; [426] ; [427].

6.4.3. Tendance de la composition chimique et du rendement des variétés étudiées dans une optique intra variétale :

L'analyse en composantes principales (A.C. P) effectuée avec le logiciel PAST à partir des valeurs de la composition chimique et des rendements des différentes variétés est satisfaisante dans la mesure où plus de 89,12% et 80,14% de la variance sont exprimés sur les deux premiers axes respectivement pour le Dactyle (Figure 6.1) et la féтуque élevée (Figure 6.2).

La projection des valeurs de la composition chimique et des rendements des différentes variétés de dactyle sur le premier axe 1 (79,15 %), et sur la base d'une similarité de -2,4, la classification hiérarchique ascendante (C.H.A.), montre l'existence de trois groupes : groupe 1 : Kasbah, groupe 2 : Currie, Ottava et Medly, groupe 3 : Jana, Delta-1 et Portobis.

La lecture simultanée des vecteurs (composition chimique et rendements) et du nuage de la projection spatiale (variétés), informe que les variétés Kasbah, Currie, Ottava et Medly sont corrélées positivement avec les matières azotés totales (MAT), le phosphore (P) et le calcium (Ca).

En revanche, les variétés Jana, Delta-1 et Porto bis sont corrélées positivement avec la matière sèche (MS), la cellulose brute (CB), la matière organique (MO), avec une tendance plus importante en matière de rendement en vert (RDTV) et en sec (RDTS) (Figure 6.1).

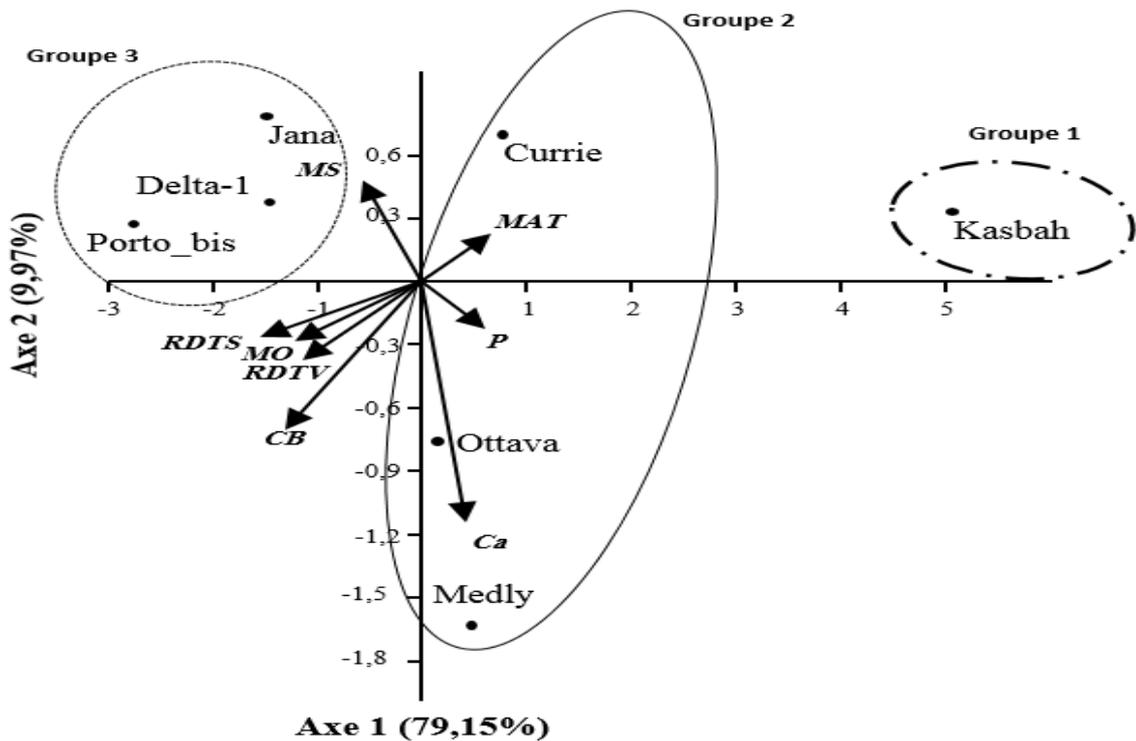


Figure 6.1 : Projection des valeurs de la composition chimique et du rendement des différentes variétés de Dactyle sur les deux axes de l'ACP.

Cependant, la projection des valeurs de la composition chimique et des rendements des différentes variétés de la Fétuque élevée mutuellement sur les deux axes (axe 1 46,29% et axe 2 33,85%), et sur la base d'une similarité de -3, la classification hiérarchique ascendante (C.H.A.), montre l'existence de trois groupes : groupe 1 : Fraydo, groupe 2 : Centurion et Tanit, groupe 3 : Fletcha et Sisa.

La lecture des vecteurs et du nuage de la projection spatiale, renseigne que les variétés Fraydo, Centurion et Tanit sont corrélées positivement avec la matière sèche (MS) et la cellulose brute (CB). Les mêmes variétés désignent une tendance positive en rendements vert (RDTV) et sec (RDTs).

En contraste, les variétés Fletcha et Sisa sont corrélées positivement avec les matières azotés totales (MAT), la matière organique (MO), le Calcium (Ca) et le Phosphore (P) (Figure 6.2).

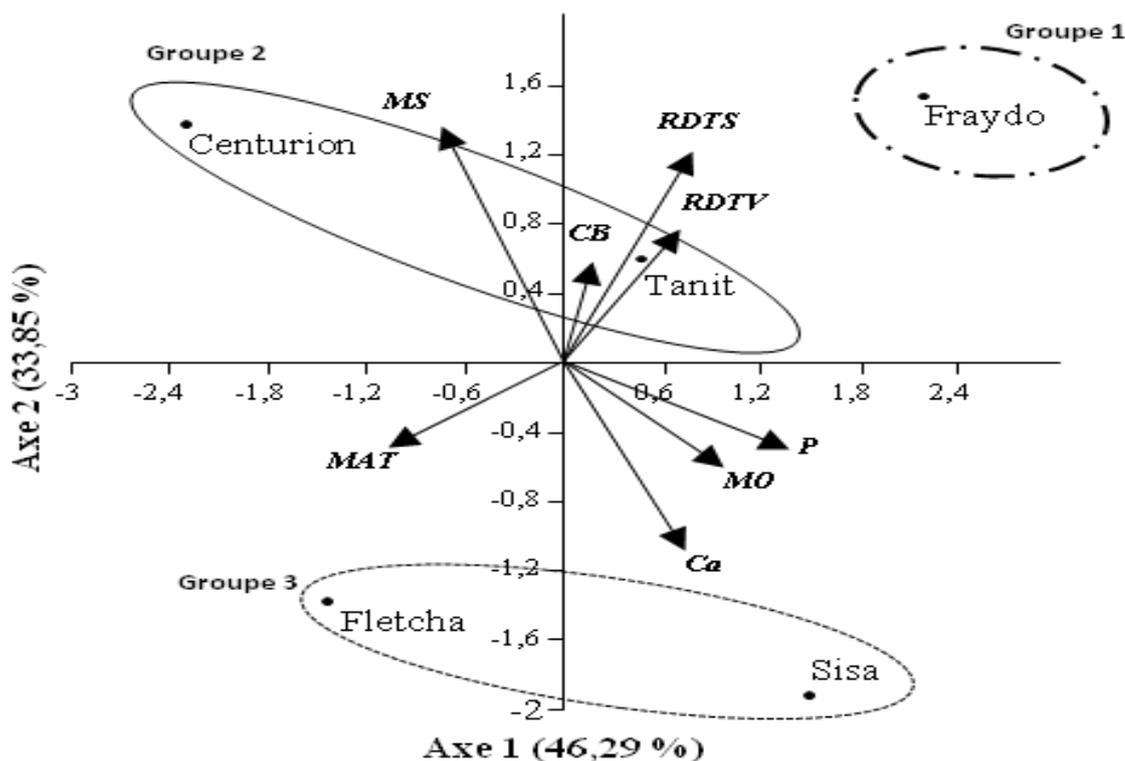


Figure 6.2 : Projection des valeurs de la composition chimique et du rendement des différentes variétés de Fétuque élevée le sur les deux axes de l'ACP.

6.4.4 Potentialités des variétés de graminées étudiées dans la couverture des besoins de la vache laitière :

Les résultats des multi variées du Dactyle (Figure 6.1) et de la Fétuque élevée (Figure 6.2) nous ont permis de déceler les potentialités de graminées pérennes en termes de couverture des besoins des vaches pour l'entretien et la production laitière.

Selon Demarquilly et Andrieu [92], une teneur en MAT de 15 à 16% couvre largement les besoins azotés des animaux en croissance, en engraissement et ceux d'une vache laitière produisant 20 à 25 Kg de lait par jour. Il en ressort que les variétés Kasbah, Currie, Ottawa, Medly, Fletcha, Sisa, Partenope peuvent être potentiellement utilisées en tant que source de MAT, Ca et P (Tableau 6.4).

L'azote total est souvent considéré comme un facteur déterminant de l'appétibilité du fourrage ; son abondance dans les parties les plus appétibles

(feuilles) donne l'impression d'être la cause de la préférence des animaux pour ces dernières [428] ; [429] ; [430] ; [431] ; [432].

Tableau 6.4 : Principales variétés de graminées étudiées sources de matières azotées totales, de calcium et de phosphore (Moyenne \pm SE).

Espèces	Variétés	MAT (% MS)	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)	RDTV (t/ha)	RDTS (t/ha)
Dactyle	Kasbah	12,11 \pm 0,60a	1,33 \pm 0,09	0,32 \pm 0,03a	2,37 \pm 0,70	0,55 \pm 0,22
	Currie	11,47 \pm 0,47a	1,12 \pm 0,04	0,22 \pm 0,02b	7,80 \pm 1,20	2,74 \pm 0,33
	Ottava	10,98 \pm 0,65a	1,24 \pm 0,20	0,23 \pm 0,02b	12,94 \pm 2,85	3,81 \pm 0,86
	Medly	10,68 \pm 0,19a	1,50 \pm 0,23	0,24 \pm 0,01b	14,30 \pm 2,93	4,27 \pm 0,68
Fétuque élevée	Fletcha	11,62 \pm 0,85a	1,23 \pm 0,14	0,18 \pm 0,02b	4,91 \pm 1,41	1,75 \pm 0,65
	Sisa	11,27 \pm 0,33a	1,46 \pm 0,21	0,21 \pm 0,01b	9,88 \pm 1,66	2,86 \pm 0,29
Phalaris	Partenope	8,38 \pm 0,03b	0,92 \pm 0,06	0,35 \pm 0,02a	1,19 \pm 0,19	0,17 \pm 0,04
	<i>P</i>	0,000***	0,080 ^{NS}	0,000***	-	-
	<i>F</i>	6,911	2,251	12,515	-	-

MAT : Matière azotée totale, Ca : Calcium, P : Phosphore, RDTV : Rendement en vert, RDTS : Rendement en sec, NS : Non significative, *** : Significative à 0,01%.

Cependant, les mêmes projections des valeurs de la composition chimique des variétés de graminées utilisées fait ressortir la richesse des variétés Jana, Delta-1, Porto bis, Fraydo, Centurion, Tanit et Partenope en matière sèche et cellulose brute (Tableau 6.5).

Tableau 6.5 : Principales variétés de graminées étudiées sources de matière sèche et de cellulose brute (Moyenne \pm SE)

Espèces	Variétés	MS (en %)	CB (% MS)	RDTV (t/ha)	RDTS (t/ha)
Dactyle	Jana	34,50 \pm 2,67a	29,38 \pm 0,43ab	14,46 \pm 4,29	4,53 \pm 1,02
	Delta-1	34,05 \pm 4,46a	29,62 \pm 0,15ab	15,95 \pm 5,90	4,47 \pm 1,32
	Porto bis	29,75 \pm 3,06a	30,18 \pm 0,25a	23,53 \pm 1,25	6,36 \pm 0,63
Fétuque élevée	Fraydo	31,55 \pm 1,05a	27,95 \pm 0,17ab	13,06 \pm 2,94	3,97 \pm 0,82
	Centurion	32,40 \pm 1,63a	27,57 \pm 0,93ab	8,36 \pm 0,86	2,67 \pm 0,19
	Tanit	31,93 \pm 3,27a	27,36 \pm 0,92b	9,64 \pm 2,85	2,90 \pm 0,69
Phalaris	Partenope	11,15 \pm 1,66b	28,02 \pm 0,65ab	1,19 \pm 0,19	0,17 \pm 0,04
	<i>P</i>	0,000***	0,011*	-	-
	<i>F</i>	10,649	3,839	-	-

MS : Matière sèche, CB : Cellulose brute, RDTV : Rendement en vert, RDTS : Rendement en sec
* : Significative à 5%, *** : Significative à 0,01%.

Ces variétés ont produit pareillement les mêmes teneurs de CB (ab) mise à part la variété Porto bis qui s'avère la plus riche (a), secondé par la variété Tanit(b), qui peuvent être utilisées dans l'alimentation de la vache laitière favorisant une bonne digestion ruminale et par conséquent, la production des acides gras volatils qui constituent une source majeure d'énergie, puisqu'ils fournissent 60 à 80 % de l'énergie totale dont le ruminant a besoin à l'entretien [433] ; [434] ; [435].

Pour les teneurs en MS, les variétés Jana, Delta-1, Porto bis, Fraydo, Centurion et Tanit ont enregistré des valeurs comparables (a), par contre la variété Partenope de l'espèce Phalaris a fourni moins de teneur en MS, classée par le test de Newman et Keuls dans un groupe homogène à part (b). Leurs teneurs en MS coïncident avec celles annoncées par Gillet [41] chez les graminées fourragères.

6.4.5. Valeurs nutritives et digestibilité des fourrages étudiées :

Les résultats de la valeur nutritive et de la digestibilité des graminées pérennes et annuelles cultivées sont présentés dans le tableau 6.6.

Tableau 6.6 : valeurs nutritives et digestibilité de graminées pérennes étudiées.

Espèces	Variétés	UFL	UFV	PDIN g/kg MS	PDIE g/kg MS	dMO%
Dactyle	Kasbah	0,77±0,01 abc	0,72±0,01 abc	80,41±1,68 ab	80,29±1,10 abcd	70,76±0,37 a
	Currie	0,76±0,01 bcd	0,69±0,01 abcd	75,72±1,36 c	78,88±0,99 abcd	68,21±0,74 bc
	Ottava	0,75±0,02 bcd	0,68±0,02 bcde	67,78±1,59 d	78,04±2,50 bcd	67,20±0,37 c
	Medly	0,75±0,01 bcd	0,68±0,01 bcde	68,58±1,24 d	77,49±0,55 cd	67,17±0,18 c
	Jana	0,76±0,01 abc	0,70±0,01 abcd	69,55±0,86 d	78,15±1,03 bcd	67,76±0,47 c
	Delta-1	0,76±0,01 abc	0,70±0,01 abcd	70,75±0,96 d	78,46±1,35 bcd	67,64±0,33 c
	Porto bis	0,76±0,01 bcd	0,69±0,01 bcd	62,44±0,86 e	76,97±0,74 d	66,84±0,16 c
Fétuque Elevée	Fraydo	0,78±0,01 ab	0,72±0,01 abc	70,14±0,78 d	79,31±0,73 abcd	69,10±0,25 abcd
	Centurion	0,79±0,02 ab	0,73±0,01 ab	75,11±0,76 c	81,73±1,09 abc	70,48±1,27 abc
	Tanit	0,80±0,02 a	0,74±0,02 a	77,30±1,75 abc	82,87±1,00 a	70,40±1,25 ab
	Fletcha	0,79±0,01 ab	0,73±0,02 ab	81,41±1,69 a	82,30±0,59 ab	70,28±0,23 ab
	Sisa	0,80±0,01 a	0,74±0,01 a	76,42±0,02 bc	82,29±0,09 ab	70,34±0,01 ab
Phalaris	Partenope	0,76±0,01 bcd	0,69±0,01 abcd	53,71±0,14 f	73,86±0,41 e	68,23±0,58 bc
Orge (Témoin)	Saida	0,72±0,01 de	0,67±0,02 cde	37,15±0,03 g	71,95±0,04 ef	67,00±0,03 c
Avoine (Témoin)	Prévision	0,73±0,01 cde	0,66±0,01 de	80,70±0,03 ab	80,12±0,02 abcd	67,54±0,03 abcd
Sorgho (Témoin)	Bmr hybride	0,70±0,02 e	0,63±0,03 e	38,74±0,03 g	69,37±0,03 f	64,26±0,04 d
	<i>F</i>	8,670	8,002	121,221	16,458	12,152
	<i>P</i>	< 0,0001***	< 0,0001***	< 0,0001***	< 0,0001***	< 0,0001***

***Significative à 0,01%.

6.4.5.1. Digestibilité de la Matière organique (dMO) :

La digestibilité de la matière organique des espèces de graminées pérennes et annuelles est illustrée par la figure 6.3.

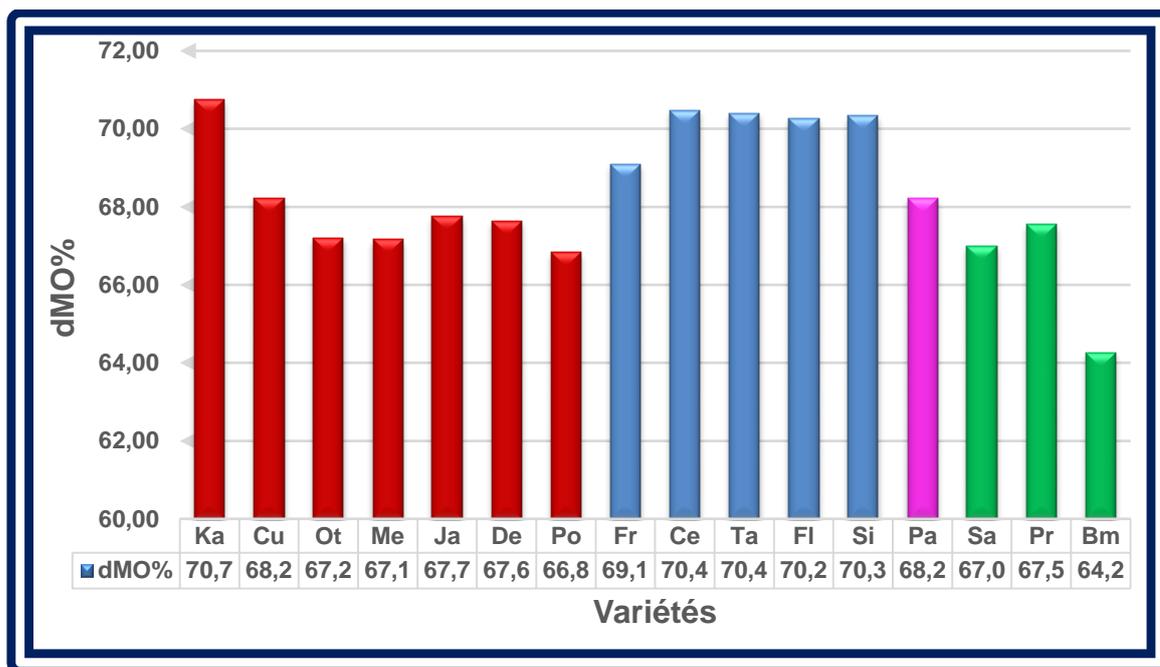


Figure 6.3 : Digestibilité de la Matière organique en% des variétés étudiées.

L'analyse de la variance a présenté une différence très hautement significative d'une variété à une autre. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% nous a permis de faire ressortir 6 groupes de moyennes.

Pour l'espèce Dactyle, mise à part la variété Kasbah qui a présenté la dMO la plus élevée (70,76%), les autres variétés ont enregistré des dMO comparables entre elles et aux valeurs annoncées par INRA [58] (68%) et Bencherchali [436] (68,85%) avec du Dactyle naturel et au même stade végétatif.

Toutes les variétés de l'espèce Dactyle ont donné une dMO nettement supérieure à celles enregistrées par Emile et Traineau [437] (63,1 et 66,2% respectivement pour le 1^{er} et 2^{ème} cycle) ; Scephovic [438] (62,2%) et Naydenova et Vasileva (60,48%) [439].

Par contre, Lee [440], dans un essai mené sous climat tempéré, il a trouvé une valeur supérieure à nos résultats (78%). Le climat joue un rôle très important dans la composition chimique des plantes par le biais de la température et donc la digestibilité des fourrages diminue sous l'influence des conditions climatiques défavorables, cause d'une lignification accrue et d'une faiblesse des teneurs en protéines. [441] ; [442] ; [443].

Globalement, les variétés de la Fétuque et de Phalaris ont donné de bonnes valeurs de digestibilité comparées à la littérature et aux autres variétés de l'essai.

Concernant les variétés de graminées annuelles cultivées par l'ITELV, les valeurs enregistrées sur l'orge et l'avoine sont supérieures à celle du sorgho et sont comparables entre elles et celles de Ciheam [81] et INRA [58] qui annoncent respectivement des valeurs pour l'orge de 67 et 65% et la même valeur pour l'avoine de 66%.

Il y a lieu de noter que l'essai graminées pérennes a pratiquement présenté en conditions de stress hydrique des DMO très satisfaisantes par rapport à celles données par les variétés annuelles.

6.4.5.2. Valeurs énergétiques et azotées des graminées pérennes étudiées :

6.4.5.2.1. Valeurs énergétiques :

6.4.5.2.1.1. Valeurs énergétiques en unités fourragères lait (UFL) :

Les UFL des variétés de graminées étudiées sont portées dans la figure 6.4.

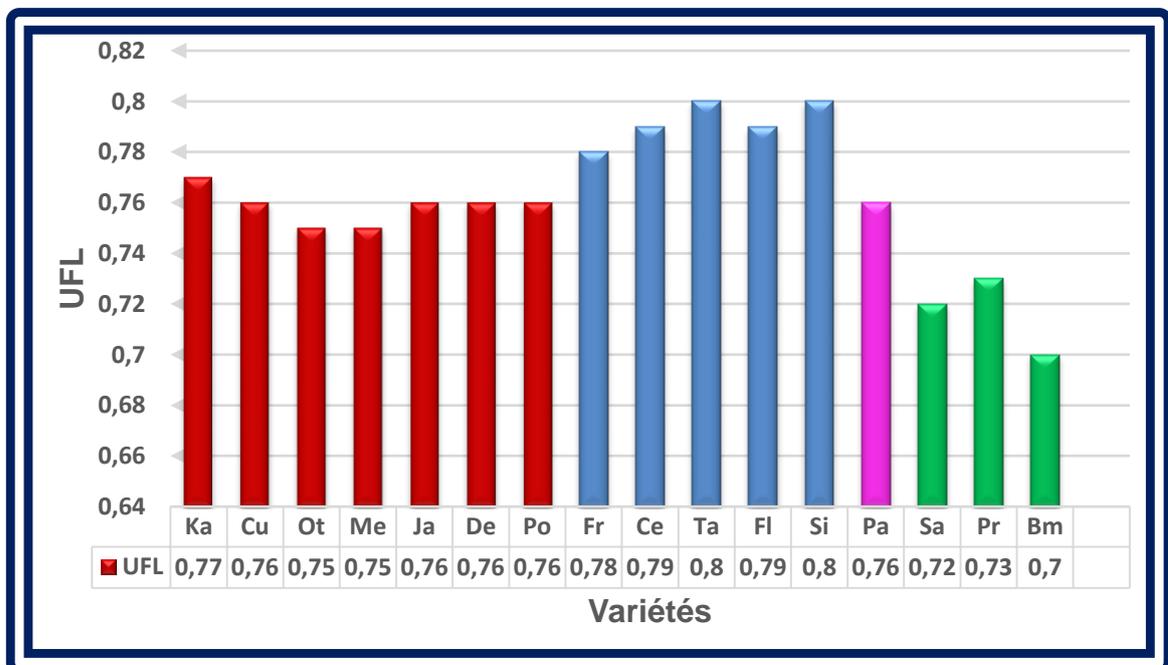


Figure 6.4 : Valeurs énergétiques en UFL des graminées pérennes étudiées

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les variétés étudiées. Le Test de Newman et Keuls au seuil de 5% a permis de classer les moyennes en 7 groupes. La valeur la plus élevée des UFL a été enregistrée par les variétés Sisa et Tanit appartenant à l'espèce Fétuque élevée, la variété Bmr hybride de l'espèce sorgho a donné la valeur la plus faible comparée aux autres variétés étudiées.

Pour l'espèce Dactyle, les variétés Kasbah, Jana et Delta-1 ont eu des valeurs en UFL comparables entre elles et sont légèrement supérieures (+0,8%) aux variétés Currie, Ottava, Medly et Porto bis.

Dans l'ensemble, les variétés de Dactyle ont fourni des valeurs énergétiques supérieures à celles trouvées respectivement par Emile et Traineau [437] et Naydenova et Vasileva [439] (0,71 et 0,70 UFL). De même, Vasileva et al [444], annoncent dans un essai de dactyle mené en association avec du sainfoin (50 : 50) une valeur de 0,70 UFL.

Par contre, INRA [58] enregistre une valeur supérieure aux variétés de Dactyle étudiées (0,83 UFL), cette différence est due au caractère variétal et aux bonnes conditions climatiques [445] ; [446].

La variété Partenope de l'espèce Phalaris a noté une valeur énergétique comparable aux variétés de dactyle étudiées et inférieure à la valeur annoncée par Ciheam [81] (0,55 UFL) au même stade végétatif. Bencherchali [436], dans une étude sur les fourrages spontanés dans la région de Mitidja et en condition climatique favorable, annonce une valeur légèrement supérieure (0,80 UFL).

Quant aux variétés de la Fétuque, celles-ci ont enregistré des valeurs énergétiques plus élevées par rapport aux variétés de Dactyle, aux graminées annuelles de l'ITELV et à celles de Ciheam [81] et INRA [58], qui annoncent respectivement 0,68 et 0,76 UFL.

Globalement les variétés de graminées annuelles ont présenté des valeurs plus faibles comparées à l'ensemble des variétés pérennes mises en essai pour la première fois en Algérie.

6.4.5.2.1.2. Valeurs énergétiques en unités fourragères viande (UFV) :

Les valeurs UFV des variétés étudiées sont présentées dans la figure 6.5.

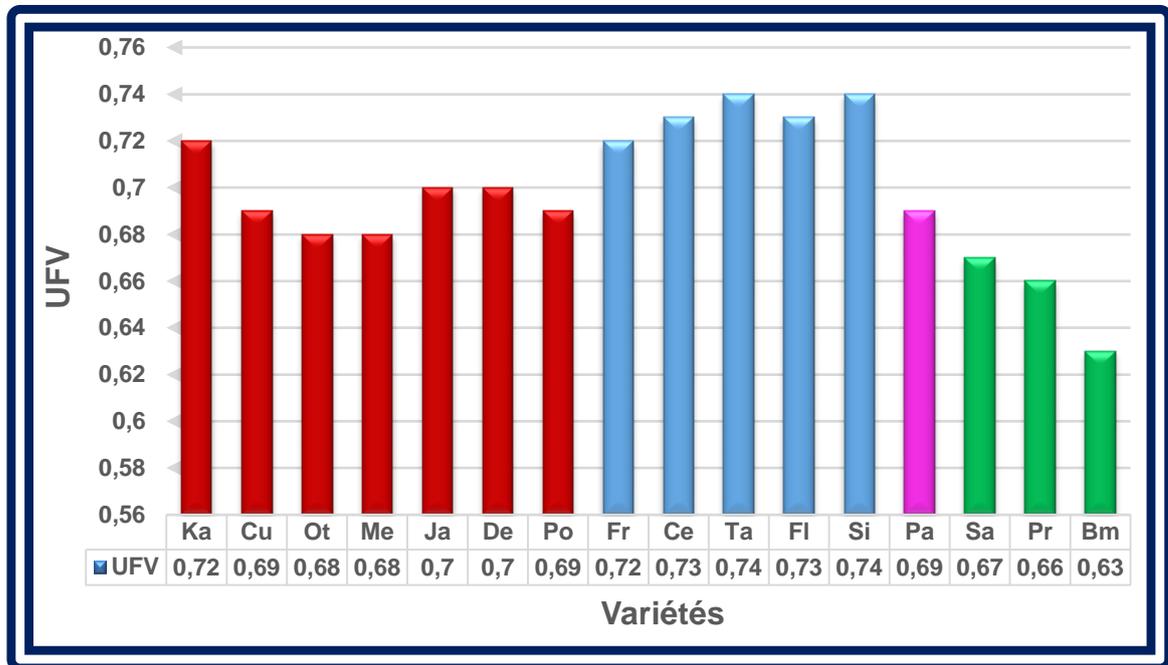


Figure 6.5 : Valeurs énergétiques en UFV des variétés pérennes.

L'étude statistique a montré une variation très hautement significative entre les variétés et le test de Newman et Keuls au seuil de 5% nous a permis d'avoir 9 groupes de moyennes. Nos valeurs sont comprises entre 0,63 et 0,74 UFV respectivement pour la variété Bmr hybride et Sisa et Tanit de l'espèce Fétuque.

Pour l'espèce Dactyle, mise à part la variété Kasbah qui a donné une valeur supérieure aux autres, l'ensemble des variétés a enregistré des valeurs supérieures à celles annoncées par Naydenova et Vasileva [439] (0,61 UFV), par Emile et Traineau [437] (0,63 UFV) et Vasileva et al [444] (0,59 UFV) en association mixte avec le sainfoin. Par contre, INRA [58] a noté une valeur supérieure de 0,82 UFV.

Les variétés de la Fétuque sont comparables entre elles, leur moyenne (0,73 UFV) est similaire au résultat annoncé par Chibani et al [387] et inférieure à celles de Emile et Traineau [437] (0,71 UFV) et INRA [58] (0,70 UFV).

Quant à la variété Partenope, celle-ci a présenté une valeur comparable aux variétés du Dactyle et supérieure à celle de Ciheam (0,60 UFV).

Il y a lieu de signaler, que les graminées annuelles récoltées à l'ITELV ont présenté des UFV inférieures à nos graminées pérennes, à celles de Chibani et al [387] et INRA [58], mise à part la variété Bmr hybride qui a présenté une valeur similaire aux valeurs annoncées par ces derniers auteurs (0,63 UFV).

6.4.5.2.2. Valeurs azotées de variétés de graminées étudiées :

6.4.5.2.2.1. Valeurs azotées en PDIN (g/kg de MS) :

Les PDIN des variétés étudiées sont rapportées dans la figure 6.6.

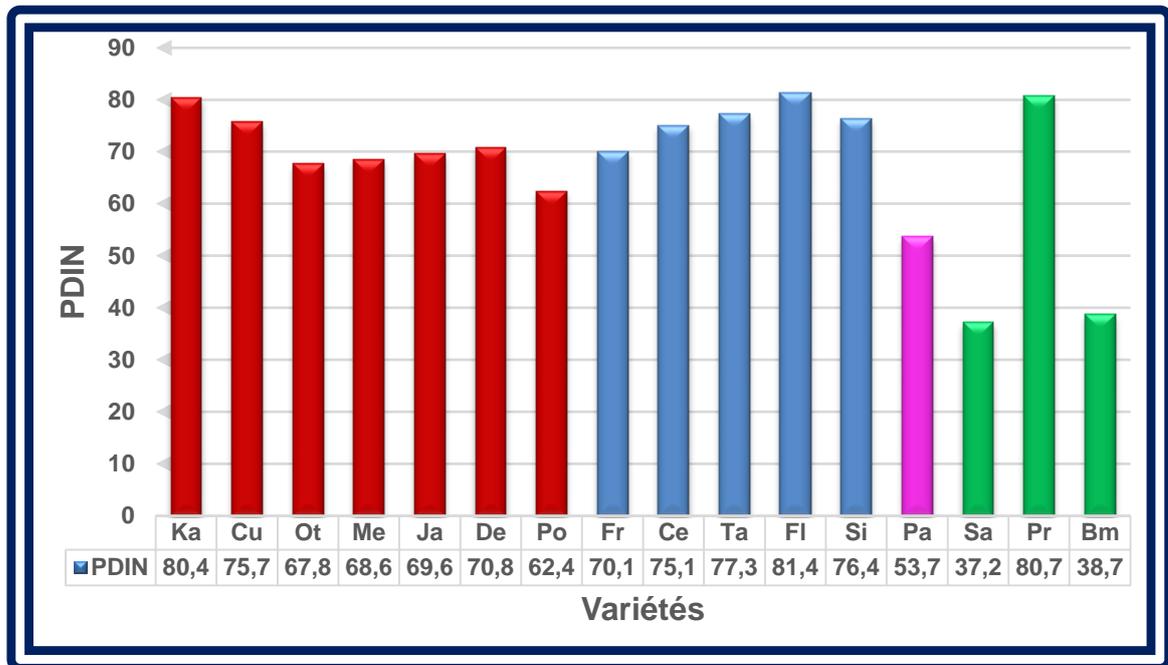


Figure 6.6 : Valeurs PDIN des variétés de graminées.

Les valeurs azotées sont comprises entre 81,41 et 37,15 g PDIN / kg de MS respectivement pour la variété Fletcha de l'espèce Fétuque et la variété Saida de l'espèce Orge. L'analyse statistique a révélé une différence très hautement significative entre les variétés étudiées. Au seuil de 5%, le Test de Newman et Keuls a fait ressortir 9 groupes de moyennes.

Pour l'espèce Dactyle, à l'exception de la variété Kasbah qui a fourni une valeur azotée élevée, les autres ont eu des valeurs azotées différentes entre elles. Ces différences observées dépendent de leurs teneurs en matières azotées totales, de la solubilité des matières azotées et de leur digestibilité réelle dans l'intestin grêle [447] ; [448]. En effet, les valeurs PDIN obtenues, suivent les mêmes tendances que les teneurs en MAT [449].

Toutes les variétés ont donné des valeurs supérieures à celles enregistrées par Emile et Traineau [437] (62 g PDIN / kg de MS) et Naydenova et Vasileva [439] (63 g PDIN / kg de MS). Les variétés Kasbah, Currie et Delta-1 cultivées seules ont présenté des valeurs azotées supérieures à celle trouvée par Vasileva et al (70 g PDIN / kg de MS) avec la variété Dabrava en association avec du sainfoin.

Globalement, nos variétés du Dactyle ont donné des valeurs azotées inférieures à la valeur trouvée par INRA [58] (92 g PDIN / kg de MS).

Dans l'ensemble, les variétés de la Fétuque ont enregistré des valeurs satisfaisantes comparées aux autres espèces étudiées. Leurs valeurs sont supérieures à celles notées par Naydenova et Vasileva [439] (61 g PDIN / kg de MS) et Emile et Traineau (60 g PDIN / kg de MS). INRA [58] et Vasileva et al [444] annoncent respectivement des valeurs légèrement supérieures (81 et 80 g PDIN / kg de MS) à l'exception de la variété Fletcha qui a donné une valeur comparable.

Quant à la variété Partenope de l'espèce Phalaris, elle a enregistré la valeur la plus faible, par rapport autres variétés de graminées pérennes mais elle est largement supérieure aux valeurs de l'orge et du sorgho. Bencherchali [436] annonce une valeur de 69,9 g PDIN / g kg de MS relative au *Phalaris Brachystachis*, variété spontanée récoltée au stade début épiaison.

Parmi les variétés de graminées annuelles étudiées, la variété Précision de l'espèce Avoine a eu la valeur azotée la plus élevée, supérieure aux valeurs annoncées par INRA (64 g PDIN / kg de MS) et Bencherchali (51,47 g PDIN / kg de MS) au stade début épiaison et comparable aux variétés pérennes Fletcha et Kasbah respectivement pour les espèces Fétuque élevée et Dactyle. Il convient de

signaler que la variété Précision est une variété locale qui a pu s'adapter aux conditions de stress hydrique [450] ; [451] ; [452] ; [453] ; [454].

6.4.5.2.2.2. Valeurs azotées en PDIE (g/kg de MS) :

Les valeurs PDIE des variétés étudiées sont présentées dans la figure 6.7.

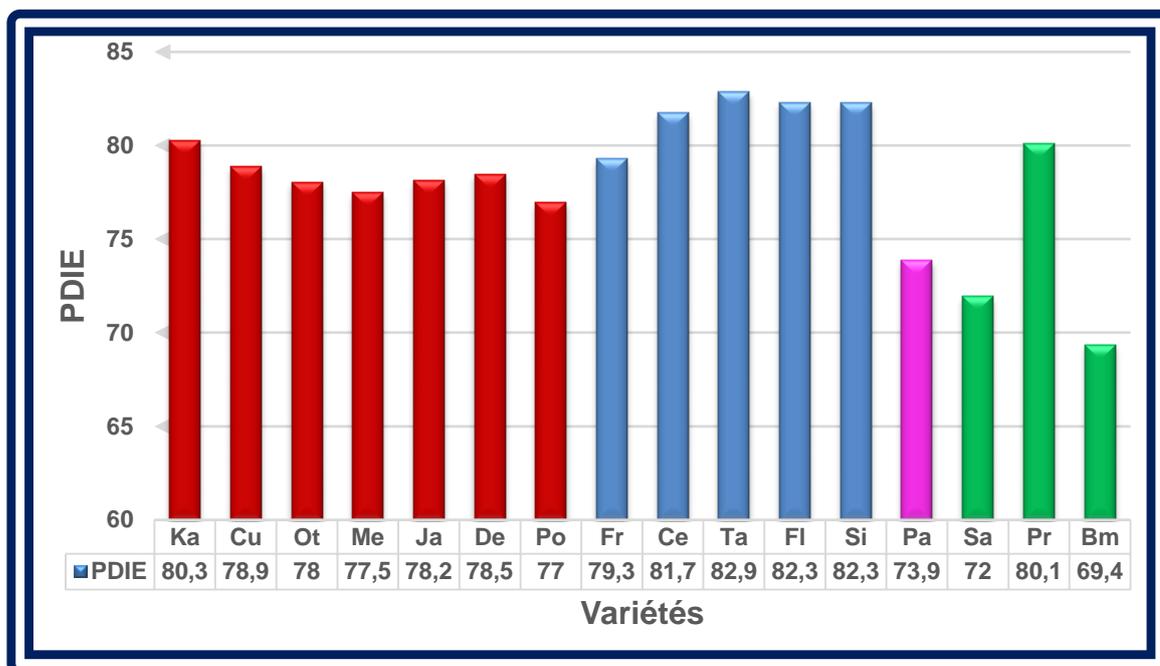


Figure 6.7 : Valeurs PDIE des variétés pérennes étudiées.

L'étude statistique a donné une différence très hautement significative entre les variétés. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% a classé les moyennes en 10 groupes.

La valeur azotée la plus élevée correspond à la variété Tanit de l'espèce Fétuque élevée, et la plus faible a été notée par la variété Bmr hybride de l'espèce Sorgho.

Pour le Dactyle, ces variétés ont enregistré pratiquement des valeurs azotées comparables entre elles avec une moyenne de 78,33 g PDIE/ kg de MS ; une légère diminution a été notée par la variété Porto bis.

Dans l'ensemble, les variétés du Dactyle ont donné des valeurs comparables à la valeur enregistrée par l'INRA [58] et Vasileva et al [444] (79 g

PDIE / kg de MS). Nos valeurs sont largement supérieures à celles trouvées par Emile et Traineau [437] (59 et 68 g PDIE / kg de MS, respectivement pour la 1^{ère} et la 2^{ème} coupe). Naydenova et Vasileva [439] enregistrent des valeurs légèrement inférieures par rapport à nos résultats (75 g PDIE / kg de MS).

Globalement, les variétés de la Fétuque ont présenté des valeurs azotées très intéressantes et supérieures aux autres variétés étudiées.

Egalement, elles sont supérieures à celles enregistrées par INRA [58] (78 g PDIE / kg de MS), par Emile et Traineau [437] (58 et 69 g PDIE / kg de MS respectivement pour la 1^{ère} et 2^{ème} coupe) et Naydenova et Vasileva [439] (75 et 76 g PDIE / g kg de MS respectivement pour la 1^{ère} et 2^{ème} coupe).

Quant à la variété Partenope de l'espèce *Phalaris*, celle-ci a enregistré une valeur azotée inférieure aux autres graminées pérennes étudiées et celle trouvée, dans la région de Mitidja par Bencherchali [436] sur la variété *Phalaris brachystachis* (81,1 g PDIE / kg de MS). Chibani et al [387], annoncent pour la variété spontanée *Phalaris minor* des valeurs azotées supérieures de 124 et 117 g PDIE / kg de MS récoltée respectivement au nord et au sud de Djelfa.

Le climat joue un rôle très important dans la composition chimique des plantes par le biais de la température, l'intensité de la lumière et la durée d'ensoleillement [455].

Concernant les variétés de graminées annuelles, la variété Précision de l'espèce Avoine a été classée dans le même groupe de moyennes que Kasbah, Currie de l'espèce Dactyle et Centurion, Fraydo de l'espèce Fétuque. Sa valeur azotée est satisfaisante comparée aux autres variétés étudiées, elle est légèrement supérieure à celle annoncée par INRA [58] (78 g PDIN / g kg de MS) et un peu moins inférieure à celle trouvée par Bencherchali [436] (82,29 g PDIE / kg de MS).

La valeur azotée de la variété Saida est comparable à celles de l'INRA [58] (71 g PDIE / kg de MS) et Partenope de l'espèce *Phalaris*.

La variété Bmr hybride du Sorgho a présenté la valeur la plus faible, classée dans un groupe à part, valeur inférieure à celle annoncée par INRA [58] (76 g PDIE / g kg MS).

6.5. Conclusion :

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 alimentaire, les graminées pérennes constituent une solution intéressante pour diversifier les ressources fourragères et répondre aux différents besoins nutritionnels des ruminants.

Notre essai a mis en évidence l'intérêt de l'introduction des fourrages verts à base de graminées dans le système fourrager algérien. Il a montré la capacité des variétés pérennes de s'adapter en conditions d'alimentation hydrique difficile et même à des basses températures, de produire en quantité et en qualité pour les ruminants domestiques et ce pour leur contenu énergétique et azoté.

Les graminées annuelles cultivées à la station de l'ITELV ont enregistré des rendements en matière verte intéressants avec des valeurs nutritives inférieures aux graminées pérennes.

La Mitidja est une zone où nous pouvons faire de l'élevage en intensif si nous introduisons les principales graminées pérennes étudiées à la place des fourrages de qualité médiocre utilisés par les éleveurs permettant l'utilisation abusive du concentré, la dépréciation de la productivité et l'augmentation des coûts de production.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Durant la décennie 2005-2014, la superficie totale réservée aux cultures fourragères était faible avec une moyenne de 606031,4 hectares, soit environ 7.19% de la SAU (moyenne de 2005 à 2014), emblavée annuellement en fourrages artificiels (secs, en verts ou ensilés). Cette surface a connue des variations avec une augmentation remarquable en 2014 (916001 ha). Ces fourrages cultivés sont concentrés dans le nord du pays et sont dominés par quelques espèces : l'orge, l'avoine et les associations vesce-avoine, pois-avoine et pois-orge et participent peu à l'alimentation du cheptel comparativement aux aliments importés et aux ressources spontanées.

L'Algérie est un grand pays d'élevage, il en ressort que 78,68% de l'effectif est constitué par le cheptel ovin, 14,51% par les caprins, 5.79% par les bovins et les camelins ne représentent que 1% des effectifs.

L'effectif bovin a connu ces dernières années une augmentation, passant de 1586070 têtes en 2005 à 2049652 têtes en 2014, soit une augmentation de 463582 têtes. Celui des vaches laitières est passé de 82830 têtes à 1072512 têtes, ce qui correspond à une augmentation de 244212 têtes.

Le nombre de l'espèce ovine a connu une augmentation importante, il est passé de 18909110 têtes (dont 10396250 têtes de brebis) en 2005 à 27807743 têtes (dont 16191021 têtes de brebis) en 2014 sur le territoire national.

Durant la période 2005 à 2014, l'effectif de l'espèce caprine a enregistré un accroissement régulier, il est passé de 3589880 têtes (dont 2027100 têtes de chèvres) en 2005 à 5129839 têtes (dont 2967407 têtes de chèvres) en 2014.

L'évolution du cheptel camelin a connu une irrégularité dans le temps, il est au maximum en 2014 avec 354465 têtes et au minimum en 2005 avec 286560 têtes. Il est réparti en abondance dans la zone semi-aride et aride.

A travers la première étude faite à l'ITELV, nous avons constaté globalement que son élevage bovin laitier est confronté à des contraintes d'ordre alimentaires que techniques qui bloquent sérieusement les perspectives d'amélioration des performances du cheptel. Les techniques de rationnement sont

aussi absentes sur terrain. Les vaches laitières reçoivent une ration distribuée indépendamment de leur stade physiologique ou de leur niveau de production tout le long de l'année.

Ces mauvaises pratiques alimentaires semblent avoir des incidences graves sur l'état corporel, la production et la qualité du lait, ainsi que sur la santé de la vache.

La note d'état corporel varie au cours de l'année 2014 entre 2,55 et 2,71, cette fourche correspond mieux aux vaches en début de lactation qui souffrent d'un déficit énergétique.

L'état d'embonpoint des vaches de l'ITELV n'a pas subi d'amélioration au cours de la seconde partie de lactation jusqu'au tarissement à cause de non-retour à un bilan énergétique positif permettant la reconstitution des réserves corporelles.

Dans l'ensemble, la note de l'état corporel des vaches de l'ITELV en fin de lactation est loin des normes préconisées, signe d'un problème au niveau d'alimentation ou de la santé de la vache. La distribution du sorgho (graminée estivale), à titre de 30 kg de matière verte/vache dans la ration mixte, semble améliorer en mois d'août et septembre, la note d'état corporel moyenne du troupeau pendant cette période.

A partir des résultats obtenus sur la production laitière, la quantité moyenne par vache, la plus élevée est atteinte en mois d'avril et août avec des quantités respectives de 13,05 et 11,22 litres/vache/jours, suite à l'incorporation des fourrages verts à base d'orge et de sorgho dans la ration alimentaire.

La teneur du lait de vache mensuelle en matière grasse varie au cours de l'année 2014 entre 35,4 et 47 g/L. Ces valeurs sont conformes à celles recommandées par la littérature.

Les taux protéiques moyens notés, sont compris entre 2,57 et 2,70% et apparaissent nettement plus stables que les taux butyreux sur l'ensemble des laits mesurés. L'infériorité du taux protéique par rapport à la norme, est une conséquence classique d'un déficit énergétique chez la vache laitière ou d'une

Hypercétionémie, c'est également le reflet de l'évolution de l'état corporel en début de lactation.

Le rapport TB/TP est un indicateur plus sensible et plus constant des maladies métaboliques qu'une simple analyse des taux considérés séparément. A travers les résultats du ratio TB/TP, on note qu'on est en face d'une acidocétose durant toute l'année avec des épisodes d'acidose en hiver et au printemps.

Concernant la 2^{ème} étude, notre essai a mis en évidence l'intérêt de l'introduction des fourrages verts à base de graminées dans le système fourrager algérien. Il a montré la capacité d'adaptation de ces variétés pérennes aux conditions d'alimentation hydrique difficile, même à des basses températures, de produire en quantité et en qualité pour les ruminants domestiques grâce à leur valeur énergétique et azotée.

Pour les teneurs en MS, aucune différence significative entre les différentes variétés de l'espèce Dactyle n'a été révélée. En revanche les teneurs en MS ont été différentes entre les variétés de l'espèce Fétuque élevée. Nos résultats sont tantôt similaires, tantôt différents par rapport aux données de la littérature.

Les teneurs en MO n'ont enregistré aucune différence significative entre les variétés de l'espèce Fétuque élevée. Par contre, les variétés de l'espèce dactyle ont présenté des teneurs en MO significativement différentes. Globalement, les teneurs en MO obtenues dans notre étude sont comparables à celles annoncées par INRA.

En ce qui concerne les teneurs en MAT et en CB, l'ensemble des variétés du Dactyle et de la Fétuque ont enregistré au stade début des valeurs satisfaisantes comparées à la littérature.

Les faibles teneurs enregistrées sur le Ca et le P sont dues essentiellement à la nature du sol et à la diminution de l'absorption minérale de la plante causée par sécheresse qui a sévi durant l'essai.

Les meilleurs rendements en matière verte ont été notés par les variétés Porto bis et Fraydo respectivement pour le Dactyle et la Fétuque élevée. En

comparaison avec les graminées annuelles et dans les conditions de stress hydrique, la variété Porto bis a enregistré des rendements supérieurs, les autres ont présenté des résultats acceptables.

Dans l'ensemble, nos variétés pérennes ont donné des productions fourragères en vert et en sec satisfaisantes par rapport à la littérature.

Les résultats des multi variées du Dactyle et de la Fétuque élevée nous ont permis de déceler les potentialités de graminées pérennes en termes de couverture des besoins des vaches pour l'entretien et la production laitière. Il en ressort que les variétés Kasbah, Currie, Ottawa, Medly, Fletcha, Sisa et Partenope peuvent être potentiellement utilisées en tant que source de MAT, Ca et P.

Cependant, les mêmes projections des valeurs de la composition chimique des variétés de graminées utilisées fait ressortir la richesse des variétés Jana, Delta-1, Porto bis, Fraydo, Centurion, Tanit et Partenope en matière sèche et cellulose brute.

Il y a lieu de noter, que l'essai graminées pérennes a pratiquement présenté malgré les périodes de sécheresse, des dMO très satisfaisantes par rapport à celles données par la littérature et les variétés annuelles.

Dans les mêmes conditions du déficit hydrique, les variétés pérennes ont eu des valeurs nutritives supérieures à celles des graminées annuelles et satisfaisantes par rapport aux autres travaux réalisés sur des espèces identiques. Globalement, les variétés de l'espèce Fétuque ont donné les meilleures valeurs énergétiques et azotées par rapport aux autres variétés mises en essai.

Pour les rendements en matière verte et sèche, mise à part la variété Kasbah, les autres variétés du Dactyle ont fourni pratiquement les meilleures productions fourragères comparées aux autres variétés de graminées pérennes. Les variétés de la Fétuque élevée, ont aussi présenté des rendements intéressants. Par contre, Partenope de l'espèce Phalaris, celle-ci a produit moins de production fourragère par rapport à toutes les variétés pérennes étudiées.

En Algérie, l'intérêt de ces espèces demeure entier car, le paysage agricole est dominé par le climat semi-aride, donc le facteur eau fait dans la plupart des temps défaut.

L'activité agricole est basée essentiellement sur l'élevage dans ces zones et les troupeaux sont souvent sous alimentés. De là découle la nécessité de l'introduction des espèces de ce genre qui valorisent au mieux l'eau et assurent un apport fourrager considérable pour les animaux. Donc il sera intéressant de tester ce genre de graminées dans les zones types d'élevage ou le déficit hydrique est plus prononcé.

Les graminées sont riches en matière organique qui constitue une appréciable source d'énergie pour les ruminants et sont moyennement pourvues en matières azotées totales (source de protéine) d'où l'intérêt de l'association graminée-légumineuse susceptible d'augmenter en qualité et en quantité l'offre fourragère.

Une étude 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 vitamines, des acides aminés essentiels et des facteurs antinutritionnels pour une estimation plus précise de l'énergie nette.

Il serait très intéressant d'engager des essais sur animaux pour la détermination de l'ingestibilité et de la digestibilité par ses différentes méthodes dans le but de déterminer les valeurs nutritives à chaque stade phénologique et en particulier au stade début épiaison afin de les comparer avec nos résultats obtenus par la méthode de prédiction en utilisant la composition chimique.

La connaissance de la valeur nutritive des différents supports alimentaires mis à la disposition de nos ruminants est un élément à prendre en compte dans une politique de rationalisation et de développement de l'élevage de notre pays.

APPENDICES

APPENDICE B

NOTE D'ÉTAT CORPOREL PAR MOIS ET PAR VACHE DURANT L'ANNÉE 2014

N°	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
26004	3,25	3,25	3,25	3,25	3,5	3,5	3,5	3,5	4	3,5	3,5	4
26024	3	2,75	2,75	3	3,25	3	3	2,75	2,75	2,75	3	2,75
27008	3	2,5	2	2	1,75	1,5	2	2	2	2	2,25	2,5
27009	2	2,5	2,5	2,5	2,75	3	3	3	3,5	3,5	3,75	3,5
27018	2	2,25	2,25	2,5	2,75	2,5	2,5	2,5	2,25	2,75	2,5	2,25
27021	3,5	3,5	3,25	3,25	2,25	2,25	2,25	2,25	3	2,5	2,75	3,25
27023	2,75	2,25	2,25	2,25	2	2	2,25	2,5	2,75	2,25	2,25	2,5
28001	2	2,75	2	2	2	2,25	2,5	2,75	2,75	2,75	3	3,25
28016	2,75	3	3	3	3,25	3,25	3	2,75	3,75	3,25	3,25	3,5
28017	1,5	2	2	2,5	2,75	3	3	2,75	2	2	2,25	2,5
28021	3,75	3,5	3,5	3,5	3,5	3,25	3,25	3,75	3,5	2,75	3	3,25
29001	3,25	3	3	3	3,25	3,25	3,5	3,75	4	3,5	3	3,5
29004	2	2	2	2	2	2	2	1,75	1,75	1,75	2	2
29014	3,5	3,5	3	2,75	2,75	2,5	2,5	2,5	1,75	2,25	2,25	2,5
29016	3,25	3,5	3,5	3,75	4	4	3,75	3,75	3	2,75	2,5	2
29017	3	3	3,25	3	3	3	3	3,5	3,5	3,25	3	3
29018	3	3	2,75	2,5	2,5	2,25	2	2	1,75	1,75	1,5	1,5
29019	2,75	2	2,5	3	3	3,5	3	3,5	4	3,5	3	3,5
29021	3,75	3,5	3,25	3,25	3	3	3	3	3	3	2,75	2,75
29022	2,75	2,5	2,75	3	3	3,25	3,25	3,5	3	3	2,75	2,5
29024	2,5	2,25	2	2	2	2	2	2,25	2,75	2	2	2
29025	2,5	2,75	2,75	2,75	3	3	3	2,75	3	3	2,5	2,75
10002	3,25	3,25	3	3	3,25	3,5	3	3,25	3	3	3	3,25
10004	2	2	2	2,25	2,5	2,5	2,25	2	1,75	2,25	2,25	2,25
10008	2	2	2	2,25	2,25	2,5	2,5	2,75	2,5	2,5	2,5	2,5
10009	1,75	2	2	2	2	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2	2,25
10010	1,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,25	2,5
10011	2,5	2,25	2	2	2	1,5	1,5	1,75	1,75	1,5	1,5	1,75
10012	2	2,25	2	2	2	2,25	2	2	1,75	2	2	2
10016	2	2,5	2,5	2,5	2	2,25	2	1,75	2	2	2,25	2
10018	2	2,25	2	2	2	2,5	2,25	2,5	3,25	2,5	3	3,25

APPENDICE C

LISTE DES ABRÉVIATIONS

°C : degré Celsius

Ca : calcium

CB : Cellulose brute

dE = Digestibilité de l'énergie

dMO : Digestibilité de la matière organique

dr : Digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle.

DT : Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen.

EB : Energie brute

ED : Energie digestible

EM : Energie métabolisable

EN : Energie nette

ENL : Energie nette pour le lait

ENEV : Energie nette pour l'entretien et la viande.

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique de Paris.

ITAF : Institut technique des arbres fruitiers.

ITELV : Institut technique des élevages.

Kcal : Kilocalorie

Kf : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de viande.

Kl : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de lait.

Km : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien.

Kmf : Rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien et la production de viande.

MADRP : Ministère de l'agriculture et du développement rural et de la pêche.

MAT : Matières azotées totales

MM : Matières minérales

MO : Matières organiques

MOD : Matière organique digestible

MOF : Matière organique fermentescible

MS : Matières sèches

N : azote

NA = Niveau alimentaire

NDF : Neutral détergent fibre

ONAB : Office national d'aliments de bétail.

P : Phosphore

PANDI : Protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin.

PDI : Protéines digestibles dans l'intestin.

PDIA : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire.

PDIE : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine énergétique.

PDIM : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne.

PDIME : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne grâce à l'énergie disponible.

PDIMN : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne limitées par l'azote dégradable.

PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine azotée.

PV : Poids vif

RDTs : Rendement en matière sèche

RDTV : Rendement en matière verte

SAT : Surface agricole totale

SAU : Surface agricole utile

TB : Taux butyreux

TP : Taux protéique

UFL : Unité fourragère lait

UFV : Unité fourragère viande

VL : Vache laitière

g : gramme

h : heure

ha : hectare

kg : Kilogramme

m² : mètre carré

ml : millilitre

mm : millimètre

t : tonnes

% : pourcentage

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdelguerfi, A., Laouar, M., et M'hammedi Bouzina, M., "Les productions fourragères et pastorales en Algérie : Situation et possibilités d'amélioration". *Revue Agriculture & Développement*, 6, (2008), 14-25.
2. Houmani, M., "Situation alimentaire du bétail en Algérie". *Recherches Agronomiques* 4, (1999), 35-41.
3. Abdelguerfi, A., "Quelques réflexions sur l'élevage et les ressources fourragères et pastorales en Algérie". Séminaire national sur l'intensification et l'intégration de la production laitière en Algérie. Jijel, juin 1994.
4. Senoussi, A., "Caractérisation de l'élevage bovin laitier dans le Sahara : Situation et perspectives de développement". In Colloque International « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, 20-21 Avril 2008.
5. Abdelguerfi, A., et Laouar, M., "Les espèces pastorales et fourragères, leurs utilisations au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie)". FAO Regional Office For The Near East, (2002), p19.
6. Abbas, K., et Abdelguerfi, A., "Perspectives d'avenir de la jachère pâturée dans les zones céréalières semi-arides". *Fourrages* 184, (2005), 533-546.
7. Kadi, S.A., et Djellal, F., "Autonomie alimentaire des exploitations laitières dans la région de Tizi-Ouzou", Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 21 (12), (2009).
8. Hamadache, A., "Les ressources fourragères actuelles en Algérie. Situation et possibilité d'amélioration". In Actes de l'atelier national sur la stratégie du développement des cultures fourragères en Algérie. Ed. ITGC, (2001), 79p.
9. Nouad, M.A., "Alternatives fourragères en zone semi-arides. In Actes de l'atelier national sur la stratégie du développement des cultures fourragères en Algérie". Ed. ITGC. (2001), 79p.
10. Mayouf, R., "Diagnostic de l'alimentation des bovins laitiers en Algérie – cas de la région de Tébessa". Mémoire de Magister en Agronomie Saharienne, option : gestion des agrosystèmes sahariens, Département des sciences Agronomiques, Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur, Université de Ouargla, Algérie, (2008), 132 p.
11. Nedjraoui, D., "Profil fourrager en Algérie". Ed FAO. Rome, Italie (2003).

12. Abdelguerfi, A., "Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie". Revue céréaliculture n°16, (1987), 1-5.
13. MADRP, "Annuaire statistiques agricoles, superficies et production - série B" Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche d'Algérie, (2016).
14. Hamadache, A., "Les fourrages cultivés : un impératif au développement de la production animale : résultats des travaux de recherches". Séminaire ; 2ème journée de recherche sur les productions animales. Tizi-Ouzou, Novembre, (1997).
15. Si Ziani, Y. et Bolborhane, D., "Bilan fourrager, comparaison : offre et besoins" acte de l'atelier national sur le développement des fourrages en Algérie, 10-12 juin, ITGC ALGER (2001).
16. Bouazza, L., et Boutata, A., "Approche pour la diversification et le développement des fourrages en milieu producteur". In 1^{er} atelier sur le développement des fourrages en Algérie, Alger, (2003), 20-26.
17. Abdelguerfi, A., "Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture". Rapport de synthèse, TOME IX, Projet ALG/97/G31 FEM/PNUD, Alger, Hotel Hilton, 22-23, janvier, (2003), p 123.
18. Ait Abdallah-Djennadi, F., Dekkiche, N., Ghalem-Djender, Z., Oumdjekane, K., et Zaghouane-Boufenar, F., "Cultures et coûts de production des grandes cultures", ed ITGC, Alger, (2010), 4-22.
19. Hassani, A., "Essai de comportement de quatre variétés d'orge et d'une variété de triticale exploitées à double fin (en vert par simulation de pâturage puis récoltées en grain) dans la région de Sersou". Thèse de Magister, INA, El Harrach, Alger, (1997).
20. Hassani, A., Zair, M., et Abdelguerfi, A., "Le comportement de l'orge exploitée en fourrage vert puis en à la production du grain en zone semi-aride". In première rencontre scientifique, alimentation et performances zootechniques des ruminants en régions chaudes, Université Saad Dahleb, Blida, 10 et 11 décembre, (2002), 39-43.
21. Abdelguerfi, A., et Laouar M., "Les espèces pastorales et fourragères, leurs utilisations au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie)". FAO-RNE. (1999), 1-135.

22. Thenard, V., Mauries, M. et Trommenschager, JM., "Intérêt de la luzerne déshydratée dans des rations complètes pour vaches laitières en début de lactation" INRA. Prod. Anim., n°15, (2002), 119-124.
23. Tedjari, N., Madani, T. et Abbas, K.H., "Evaluation de la productivité et de la valeur nutritive des jachères, des prairies et des chaumes dans la région semi-aride de Sétif". Collque international. Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives " Alger (2008).
24. Laouar, M. et Abdelguerfi, A., "Privatisation et partage du foncier : une des causes de la dégradation des milieux naturels en Algérie". Options méditerranéennes, série A. séminaire Méditerranéen, n° 32, (1997), 209 –212.
25. Abbas, K., Abdelguerfi, A., Laouar, M., Madani, T., et Mebarkia, A., "Rôle et usage des prairies naturelles en zone semi-aride d'altitude en Algérie", Fourrages, n°183, (2005), 475-479.
26. Lapeyronie, A., "Les productions fourragères méditerranéennes". Tome I : Généralités, caractères botaniques et biologiques. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. G.P. Maisonneuve la rose, Paris, France, (1982).
27. Madani, T., Yakhlef, H., et Abbache, N., "Les races bovines, ovines, caprines et camelines". In : Evaluation des besoins en matières de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture. Recueil des communications, FEM/PNUD, projet Alg/97/G31, plan d'action et stratégie sur la biodiversité, atelier n°3, Alger, (2003), 22-23.
28. Bédrani, S., Boukhari, N., et Djennane, A., "Eléments d'analyse des politiques de prix, de subvention et de fiscalité sur l'agriculture en Algérie". Options Méditerranéennes, Série B, om.ciheam.org (1997).
29. Chellig, R., "Les races ovines algériennes". 2ème édition OPU, Alger, 98 p, (1993)
30. Yakhlef, H., Madani, T., et Abbache, N., "Biodiversité importante pour l'agriculture : cas des races bovines, ovines, caprines et camelines". METE – GEF / PNUD : projet ALG / G13, (2002), 43p.
31. Talli, A., "Bilan alimentaire des herbivores dans la région Ouest de l'Algérie". Mémoire d'ingénieur agronome. Faculté des sciences agro-vétérinaire, Blida (2014).

32. Adamou, A., "L'élevage camelin en Algérie : quel type pour quel avenir" ? *Sécheresse*, 19 (4), (2008), 253-260.
33. Larousse agricole, Ed, Librairie Larousse, 1208p, (1981).
34. Sampoux, J.P., Barre, P., Litrico, I., Fournier, S. et Willner, E., "La diversité naturelle des graminées fourragères : une ressource génétique à mieux connaître, préserver et valoriser depuis l'échelle locale jusqu'à l'échelle continentale". *Innovations Agronomiques*, INRA, 29, (2013), 45-60.
35. Cremer, S., "Introduction à la reconnaissance des graminées". *Fourrages mieux ASBL* (2014).
36. Lapeyronie, A., *Les productions fourragères méditerranéennes. Généralités, caractères biométriques et biologiques,* Tome I, Ed GP Maison neuve la rose, Paris, 390p, (1982).
37. Crête, J., "Précis de botanique". Ed. Elsevier Masson Paris, 45-46, (1989).
38. Moule, C., *Les céréales, Tome II, Phytotechnie spéciale*, Ed, Maison rustique, Paris, (1980), 318p.
39. Botarela, "Les poacées, des monocotylédones très évoluées". Version 1, info @ botarela.fr (2012).
40. Gillet, M., et Breisch, H., "Crise du tallage et remontaison chez les graminées fourragères : données complémentaires". *Agronomie*, EDP Sciences, 2 (2), (1982), 187-192,
41. Gillet, M., "Les graminées fourragères : Description, fonctionnement, application à la culture de l'herbe", Ed, Gauthier Villard, Paris, (1980), 306p.
42. Soltner, D., "Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées et fourrages", 21^{ème} Ed, Collection Sciences et Techniques Agricoles. Paris, (2012), 384-441.
43. Hnatyszyn, M., et Guais, A., "Les fourrages de l'éleveur. Agriculture d'aujourd'hui, techniques et applications", Ed, J-B Baillièrè, (1988), 440p.
44. Jaritz, G., "Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc". Ed, INRA, Rabat, (1997).
45. Straebler, M., "Les stades de développement des graminées fourragères : bien les reconnaître pour optimiser l'exploitation de ses prairies". GNIS - 44 rue du Louvre 75001 Paris, (2009).
46. Jarrige, R., "Alimentation des bovins, ovins et caprins". Ed, INRA, Paris, (1988).

47. Villax, E.J., La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale”. Ed, INRA, Rabat, (1963), 641p.
48. Bothmer, R., Jacobson, R., Baden, C., Jorgensen, R.B., and Laurensen, I., “An ecogeographical study of the genus *Hordeum*”, 2nd Edition, Systematic and ecogeographic studies on crop genepools, Ed, IPGR, Rome, (1995).1-129.
49. El Euch, F., “Le sylvopastoralisme en Tunisie, In, Systèmes sylvopastoraux : pour un environnement, une agriculture et une économie durable”, Cahier options méditerranéennes, 29mai-2juin, n° 12, Avignon, France, (1995),161-164.
50. Duru, M., “Diagnostic de la nutrition minérale de prairie permanente au printemps”. Etablissement de références, Revue, Agronomie, n°12, (1992),219-233.
51. Monnier, M., “Les cultures fourragères irriguées au Maroc”, Ed, Rabat, (1994). 267p.
52. Cotto, G., “L’utilisation des céréales par les vaches laitières”. Synthèse d’essais. Institut technique de l’élevage bovin, 48 p (1991).
53. Prats, J., Grandcourt, M., et Clement, M., “Les céréales”. Collections d’enseignement agricole, Ed J.-B. Baillière et fils, (1971), 351 p.
54. Amri, M., et El Mzouri, E., “Orge fourragère (*Hordeum vulgare* L.), In ; Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc”, Ed, INRA, Maroc, , (1997), 225-235.
55. Meyer, D.W., Erickson, D.O. and Foster, A.E., “Forage quality of barley straws as influenced by genotype”, In; Proceeding of XIV Int, Grass, Congr, Lexington, (1981). 232-234
56. Gaillard, B., et Ruffin, J.C., “Les graminées fourragères de type tempéré : recherche sur les possibilités de culture et d’utilisation dans le haut Cheliff”, Ed, INRA, (1975),72p.
57. Mossab, M., “Contribution à l’étude de l’exploitation à double fin de l’orge *Hordeum vulgare* L. en zones semi-arides d’altitude”. Thèse de Magister, INA, El-Harrach, Alger, (2007),126 p.
58. INRA. “ Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Alimentation des bovins, ovins, caprins”. Ed. Quoe c/o, RD 10, 78026 Versailles ; Cedex, (2010), 312 p.

59. Al Faiz, C., Saidi, S., et Jarritz, G., "Avoine fourragère (*Avena sativa* L.) In ; «production et utilisation des cultures fourragères au Maroc», Ed, INRA, Maroc, (1997), 209-224.
60. Murphy, J.P., and Hoffman, L.A., "The origin, history and production of oats", In; «H. G. Marshall and M.E. Sorrells», Ed, (1992),1-28.
61. Lapeyronie, A., "La production fourragère méditerranéenne". Ed GP maison neuve la rose. Paris, (1978), 105-113.
62. Legrett, J. M., Ladizinsky, G., Hagberg, P. et Oubani, M., "The distribution of nine *Avena* species in Spain and Morocco", *Can. J. Bot.*, n° 70(2), 240-244, (1992).
63. Husson, O., Charpentier, H., Michellon, R., Razanamparany, C., Moussa, N., Enjalric, F., Naudin, K., Rakotondramana, et Seguy, L., "*Avena sativa* et *Avena strigosa*. Fiches techniques plantes de couverture : Graminées annuelles". Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Volume 3. Ed afd (2012).
64. INRA., "Alimentation des bovins, ovins et caprins". Ed, INRA, France, (1981).
65. Skerman, P.J., and Riveros, F., "Tropical grasses". FAO plant production and protection series, Rome, n°23, (1990),670-697.
66. Noufia, A., et Baya., B., "Sorgho fourrager et soudan-grain (*Sorghum spp.*)". In : Production et utilisation des cultures fourragères au maroc. Ed. INRA, Maroc, (1997), 254-262.
67. Cravetta, G.J., Cherney, J H., and Jonhson, K.D., "Within row spacing influences on diverse sorghum genotypes". I. Morphology.II. Dry matter yield and forage quality. *Agron. J.*, 82, (1990), 206-215.
68. Ghesquiere, M. et Jadas- Hecart, J., "Les fétuques ou le genre *Festuca*". In ; Prosperi, J.M., Guy, P., Balfourier, F., «Ressources génétiques des plantes fourragères et à gazon », Ed, INRA, Paris,(1995), 53-70.
69. Khedim, A., "Etude Morpho-phénologique de quelques variétés et populations de trois espèces de graminées fourragères (*Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Scherb., *Phalaris aquatica* Desf)". Thèse de Magister. INA, Alger, (2007). 202p.
70. Surault, F., Verron, R., Huyghe, C., "Production fourragère de mélanges prairiaux et d'associations à diversité spécifique initiale variée". *Fourrage* (194), (2008),161-174.

71. Gaillard, B., et Ruffin, J.C., “Les graminées fourragères de type tempéré : recherche sur les possibilités de culture et d’utilisation dans le haut Cheliff”. Ed, INRA, (1975),72p.
72. Kolli, R., “Communication personnelle”, Polycopié, INA, El-Harrach, Alger, (1979), 83p.
73. Rondia, G., Deker, A., Jabri, M. et Antoine, A., “Projet ferme modèle Frétissa”, rapport Final, Ministère d’agriculture Tunisie, (1985).
74. Theriez, M., “Valeur alimentaire des fourrages tunisiens. Composition chimique et Digestibilité de la fétuque élevée”, Bull, Ec, Nat, Sup, Agric, n°14/15, (1967), 27-37.
75. Suter, D., Rosenberg, E., Mosimann, E., et Frick, R., “Mélanges standard pour la production fourragère”. Recherche Agronomique Suisse 8 (1), (2017),1–16.
76. Mosimann, E., Bossuyt, N., et Frund, D., “Préparation de la production fourragère au changement climatique”. Agroscope Science 49, (2017), 36 p.
77. Vuffray, Z., Amaudruz, M., Deléglise, C., Jeangros, B., Mosimann, E., et Meisser, M., “Développement phénologique des prairies de fauche – 21 ans d’observations”. Recherche Agronomique Suisse 7 (7–8), (2016), 322–329.
78. Meisser, M., Deléglise, C., Mosimann, E., Signarbieux, C., Mills, R., Schlegel, P., Buttler, A., et Jeangros, B., “Effets d’une sécheresse estivale sévère sur une prairie permanente de montagne du Jura”. Recherche Agronomique Suisse 4, (2013), 476–483.
79. Boudelaa, M., Slimani, S., Boutebba, A., and Boussora, S., “Growth study of three local populations of graminaceous fodder according to bioclimatic index of sum temperature”. Agriculture Journal 2 (1), (2007), 93-96.
80. Hedtcke, J.L.U., Casier, M.D., and Combs, D.K., “Quality of Forage Stockpiled in Wisconsin”. Journal of Range Management, 55,(2002), 33-42.
81. Ciheam-Ecc., “Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d’origine méditerranéenne”, Revue, Option méditerranéennes, série B, n°4, (1990).
82. Demarquilly, C. et Weiss, P.H., “La valeur alimentaire des fourrages verts”, Revue, Fourrage, n°43, (1970), 30p
83. Drogoul, C., Gadoud, R., Marie-Madeline, J., Lisberney, M., Mangeole, L. et Tarrit, A., “Nutrition et alimentation des animaux d’élevage ” tome I, 2^{ème} édition (2004).

84. Jing, Q., Bélanger, G., Qian, B., et Baron, V., "Timothy yield and nutritive value with a three-harvest system under the projected future climate in Canada". *Canadian Journal of Plant Science* 94, (2014), 213-222.
85. Tisserand, J.L., "Présentation des tables de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous produits d'origine Méditerranéenne ". CIHEAM, Série séminaires Méditerranéen 16, (1991), 23-25.
86. Bélanger, G., Castonguay, Y., Bertrand, A., Dhont, C., Rochette, P., Couture, L., Drapeau, R., Mongrain, D., Chalifour, F. P., and Michaud, R., "Winter damage to perennial crops in eastern Canada: causes, mitigation and prediction". *Canadian Journal of Plant Science* 795, (2006). 33-47.
87. Aufrere, J., "Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique " *Ann. Zoot.* 31 (2), (1982),111-130.
88. Demarquilly, C., "La valeur alimentaire des légumineuses (luzerne et trèfle violet) en vert et modification entraînées par les différentes méthodes de conservation " *Revue fourrages*, n° 90, (1982). 181-202.
89. Demarquilly, C. and Jarrige, R., "The composition nutritive value of grass and legumes", *Revue, L'axtodling*, n°28, (1973), 33-48.
90. Bertrand, A., Tremblay, G.F., Pelletier, S., Castonguay, Y., and Bélanger, G., "Yield and nutritive value of timothy as affected by temperature, photoperiod and time of harvest. *Grass For. Sci*, 63, (2008), 421–432.
91. Jeangros, B. et Scehovic, J., "Etude de l'effet de diverses espèces de plantes des prairies permanentes sur l'hydrolyse enzymatique des constituants pariétaux " *Annales de Zootechnie* n° 44, (2001), 87-96.
92. Demarquilly, C. et Andrieu., "Les fourrages, In, «Alimentation des bovins, ovins et caprins", Ed, INRA, Paris, (1988), 315-334.
93. Moule, C., "Phytotechnie spéciale ", *Revue, Fourrage*, n°75, 28-57, (1971).
94. Buxton, D.R., and Fales, S.L., "Plant environment and quality In: G.C. Fahey, Jr., editor, *Forage quality, evaluation, and utilization*". ASA, CSSA, and SSSA, Madison, (1994), 55–199.
95. Moore, K.J., Moser, L.E., Vogel, K.P., Waller, S.S., Johnson, B.E., and J.F. Pedersen, J.F., "Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses". *Agronomy J.* 83, (1991), 1073–1077.
96. Deinum, B., and Diriven, J.G., "Climate nitrophile and grass : Comparaison of production and chemical composition ; *Bracharia ruziziensis* and *Setaria*

- sphacelata growth at différent température”, Neth, J, Agric, Sci, n°24, (1976), 67p.
- 97.** Andrieu, J., “Valeur alimentaire des associations graminées – trèfle blanc et prévision de leur valeur nutritive. ” Revue fourrages n° 95, (1983), 145-160.
 - 98.** Horvaldsson, G., Tremblay, G.F and Kunelius, H.T., “The effects of growth temperature on digestibility and fibre concentration of seven temperate grass species”. Acta Agr. Scand. B - SP Sci,57, (2007), 322–328.
 - 99.** Aerts, J.V. De Brabander, D.L. Cottin, B.G. et Buysse, F.X., “Influence du stade de végétation de l’herbe sur la composition, la digestibilité et la valeur énergétique des produits herbagers conservés ” Revue de l’agriculture N° 5, (1977), p1271.
 - 100.** Demarquilly, C., “La fenaison : évolution de la plante au champ entre la fauche et la récolte. Perte d’eau, métabolisme, modifications de la composition morphologique et chimique”. In, Fourrages secs : récolte- traitement- utilisation, Ed, INRA, Paris, (1987), 23-46.
 - 101.** Norton, M.R., Lelievre, F., Fukai, S., and Volaire, F., “Measurement of summer dormancy in temperate perennial pasture grasses”. Australian Journal of Agricultural Research, 59, (2008), 498-509.
 - 102.** Volaire, F., and Norton, M., “Summer dormancy in perennial temperate grasses”. Annals of Botany, 98, (2006), 927-933.
 - 103.** Barkaoui, K., Birouste, M., Bristie, P., Roumet, C., et Volaire, F., “La diversité fonctionnelle racinaire peut-elle favoriser la résilience des mélanges de graminées méditerranéennes sous sécheresses sévères ?”, J.L. Durand et al. éd., Adaptation des Prairies semées au changement climatique, INRA, Poitiers, (2015),16- 17.
 - 104.** Calanca, P., Deléglise, C., Martin, R., Carrère, P., and Mosimann, E., “testing the ability of a simple grassland model to simulate the seasonal effects of drought on herbage growth”, Field Crops Res, (2016), 12-23.
 - 105.** Gastal, F., Fernandez, L., Louarn, G., Julier, B., Crespo, D., et Godinho, B., “Les mélanges de variétés méditerranéennes/tempérées comme stratégie d’adaptation des espèces fourragères au changement climatique ?”, J.L. Durand et al. éd., Adaptation des Prairies semées au changement climatique, INRA, Poitiers, (2015), 16-17.

106. Tubiello, N., Soussana, J.F., and Howden, S.M., "Crop and pasture response to climate change", *Proc. National Acad. Sciences*, 104 (50), (2007).
107. Tilman, D., Wedin, D., and Knops, J., "Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems", *Nature*, 379, (1997), 718-720.
108. Durand, J.L., Bernard, F., Lardy, R., and Graux, I., "Changement climatique et Prairies: l'essentiel des impacts", Brisson et Levraud éd., *Livre vert du projet Climator. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces*, ADEME et INRA, (2010), 181-190.
109. Béguier, V., et Litrico, I., "Mettre au point des mélanges d'espèces efficaces et stables en prairie semée", J.L. Durand et al. éd., *Adaptation des Prairies semées au changement climatique*, INRA, Poitiers, 16-17 novembre, (2015).
110. Chaves, M.M., and CHAVES M.M. "How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth", *Ann. bot.*, 89, (2002), 907-916.
111. Skinner, R.H., Sanderson, M.A., Tracy, B.F., and Dell, C.J., "Above and belowground productivity and soil carbon dynamics of pasture mixtures", *Agron. J.*, 98, (2006), 320-326.
112. Buxton, D. R., "Quality related characteristics of forages as influenced by plant environmental and agronomic factors". *Animal Feed Science and Technology* 59, (1996), 37-49.
113. Demontard, F.X., Laissus, R., Planquaert, P. et Plantureux, S., "importance et rôle du trèfle blanc dans les prairies permanentes en relation avec les conditions de milieu et les pratiques d'exploitation et de fertilisation azotée " *Revue fourrages*. N° 94,(1983), 87-108.
114. Sanz-Saez, A., Erice, G., Aguirreolea, J., Munoz, F., Sanchez-Diaz, M., and Irigoyen., J. J., "Alfalfa forage digestibility, quality and yield under future climate change scenarios vary with *Sinorhizobium meliloti* strain". *Journal of Plant Physiology* 169, (2012). 780-796.
115. Delaby, L., "Effet de la fertilisation minérale azotée des prairies sur la valeur alimentaire de l'herbe et les performances des vaches laitières au pâturage", *Fourrages*, 164, (2000), 421-436.
116. Delaby, L., Leurent, S., Carbonnier, Y., et Leloup, L., "Au pâturage, des indicateurs pour faciliter les décisions de sortie de parcelles des vaches laitières", *Rencontres Rech. Ruminants*, 18, (2011), p43.

117. Duru, M., Theau, J.P., Hossard, L., Martin, G., et Cruz, P., "Diversité de la composition fonctionnelle de la végétation au sein d'une prairie et entre prairies : caractérisation et analyse dans des élevages herbagers", *Fourrages*, 205, (2011), 61-73.
118. Jean Gros, B., et Scheovic, J., "Prairie permanente en herbage. III. Effet de la fréquence des coupes et de la fertilisation azotée sur la qualité du fourrage", *Revue, Suisse, Agri*, 28(4), (1996), 213-221.
119. Peyraud, J.L., et Delaby, L., "Combiner la gestion optimale du pâturage et les performances des vaches laitières : enjeux et outils", *INRA, Productions Animales*, 18 (4), (2005), 231-240.
120. Baumont, R., Nderkorn, V., et Arrigo Y., "Transformation des plantes au cours de leur conservation et conséquences sur leur valeur pour les ruminants". *Revue fourrage*, n°205, (2011), 35-46.
121. Demarquilly, C., Dulphy, J.P., et Andrieu, JP., "Valeur nutritive et alimentaire des fourrages selon est technique de conservation : foin, ensilage, enrubannage". *Fourrage*, n° 155, (1998), 349-369.
122. Arrigo, Y., "Influence de la conservation du fourrage sur sa digestibilité", (2004), 250-252.
123. Robelin, J., Geay, Y., Coulon, J.B., Verite, R., Micol, D., et Petit, M., "Nutrition des ruminants et complémentation protéique des rations alimentaires". *INRA. 3R- Supplément*, (2000), 21-26.
124. Wolter, R., "Alimentation de la vache laitière". 3^{ème} Ed, France agricole, Paris, (1997), 263p.
125. Adem, R., "Performances zootechniques des élevages bovins laitiers suivis par le circuit des informations zootechniques". In : *Actes des 3èmes journées de recherches sur les productions animales*, (2000), 10-25.
126. Hymoller, L., Alstrup, L., Larsen, M. K., Lund, P., and Weisbjerg, M. R., "High-quality forage can replace concentrate when cows enter the deposition phase without negative consequences for milk production". *Journal of Dairy Science* 97, (2014), 4433-43.
127. Sahraoui, N., "Influence de l'alimentation sur la production laitière. Enquête dans la région de la Mitidja". *Thèse de Magister, Université Saad Dahlab, Blida*, (2002), 145p.

128. Jarrige, R., "Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants : Besoins alimentaires des animaux, valeur nutritive des aliments". INRA. Versailles (1980).
129. Soltner, D., "Alimentation des animaux domestiques. Tome II : la pratique du rationnement des bovins, ovins caprins, porc", 21^{ème} édition, collection sciences et techniques agricoles, (2001), 272p.
130. Sérieys F., "Tarisement des vaches laitières". Edition France agricole, (1997), 61-67.
131. Derby, G., "Lait, nutrition et santé". O.P.U. Paris : tec/doc, (2001), p350.
132. Gadou, R., "Nutrition et alimentation des animaux d'élevage". Collection INRA, tome I, (1992), 427p.
133. Blaux, H., Hertog, G.D., et Koeslag, J., "L'élevage de vaches laitières : plus du lait grâce à une meilleure gestion". série Agrodok, 14, 3^{ème} édition, édition Digigrafi, Wageningen, Pays Bas, (2008).
134. Cuvelier, M., Hornick, J.L., Beckers, Y., Froidmont, E., Knapp, E., Istasse, L., et Dufrasne, I., "L'alimentation de la vache laitière : physiologie et besoins". Livret de l'agriculture, (2015), 150p.
135. INRA., "Nutrition et alimentation des animaux d'élevage", Volume 2. Front Cover Carole Drogoul, Raymond Gadoud. Educagri, (2004), 312p.
136. Wolter, R., "Alimentation de la vache laitière", Ed. France agricole, Paris, (1994), 219p.
137. Belhadi, N., "Effets des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vache en régions montagneuses". Mémoire de magister en agronomie, université de Tizi-Ouzou, (2010), 83p.
138. Wolter, R., et Ponter, A., "Alimentation de la vache laitière: des conseils pratiques pour tous les acteurs de la filière, des clés à maîtriser en anatomie et physiologie". 4^{ème} édition, France Agricoles, Paris, 263, (2012).
139. INRA., "Alimentation des bovins, ovins et caprins", éd. Quae, versailles, France, (2007). 308 p.
140. Araba, A., et Essalhi, M., "Relations entre systèmes de production et qualité du lait de bovins dans la région de Chaouia au Maroc", Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, IAV II Rabat, (2002), 10p.
141. Belhadia, M.A., et Yakhlef, H., "Performances de production laitière et de reproduction des élevages bovins laitiers, en zone semi-aride : les plaines du

- haut Cheliff, Nord de l'Algérie". *Livestock Research for Rural Development* 25 (6), (2013).
- 142.** Bonnier, P., Maas, A., et Rijks, J., "L'élevage des vaches laitières". Deuxième édition. Edition Agrodok, 87p, (2004).
- 143.** Faverdin, P., Delagarde, R., Delaby, L., et Meschy, F., "Alimentation des vaches laitières, Alimentation des bovins ovins et caprins". INRA, (2007), 23-29.
- 144.** Meschy, F., et Guéguen, L., "Alimentation des vaches laitières : Comparaison des recommandations d'apports en minéraux". *INRA Prod. Anim.*, 5 (4), (1992), 283-288.
- 145.** Guéguen, L., Lamand, M., et Meschy, F., "Nutrition minérale In : Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins". Ed. R. Jarrige, INRA, Paris, (1988), 95-111.
- 146.** Dubreuil, L., "L'abreuvement des animaux à l'étable". Ministère d'agriculture des pêcheries et de l'alimentation. Québec, (2003).
- 147.** Meyer, C., et Denis, J.P., "Elevage de la vache laitière en zone tropicale". Cirad-emvt. Collection technique, Montpellier, (1999), 314p.
- 148.** Mullins, C. R., Mamedova, L.K., Brouk, M.J., Moore, C.E., Green, H.B., Perfield, K.L., Smith, J.F., Harner, J.P., and Bradford, B.J., "Effects of monensin on 124 metabolic parameters, feeding behavior, and productivity of transition dairy cows". *J Dairy Sci*, 95, (2012). 1323-1336.
- 149.** Gillund, P., Reksen, O., Grohn, Y.T., and Karlberg, K., "Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows". *J Dairy Sci*. 84, (2001), 1390-1396.
- 150.** Pedron, O., Cheli, F., Senatore, E., Baroli, D., and Rizzi, R., "Effect of Body Condition Score at Calving on Performance, Some Blood Parameters, and Milk Fatty-Acid Composition in Dairy-Cows". *Journal of Dairy Science*, 76, (1993), 2528-2535.
- 151.** Roche, J. R., Friggens, N.C., Kay, J.K., Fisher, M.W., Stafford, K.J and Berry, D.P., "Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare". *J Dairy Sci*, 92, (2009), 5769-5801.
- 152.** Ferguson, J. D., "A review of Body Condition Scoring in Dairy Cows". In *Proc. Texas Animal Nutrition Council*, (2002).

153. Earle, D. F., "A guide to scoring dairy cow condition". Journal of the Department of Agriculture, Victoria,(1976), 228-231.
154. Schulz, K., Frahm, J., Meyer, U., Kersten, S., Reiche, D., Rehage, J., and Danicke, S., "Effects of prepartal body condition score and peripartal energy supply of dairy cows on postpartal lipolysis, energy balance and ketogenesis: an animal model to investigate subclinical ketosis". J Dairy Res, 1, (2014), 1010-1017.
155. McCarthy, S., Berry, D.P., Dillon, P., Rath, M., and Horan, B., "Influence of Holstein Friesian strain and feed system on body weight and body condition score lactation profiles". J Dairy Sci, 90, (2007), 1859-1869.
156. Wright, I. A. and Russel, A.J.F., "Partition of fat, body-composition and body condition score in mature cows". Anim Prod, 38, (1984). 23-32.
157. Ferguson, J. D., Galligan, D.T., and Thomsen, N., "Principal descriptors of body condition score in Holstein cows". J Dairy Sci, 77, (1994), 2695-2703.
158. Hansen, L.B., "Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint". J Dairy Sci, 83, (2000), 1145-1150.
159. Edmonson, A.J., Weaver, L.D., Farver, T., and Webster, G., "A body condition scoring chart for Holstein dairy cows". J Dairy Sci, 72, (1), (1989), 68-78.
160. Kristensen, E., Dueholm, L., Vink, D., Andersen, J.E., Jakobsen, E.B., Illum-Nielsen, S., Petersen, F.A., and Enevoldsen, C., "Within- and across-person uniformity of body condition scoring in Danish Holstein cattle". J Dairy Sci, 89, (2006), 3721-3728.
161. Gallo, L., Carnier, P., Cassandro, M., Mantovani, R., M., Bailoni, L., Contiero, B., and G. Bittante, G., "Change in body condition score of Holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield". J Dairy Sci, 79, (1996), 1009-1015.
162. Domecq, J.J., Skidmore, A.I, Lloyd, J.W., and Kaneene, J.B., "Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows". J Dairy Sci, 80, (1997),101-112.
163. Agabriel, J., Giraud, J.M., Petit, M., Barboiron, C., et Coulaud, G., "Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant". Bulletin technique, Theix, INRA, 66, (1986), 43-50.

164. Bewley, J.M., and Schutz M.M., “An interdisciplinary review of body condition scoring for dairy cattle”. *The Professional Animal Scientist* 24,(2008), 507-529.
165. Hady, P.J., Domecq, J.J., and Kaneene, J.B., “Frequency and precision of body condition scoring in dairy cattle”. *J Dairy Sci*, 77, (1994), 1543-1547.
166. Lim, P.Y., Huxley, J.N., Willshire, J.A., Green, M.J, Othman, A.R., and Kaler, J., “Unravelling the association between lameness and body condition score in dairy cattle using a multistate modelling approach”. *Prev. Vet. Med.*, 118, (2015), 370-377
167. Adas, B., “Fertility and body condition score: Learn how to body condition score”. *Livestock knowledge transfer a DEFRA initiative*. University of Bristol, (2001).
168. Keown-Jeffrey F., “How to Body Condition Score Dairy Animals”. *Historical Materials from University of Nebraska Lincoln Extension*, 459, (2005).
169. Drame, E.D., Hanzen, C., Houtain, J.Y., Laurent, Y., et Fall, A., “Profil de l'état corporel au cours du post partum chez la vache laitière”. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 143, (1999)2, 65-270.
170. Otto, K., Ferguson, J., and Sniffen, C.J., “Relationship between body condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstein dairy cows”. *J Dairy Sci*, 74, (1991), 852-859.
171. Wathes, D.C., Fenwick, M., Cheng, Z., Bourne, N., Liewellyn, S., Morris, D.G., Kenn, D., Murphy, J., and Fitzpatrick, R., “Influence of negative energy on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow”. *Theriogenology*, volume 68, (2007), 232-241
172. Gross, J., Dorland, H.A., Bruckmaier, M., and Schwarz, F.J., “Performance and metabolic profile of dairy cows during a lactational and deliberately induced negative energy balance with subsequent realimentation”. *J Dairy Sci*, 94, (2011), 1820-1830,
173. Butler, W.R., “Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle”. *Animal Reproduction Science*, volumes 60–61, (2000), 449-457.
174. Montiel, F., and Ahuja, C., “Body condition and suckling as factors influencing the duration of post partum anestrus in cattle”: a review. *Animal Reproduction Science*, 85, (2005), 1-26.

175. Ponsart, C., Dubois, P., Charbonnier, G., Leger, T., Freret, S., et Humblot, P., "Evolution de l'état corporel entre 0 et 120 jours de lactation et reproduction des vaches laitières hautes productrices". In: *Journées nationales des GTV*. Nantes, 23 24 25 mai, (2007), 347-356.
176. Rodenburg, J., "Replaces OMAFRA factsheet. Body condition scoring of dairy cattle", (2004), 92-122.
177. Brocard, V., Brunschwig, Ph., Legarto, J., Paccard, P., Rouille, B., Bastien, D., et Leclerc, M.C., "Guide pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier". Ed, Institut d'élevage Bercy, (2010), 261 p.
178. Boujenane, I., "La courbe de lactation des vaches laitières et ses utilisations". *L'Espace Vétérinaire*, 92,(2010), 1-5.
179. Hoden, A., et Coulon, J.B., "Maîtrise de la composition du lait. Influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques". *INRA Prod Anim.*, 4 (5), (1991), 361-367.
180. Agabriel, J., and De La Torre A., "Beef Cows. In: *INRA Feed Unit Systems for ruminants*". (Eds), Wageningen Press, (2017).
181. Faverdin, P., Hoden, A., et Coulon, J.B., "Recommandations alimentaires pour les vaches laitières". *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA.*, 70, (1987),133-152.
182. Contreras, V., Bracamonte, G., Bustamante, L., Medina, V., and Rincón, A., "Milk composition and its relationship with weaning weight in Charolais cattle". *Rev. Brasil. Zootec.*, 44, (2015), 207- 212.
183. Garcia-Launay, F., Garel, J.P., Micol, D., et Agabriel, J., "Alimentation des broutards : ingestion et substitution entre aliments, efficacité d'utilisation de l'énergie". *Renc. Rech. Rum.*, 15, (2008), 263-266.
184. NRC., "Nutrients requirements of beef cattle", 8th Rev. Ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC, (2016), 494p.
185. Jenkins, T.G., Ferrell, C.L., and Roberts, A.J., "Lactation and calf weight traits of mature crossbred cows fed varying daily levels of metabolizable energy". *J. Anim. Sci.*, 78, (2000), 7-14.
186. Leborgne, M.C., and Tanguy, J.M., "Reproduction des animaux d'élevage." Troisième édition. Educagri, Dijon, (2013), 465p.
187. Lefebvre, D., and Baillargeon, J., "Le contrôle laitier pour sauver la planète"? *Le producteur de lait Québécois*,(2015), 18-20.

188. Martin, O., and Sauvant, D., A teleonomic model describing performance (body, milk and intake) during growth and over repeated reproductive cycles throughout the lifespan of dairy cattle". 1. Trajectories of life function priorities and genetic scaling. *Animal*, 4, (2010), 2030-2047.
189. Miller, N., Delbecchi, L., Petitclerc, D., Wagner, G., Talbot, B., and Lacasse, P., 2006. "Effect of stage of lactation and parity on mammary gland cell renewal". *J. Dairy Sci.*, 89, (2006), 4669-4677.
190. Coulon, J.B., et Pérochon, L., Évolution de la production laitière au cours de la lactation : modèle de prédiction chez la vache laitière". *INRA Prod Anim.*, 13, (2000), 349-360.
191. Chilliard, Y., Doreau, M., et Ferlay, A., "Contrôle de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait par l'alimentation des vaches laitières : acides gras trans polyinsaturés, acide linoléique conjugué". *INRA Prod. Anim.*, 14, (2001), 323-335.
192. Diskin, M.G., and Kenny D.A., "Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers". *Animal*, 8,(2014), 27-39.
193. Martinet, J., et Houdebine L.M., "Biologie de la lactation". Ed. INRA-INSERM, (1993). 597p.
194. Elmeddah, Y., Doreau, M., Rouel, J., and Chilliard, Y., Effects of calcium salt supplementation on dairy cow performances in early lactation. Influence of the nature of concentrates". *Ann.Zootech*, 43, (1994), 341-353.
195. Walter S., "Optimiser la préparation de la vache à sa nouvelle lactation". Station fédérale de recherches en production animal, (2001). info@rap.admin.
196. Enjalbert, F., "Alimentation de la vache laitière : Les contraintes nutritionnelles autour du vêlage". *Le point vétérinaire*, n°23, (2003), 40-44.
197. Lefebvre, D., et Cloutier, E., "Nutrition et alimentation : alimentation des vaches taries". Guide bovin laitier, Comité bovin laitier. Feuillet AQ058, (Octobre 1996). 410p.
198. Coulon, J.B., Roybin, D., and Cristofini, B., "Production laitière et fonctionnement des exploitations : facteurs de variation dans les exploitations du pays de Thônes (Haute - Savoie)". *INRA Prod. Anim.*, 3 (4), (1990), 287-298.
199. Nickerson, S.C., Milk production: factors affecting milk production". In *milk quality* Ed. F. Harding blackie academic and professional, 166p, (1995), 3-23.

- 200.** Boujenane, I., "Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA)". Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, B.P :6446-Instituts, Rabat, Maroc. (2003).
- 201.** Froc, J., Gilibert, J., Daliphar, T., et Durand, P., 1988. "Composition et qualité technologique des laits de vaches Normandes et Pie-Noires". INRA Prod. Anim., 1(3), (1988), 171-177.
- 202.** Malossini, F., Bovolenta, S., Piras, C., Dalla, M., and Ventura, R.W., "Effect of diet and breed on milk composition and rennet coagulation properties". Ann. Zootech, 45, (1996), 29-40.
- 203.** Bonaïti, B., "Composition du lait et sélection laitière chez les bovins". Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 59, (1985), 51-61.
- 204.** Rossetti, C., et Jarrige, R., "Études sur les variations de la richesse en constituants azotés des laits de vache relation entre la teneur en protéines et le taux butyreux". Station de recherches sur l'Élevage, C. N. R. Z., Jouy-en-Josas, (1957).
- 205.** Wattiaux, M.A., "Les buts de sélection : reproduction et sélection génétique". (1998) http://babcock.Cals.Wisc.edu/french/de/dairy_research.htm.
- 206.** Belhadi, N., et Amrane, R., "Etude de quelques facteurs de variation de la production et la qualité du lait de vache au niveau de six élevages dans la wilaya de Tizi-Ouzou, Algérie". Le premier séminaire national : le lait et ses dérivés : entre réalité de production et réalités de transformation et de consommation. Université 8 mai 1945 de Guelma, Algérie, 4 et 5 octobre, (2011).
- 207.** Debry, G., "Lait, nutrition et santé". Ed, Lavoisier / tec et doc, (2006), 566p.
- 208.** Craplet, C., et Thibier, M., "In La vache laitière. 2^{ème} édition : Vigot frères, (1973), 720p.
- 209.** Charron G., "Conduite techniques et économique troupeau". Vol. 2, Ed. Lavoisier Paris, 292p, (1988), 29 -31.
- 210.** Wichersham, E.W., et Shultz, L.H., "Influence of age at first breeding on growth, reproduction and production well feed Holstein heifers". J. Dairy Sci, 46, (1963), 544-552.
- 211.** Powell, R.C., "Trend of age at first calving". J. Dairy Sci, 68 (3), (1983), 768-772.

- 212.** Keown, J.F., Everett, R.W., Empet, N.B., and Wadell, A.J. Lactation curves". *J. Dairy Sci*, 69 n°3, (1986), 769-781.
- 213.** Hickman, G.G., Herd level methods for age adjustment of milk yields". *J. Dairy Sci*, 56 n°7, (1973), 947-951.
- 214.** Little, W., Kay, R.M., "The effect of rapid rearing and early calving on the subsequent performance of dairy cows". *Anim. Prod*, 29, (1979), 135-142
- 215.** Chikhoun, M., "Détermination des facteurs de variations de la production laitière en Mitidja à partir de l'étude des courbes de lactation". Thèse. Ing. Agro. NIA, El-harrach, Alger, (1977), 77p.
- 216.** Sepchta, B., D'hour, P., et Agabriel, J., "Production laitière des vaches allaitantes : caractérisation et étude des principaux facteurs de variation". Ed. Dossier, INRA Prod Anim., 30, (2017), 139-152.
- 217.** Cerdotes, L., Restle, J., Alves Filho, D.C., Nörnberg, M.F.B., Nörnberg, J.L., Heck, I., and Silveira M. F., "Production and composition of milk of cows of four genetic groups submitted to two feeding managements during the lactation period". *Rev. Brasil. Zootec.*, 33, (2004), 610-612.
- 218.** Agabriel, J., Coulon, J.B., Marty, G., et Cheneau, N., "Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache. Etude dans les exploitations du Puy de Dôme". *INRA Prod Anim.*, 3, (1990), 137-150.
- 219.** Rémond, B., "Influence du stade de lactation et de l'âge sur la composition chimique du lait. In Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse)". *INRA Prod. Anim.*, 4(3), (1987), 219-228.
- 220.** Schultziiz, M.M., Hansen, L.B., Steuernagel, G.R., and Kuck, A.L., "Variation of milk, fat, protein and somatic cells for dairy cattle". *J. Dairy Sci.*, 73, (1990), 484-493.
- 221.** Srairi, M.T., Benhouda, H., Kuper, M., and Le Gal, P. Y., "Effect of cattle management practices on raw milk quality on farms operating in a two-stage dairy chain". *Trop. Anim. Health. Prod*, 41, (2009), 259–272.
- 222.** Grimard, B., Agabriel, J., Chambon, G., Chanvallon, A., Constant, F., et Chastant, S., "Particularités de la reproduction des vaches allaitantes de races françaises". *INRA Prod. Anim.*, 30 (2), (2017), 125-138.

- 223.** Guerrier, J., Leudet, O., “Résultats du contrôle des performances bovins allaitants”. France, campagne 2013. Institut de l'Élevage, Paris, France, (2014), 107p.
- 224.** Ledos, H., Moureaux, S., Durée de gestation pour les principales races de l'espèce bovine : Moyenne et variabilité”. Institut de l'Élevage, Paris, France, (2013). 44p.
- 225.** Coulon, J.B., Agabriel, C., Bonnefoy, J.C., “Effet de la forme de présentation de l'orge sur la production et la composition du lait de vache”. Ann. Zootech, 44, (1995), 247-253.
- 226.** Chupin D., “Lactation et reproduction”. In : la conduite du troupeau de la réduction, les journées d'information ITEB, UNCEIA, Ed : ITEB, Paris, (1974), 88 -96.
- 227.** Nebel, R.L., and McGilliard, M.L., “Interaction of high milk yield and reproduction performance in dairy cows”. J. Dairy Sci; 76(10), (1993), 3257-3268.
- 228.** Faye, B., Landais, E., Coulon, J.B., et Lescourret, F., “Incidence des troubles sanitaires chez la vache laitière : bilan de 20 années d'observation dans 3 troupeaux expérimentaux”. INRA Prod.Anim., 7(3), (1994), 191-206.
- 229.** LE Roux, Y., “Les mammites chez les vaches laitières”. INPL-UHPINRA. Laboratoire des sciences animales, Paris, (1999).
- 230.** Taylor, V., “Indices de mammite : facteurs combinés justifiant une intervention”. L'avance de programme d'assurance de qualité de lait/MAAARO, (2006).
- 231.** Sérieys, F., Auclair, J., Poutrel, B., “Influence des infections mammaires sur la composition chimique du lait”. In : CEPIL. Le lait matière première de l'industrie laitière. CEPIL – INRA, Paris, (1987), 161-170.
- 232.** Durel, L., Faroult, B., Le Poutre, D., Brouillet, P., et Le Page, P., Mammites des bovins (cliniques et subcliniques) : démarches, diagnostiques et thérapeutiques”. La Dépêche (Supplément technique n° 87) du 20 décembre 2003 au 2 janvier, (2003).
- 233.** Miller, R.H., Emanuelsson, U., Persson, E., Brolund, L., Philipsson, J., and Funke H., Relationships of milk somatic cell counts to daily milk yield and composition”. Acta Agric. Scand., 33, (1983), 209-223.

- 234.** Peyraud, J.-L., Apper, B.E., 2006. "L'acidose latente chez la vache laitière". INRA Prod.Anim., 19 (2), (2006), 79-92.
- 235.** Matallah, S., Bouchelaghem, S., et Matallah, F., "Variations de la composition chimique du lait de vache Holstein dans le nord-est de l'Algérie". Livestock Research for Rural Development 27 (1) (2015).
- 236.** Rehrahe, M., and Andnet, G., "Evaluation of grazing regimes on milk composition of Borana and Boran-Friesian crossbred dairy cattle at Holetta research center, Ethiopia". Livestock Research for Rural Development 19 (12), (2007).
- 237.** Coulon, J.B.et Hoden, R., "Maitrise de la composition chimique du lait, influence des facteurs nutritionnels sur la qualité et les taux de matière grasse et protéique". INRA Prod.Anim, 45(5), (1991), 361-367.
- 238.** Bony, J., Contamin, V., Gousseff, M., Metais, J., Tillard, E., Juanes, X., Decruyenaere, V., and Coulon, J.B., "Factors (Mailmen) of variation of the composition of the milk in Reunion (Meeting)". INRA Prod. Anim, 18 (4), (2005), 255-263.
- 239.** Bocquier, F., et Caja, G., "Production et composition du lait de brebis : effet de l'alimentation". INRA Prod.Anim, 14, (2001), 129-140.
- 240.** Delaby, L., Peyraud, J.L., et Delagarde, R., "Faut-il compléter les vaches laitières au pâturage" ? INRA Prod. Anim., 16 (3), (2003), 183-195.
- 241.** Coulon, J.B., Chilliard, Y., et Rémond, B., "Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse)". INRA Prod, Anim., 4(3), (1991), 219-228.
- 242.** Araba, A., "Conduite alimentaire de la vache laitière. Transfert de technologie en agriculture". Bulletin réalisé à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat. N°136, (2006).
- 243.** Coilliot, J.E., "Possibilité d'enrichissement des aliments en protéines". Bull. Tech.GIV.89-3- TE-081, (1989).
- 244.** Hoden A., "Influence de l'alimentation sur la composition du lait". Bull. Tech. CRZV. Theix, Ed. INRA, (67), (1987), 35-62.
- 245.** Coulon, J.B., D'Hour, P., Albar, E., Jaworek, M., Effet du niveau des apports énergétiques sur les performances de vaches laitières de race Holstein ou Tarentaise". Ann. Zootech, 43, (1994), 344-368.

- 246.** Rémond, B., Journet, M., "Effet de l'alimentation et de la saison sur la composition du lait". In : Le lait, matière première de l'industrie laitière". INRA publication animal, Versailles, (1987), 171-185.
- 247.** Olmos Colmenero, J.J., Broderick, G.A., "Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows". J. Dairy Sci, volume 89 (5), (2006), 1704-1712.
- 248.** Butler, W.R., "Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. Animal Reproduction Science, volume 60-61, (2000), 449-457.
- 249.** Broster W. H., "Response of The dairy cow to level of feeding". Rev. Nat. Inst. Res Dairy, (1974), 14-34.
- 250.** Sutton, J.D., "Altering milk composition by feeding". J. Dairy Sci., 72, (1989), 2801-2814.
- 251.** Schmid, D., et Lanz, S., "Composition de la ration fourragère dans l'élevage de vaches laitières en Suisse". Recherche Agronomique Suisse 4 (4), (2013), 184-191.
- 252.** Stoll, W., "Vaches laitières: l'alimentation influence la composition du lait". RAP Agri, Suisse, n° 15, vol. 9, (2003).
- 253.** Coulon, J.B., Pradel, P., and Verdier, I., "Effect of forage conservation (hay or silage) on chemical composition of milk". Ann. Zootech, (46), (1997), 21-26.
- 254.** Srairi, M.T., Alaoui, H.I., Hamama, A. et Faye, B., "Relation entre pratique d'élevage et qualité globale du lait de vache en étables suburbaine au Maroc". Revues Méd-Vét, 156 (3), (2005), 155-162.
- 255.** Srairi, M.T., Bensalem, M., Bourbouze, A., Elloumi, M., Faye, B., Madani, T. et Yakhlef, H., "Analyse comparée de la dynamique de la production laitière dans les pays du Maghreb". Cahier Agriculture Vol. 16, N°4, (2007), 251-257.
- 256.** Coulon, J.B., Landais, E., et Garel, J.P., "Alimentation, pathologies, reproduction et productivité de la vache laitière : interrelations à l'échelle de la lactation et de la carrière". INRA Prod.Anim., 2(3), (1989), 171-188.
- 257.** Labarre, J.F., "Nutrition et variation du taux de matière grasse du lait de vache". Rev. Méd. Vet., 170, (1994), 381-389.
- 258.** Stoll, W., "Vaches laitières: l'alimentation influence la composition du lait". RAP Agri, Suisse, n°15, vol. 9, (2003).

- 259.** Coulon, J.B., Roybin, D., Congy, E., et Garret, A., "Composition chimique et temps de coagulation du lait de vache : facteurs de variations dans les exploitations du pays de Thônes". INRA Prod, Anim., 1(4), (1988), 253-263.
- 260.** Froidmont, E., Daems, F., Decruyenaere, V., Dehareng, F., Franckson, D., Lefevre, A., Ninane, V., et Romnee, J.M., "Les légumineuses fourragères, un allié de choix pour enrichir le lait en équol et améliorer son profil en acides gras". Fourrages, 230, (2017), 141-146.
- 261.** Jarrige, R., "Etudes sur les variations de la richesse en constituants azotés des laits de vache 1- influence de la mise a l'herbe". Ann. Zootech, (1953), 33-44.
- 262.** Dubeuf, B., Coulon, J.B., Landais, et E., "Mise à l'herbe des vaches laitières en zone de montagne : Descriptions des pratiques et liaison avec les performances laitières". INRA Prod, Anim., 4(5), (1991), 373-381.
- 263.** Hoden, A., Marquis, B., et Delaby, L., "Association de betteraves fourragères à une ration mixte d'ensilages de maïs et de trèfle violet pour vaches laitières". INRA Prod. Anim., 1(3), (1988),165-169.
- 264.** Hoden A., Coulon J.B., Dulphy J.P., "Influence de l'alimentation sur la qualité du lait .Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique". Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 62, (1985), 69-79.
- 265.** Sauvant, D., Chapoutot, P. et Archimedes, H., "Le concept d'indice de fibrosité des aliments des ruminants». INRA Prod. Anim, 3, (1990), 309-318.
- 266.** Grant, R.J., Colenbrander, V.F., et Albright, J.L., "Effect of particle size of forage and rumen cannulation upon chewing activity and laterality in dairy cows". J Dairy Sci., 73, (1990), 3158-3164.
- 267.** Essalhi, M., "Relation entre la pratique d'élevage et la quantité de lait". Mémoire d'ingénieur, Institut Agronomique et Vétérinaire HASSEN II, (2002), 227p.
- 268.** Sauvant, D., "Granulométrie des rations et nutrition des ruminants". INRA Prod.Anim., 13, (2000), 99-108.
- 269.** Rulquin, H., Hurtaud, C., Lemosquet, S., et Peyraud, J.L., "Effet des nutriments énergétiques sur la production et la teneur en matière grasse du lait de vache". INRA Prod. Anim., 20 (2), (2007) 163-176.

- 270.** Meschy, F., Bravo, D., Sauvart, D., “Analyse quantitative des réponses des vaches laitières à l’apport de substances tampon”. *INRA Prod. Anim*, 17 (1), (2004), 11-18.
- 271.** Dupuis, E., Stephan, S., et Boudon, A., “Quantification de l’effet de 5 additifs alimentaires sur la production et la composition de la salive lors de l’ingestion chez des vaches laitières”. *Renc. Rech. Ruminants*, 23, (2016), p 44.
- 272.** Mekroud, H., “Effet de la température sur la production laitière dans la région de Sétif”. Thèse de Magister. Département d’agronomie. Université Farhat Abbas, Sétif, (2011), 104p.
- 273.** Chase, L., “Climate Change Impacts on Dairy Cattle Cornell”: Department of Animal Science, University, (2006), 7p.
- 274.** Bellagi, R., “Etude de l’adaptation de la race Tarentaise aux conditions du stress thermique en Tunisie”. Thèse de doctorat en Nutrition et Sciences des Aliments. Université Clermont Auvergne, (2017).
- 275.** Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, M., and Belyea, R., “The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate”. *Anim. Res*, 51, (2002), 479–491.
- 276.** Ouarfli, L., et Chehma, A., “Effet du régime alimentaire sur les potentialités laitières des bovins en régions sahariennes: cas de la région Ghardaïa (Algérie)”. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét*, 6 (3), (2018), 323-329.
- 277.** Ghozlane, M.K., Temim, S., et Ghozlane F., “Performances zootechniques de la race Holstein en condition aride de Ghardaïa (Algérie)”, *Renc. Rech. Ruminants*, 22, (2015).
- 278.** Dubreuil, L., “Système de ventilation d’été”. Ministère d’agriculture des pêcheries et de l’alimentation. Québec, (2000)., <http://www.agr.gouv.qc.ca>.
- 279.** Ouarfli, L., et Chehma, A., “Impact de la nature du régime, des quantités d’eau bues et des conditions climatiques (température) sur les performances des vaches laitières dans la région de Ghardaïa”. *Revue des Bio Ressources* 4(1), (2014).
- 280.** Benniou, R., et Aubry, C., “Place et rôle de l’élevage dans les systèmes de production agricole en régions semi-arides de l’est de l’Algérie”. *Fourrages*, 198, (2009), 239-251.

- 281.** Ouakli, K., et Yakhlef, Y., "Performances et modalités de production laitière dans la Mitidja". 4ème Journées de Rech. Prod. Anim, Tizi Ouzou, 7-9 Décembre, (2003),161p.
- 282.** Sadak, Y.M., Haj Mbarek, R., and Mighri, L., "Description and variation factors of individual cell counts of milk in of units bovins aboveground (Tunisian Sahel)". *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, vol 8 (1), (2016).
- 283.** Rémond, B., Kérouanton, J., and Brocard, V., "Effets de la réduction de la durée de la période sèche ou de son omission sur les performances des vaches laitière". *INRA Prod. Anim.*, 10 (4), (1997), 301-315.
- 284.** Enjalbert, F., "Relations alimentation-reproduction chez la vache laitière". *Point Vét*, 158 (1994), 77-83.
- 285.** Mouffok, C., et Madani, T., "Effet de la saison de vêlage sur la production laitière de la race Montbéliarde sous conditions semi arides algériennes". *Renc. Rech. Ruminants*, 12, (2005).
- 286.** Veissier, I., Sarignac, C., et Capdeville, J. "Les méthodes d'appréciation du bien-être des animaux d'élevage". *INRA Prod. Anim.*, 12 (2), (1999), 113-121.
- 287.** Langford, F.M., and Stott, A.W., "Culled early or culled late: economic decisions and risks to welfare in dairy cows". *Animal Welfare*, 21, (2012), 41-55.
- 288.** Mounier, L., Marie, M., et Lensink, B.J., "Facteurs déterminants du bien-être des ruminants en élevage". *INRA Prod. Anim.*, 20 (1), (2007), 65-72.
- 289.** Hoden, A., Muller, A. Peyraud, J.L., et Delaby, L., "Pâturage pour vaches laitières. Effets du chargement et de la complémentation en pâturage tournant simplifié". *INRA Prod, Anim.*, 4(3), (1991), 229-239.
- 290.** Madani, T., Mouffof, C. et Frioui, M., "Effet du niveau de concentré dans la ration sur la rentabilité de la production laitière en situation semi-aride algérienne". *Renc. Rech. Ruminant.* (11). (2004), p244.
- 291.** Bouzida, S., Ghozlane, F., Allane, M., Yakhlef, Y., et Abdelguerfi A., "Impact du chargement et de la diversification fourragère sur la production des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie)". *Fourrages*, 204, (2010) 269-275.
- 292.** Bekhouche-Guendouz, N., "Evaluation de la Durabilité des Exploitations Bovines Laitières des Bassins de la Mitidja et d'Annaba". Thèse en cotutelle Présentée en vue d'obtention du grade de : Docteur de l'Institut National

- Polytechnique de Lorraine et Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger Spécialité : Sciences Agronomiques, (2011), 308p.
- 293.** Kaouche, S., Boudina, M., et Ghezali, S., 2011. "Évaluation des contraintes zootechniques de développement de l'élevage bovin laitier en Algérie : cas de la wilaya de Médéa". *Nature & Technologie* n° 06, (2011), 85-92.
- 294.** Lucas, A., Hulin, S., Michel, V., Agabriel, C., Chamba, J. F , Rock, E., et Coulon, J.B., "Relation entre les conditions de production du lait et les teneurs en composés d'intérêt nutritionnel dans le fromage : étude en condition réelles de production", *INRA prod. Anim.*, 19(1), (2006), 15-28.
- 295.** Couvreur, S., et Hurtaud, C., "Le globule gras du lait : sécrétion, composition, fonctions et facteurs de variation". *INRA Prod. Anim.*, 20, (2007) 369-382.
- 296.** Chehat, F., "La filière lait au Maghreb". *Agro Ligne*, Numéro 23, Juillet-Août (2002).
- 297.** Ghozlane, F., Yakhlef, H., Allane, M., et Bouzida, S., "Evaluation de la durabilité des exploitations bovines laitières de la wilaya de Tizi Ouzou (Algérie)". *New Medit*, 4, (2006), 48-52.
- 298.** Hartani, T., "La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie". Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée, Rabat, Maroc. *IAV Hassan II*, (2004), 11 p.
- 299.** Hartani, T. et Raissi, O., "L'irrigation avec l'eau d'un lac dans la Mitidja". Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée, Rabat, Maroc. *IAV Hassan II*, (2004), 10p.
- 300.** ITAFV., *Bulletin d'information climatique*. Institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne, Boufarik, (2016).
- 301.** Vito, A., Eugenio, C., and Antonio, C., "Quantitative and Qualitative Traits of Natural Ecotypes of Perennial Grasses (*Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Phalaris tuberosa* L., *Brachypodium rupestre* (Host) R. et S.)" Collected in Southern Italy. *Genetic resources and crop evolution* 53 (2), (2006), 431-441.
- 302.** A.O.A.C., "Association of Official Analytical Chemists". *Official Methods of analysis*, 12th edition. Washington D.C., USA (1990).
- 303.** Rodenburg, J., "Body condition scoring of dairy cattle". Guelph (Canada): Ontario Ministry of Food and Agriculture Factsheet, (1996).

- 304.** Meslier, E., Férard, A., Crocq, G., Protin, P.V., et Labreuche, J., "Faire face à un déficit fourrager en valorisant des couverts végétaux de bonne valeur nutritive". *Fourrages*, 218, (2014) 181-184.
- 305.** Mahamadou, M.A., Salissou, I., Abdou, D.G., Adama, S., et Germain, J.S., "Estimation des rendements et de la rentabilité économique de production de trois cultures : le sorgho, le niébé et la dolique à Djirataoua (Maradi – République du Niger)". *Journal of Applied Biosciences*, vol 117, (2017).
- 306.** Besnard, A., Duval, R., Hopquin, B., Lieven, J., Morin, P., et Straebler, M., "Un choix d'espèces de plus en plus large. Cultures intermédiaires, impacts et conduite", Edition Arvalis - Institut du végétal, Paris, France, (2011), 236 p.
- 307.** Bouksila, F., Hajlaoui, I., Nasr, H., et Ben Abada, A., "Rendement des variétés d'orge exploitées à double fin sous régime pluvial". *Annales de l'INRGRE*, 20, (2015), 87-100.
- 308.** Boulal, H., et El Mzouri, E., "Impact des technologies d'orge sur l'amélioration de la production et l'intégration cultures-élevage en zone semi-aride Marocaine". In: cantero-Martinez C. Ed. *Mediterranean rainfed agriculture: Strategies for sustainability*. Zaragoza: CIHEAM, (2004), 127-131.
- 309.** McElroy, A.R., et Gervais, P., "Yield and composition of whole-crop spring cereals harvested at five growth stages". *Naturaliste Can*, 110, (1983), 179-184.
- 310.** Gervais, P et St-Pierre, C.A., "Etude sur le rendement et la composition chimique de six cultivars d'avoine en vert". *Can. J. Plant Sci*, 61, (1981), 633-638.
- 311.** Bollaveni, S.K., Raj Vir, S.A., Akhilesh, K.G., and Ravinder, J., "Effect of nitrogen levels and cutting management on green forage yield of fodder oat (*Avena sativa* L.)". *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(5), (2017), 635-637.
- 312.** Arab, H., Haddi, M.L., et Mehennaoui, S., "Evaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des principaux fourrages des zones aride et semi-aride en Algérie". *Science & Technologie C*, n° 30, (2009), 50-58.
- 313.** Meisser, M., Vitra, A., Stévenin, L., Mosimann, E., Mariotte, P., et Buttler, A., "Impacts de la sécheresse sur le fonctionnement des systèmes herbagers". *Recherche Agronomique Suisse* 9(3), (2018), 82–91.
- 314.** Coleman, S.W., and Moore J.E., "Feed quality and animal performance". *Field Crops Res*, 84, (2003), 17- 29.

- 315.** Scehovic, J., Poisson, C., et Gillet, M., “Appétibilité et caractéristiques organoleptiques des graminées. I. Comparaison du ray-grass et de la fétuque élevée”. *Agronomie*, EDP Sciences, 5 (4), (1985), 347-354.
- 316.** Bensalem, M., “Effet du niveau azoté dans la complémentation sur les performances zootechniques des taurillons Frisonne*Holstein engraisés à base de foin d’avoine”. *Renc. Rech. Ruminants*, 15, (2008).
- 317.** Amrane, R., et Gouas, Y., “Composition chimique et dégradabilité de l’azote dans le rumen des foins d’avoine récoltés en Algérie”. *Renc. Rech. Ruminants*, 18 (2011).
- 318.** Farmer, E. R., Tucker, H. A., Dann, H. M., Cotanch, K. W., Mooney, C. S., Lock, A. L., Yagi, K., and Grant, R. J., “Effect of reducing dietary forage in lower starch diets on performance, ruminal characteristics, and nutrient digestibility in lactating Holstein cows”. *Journal of Dairy Science*, 97, (2014), 5742-53.
- 319.** Dumont, B., Andueza, D., Niderkorn, V., Lüscher, A., Porqueddu, C., and Picon-Cochard, C., “A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas”. *Grass and Forage Science* 70, (2015), 239–254.
- 320.** Grant, K., Kreyling, J., Dienstbach, L. F. H., Beierkuhnlein, C., and Jentsch, A., “Water stress due to increased intra-annual precipitation variability reduced forage yield but raised forage quality of a temperate grassland”. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 186, (2014), 11–22.
- 321.** Gilgen, A. K., and Buchmann, N., “Response of temperate grasslands at different altitudes to simulated summer drought differed but scaled with annual precipitation”. *Biogeosciences* 6, (2009), 2525–2539.
- 322.** Enjalbert, F., “Conseil alimentaire et maladies métaboliques en élevage”. *Point Vét*, 27, (1995), 33-38.
- 323.** Domecq, J.I., Skidmore, A.L., Lloyd, J.W., and Kaneene, J.B., “Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows”, *Journal of Dairy Sciences*, 80, (1997), 101-112.
- 324.** Bedere, N., Cutullic, E., Delaby, L., Garcia-Lunay, F., and Disenhaus, C., “Meta-analysis of the relationships between reproduction, milk yield and body condition score in dairy cows”. *Livestock Science*, 210, (2018), 73-84.
- 325.** Lahart, B., Parr, M.H., O’Sullivan, M., Boland, T.M., and Buckley, F., “Effects of feeding strategy on milk production and body condition score of dairy cows

- with differing genetic merit. Sustainable meat and milk production from grasslands". Proceedings of the 27th General Meeting of the European Grassland Federation, Cork, Ireland, 17-21 June, (2018), 464-466.
- 326.** Butler, W.R., "Nutrition, negative energy balance and fertility in the post partum dairy cows". *Cattle practice*, 13 (1), (2015), 13-17.
- 327.** Hady, P.J., Domecq, J.J., and Kaneene, J.B., "Frequency and precision of body condition scoring". *J Dairy Sci*, (1994), 1543-1547.
- 328.** Lensink, J., et Leruste, H., "L'observation du troupeau laitier : voir, interpréter, agir". Ed. France agricole, Paris, (2003), 255p.
- 329.** Singh, A., Singh, S., Gupta, D.K., and Bansal, B.K., "Relationship of lameness to body condition score, udder health and milk quality in crossbred dairy cattle". *Vet. Arhiv*, 88, (2018), 179-190.
- 330.** Heinrichs, A.J., Wells, S.J., Hurd, H.S., Hill, G.W., and Dargatz, D.A., "The national dairy heifer evaluation project a profile of heifer management practices in the United States". *J Dairy Sci*, 77, (1994), 1548-1555.
- 331.** Berry, D.P., Buckley, F., and Dillon, P., "Body condition score and live-weight effects on milk production in Irish Holstein-Friesian dairy cows". *Animal*, 1, (2007), 1351-1359.
- 332.** Sib, O., Bougouma-Yameogo, V.M.C., Blanchard, M., Gonzalez-Garcia, E., et Vall, E., "Production laitière à l'ouest du Burkina Faso dans un contexte d'émergence de laiteries : diversité des pratiques d'élevage et propositions d'amélioration". *Journal of Tropical Livestock Science*, vol 77,n°3, (2017).
- 333.** Broster, W.H., and Broster, V.J., "Body score of dairy cows". *J. Dairy Rec*, 65, (1998), 155-173.
- 334.** Madani, T., "3ème Jour de Rech sur les Prod. Anim, Tizi Ouzou", 13-15 Novembre, (2000), 78 – 84.
- 335.** Debeche, E., "Analyse des facteurs affectant la variabilité des performances de la vache laitière en milieu semi-aride". Thèse de Magister. ENSA, Alger, (2011).
- 336.** Belhadia, M.A., et Yakhlef, H., "Performances de production laitière et de reproduction des élevages bovins laitiers, en zone semi-aride: les plaines du haut Cheliff, Nord de l'Algérie". *Livestock Research for Rural Development* 25 (6), (2013).

- 337.** Senoussi, A., Haïli, L., et Maïz., H.A.B., "Situation de l'élevage bovin laitier dans la région de Guerrara (Sahara Septentrional Algérien)". *Livestock Research for Rural Development*. Volume 22, (2010).
- 338.** Srairi, M.T., Lahyani, A., Lyoubi, R., et Faye, B., "Effets des pratiques d'élevage sur la rentabilité d'étables laitières suburbaines : exemples à partir du Maroc". *Renc. Rech. Ruminants*, 10, (2003), p243.
- 339.** Ghozlane, F., Yakhlef, H., et Yaici, S., "Performances de reproduction et de production laitière des bovins laitiers en Algérie". *Annales de l'institut national agronomique, El Harrach*, 24 (1), (2003), 55-68.
- 340.** Perreau, J.M., "Conduire son troupeau de vaches laitières". Editions France Agricole, Paris, (2014), 403p.
- 341.** Raboisson, D., et Schelcher, F., "Critères diagnostiques des maladies métaboliques". *Le Point vétérinaire*, Vol 40, (2009), 109-115.
- 342.** Roca-Fernandez, A.I., "Animal factors condition milk performance and quality of grazing dairy cows". *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 4(1), (2014), 1-20.
- 343.** Heuer, C., Van Straalen, W.M., Schukken, Y.H., Dirkwager, A., and Noordhuizen, J.P.T.M., "Prediction of energy balance in a high yielding dairy herd in early lactation: model development and precision". *Livestock Pro. Sci*, 65, (2000), 91-105.
- 344.** Pougheon, S., et Goursand, J., "Le lait et ses constituants : caractéristiques physico-chimique". In Debry, G., : *Lait, nutrition et santé. Technique et documentation*. Paris, (2001) 4-42.
- 345.** Vierling, E., "Aliments et besoins". Ed Edian, Paris, (2002), 322p.
- 346.** Lederer, J., "Encyclopédie moderne de l'hygiène alimentaire. Ed Nauwelaerts, Paris, (1986), 320p.
- 347.** Stoll, W., "Alimentation de la vache laitière et composition du lait". *Station fédérale de recherche en production animale*, n°15, vol9, (2002), p19.
- 348.** De Vries, M.J., and Veerkamp, R.F., "Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility". *J. Dairy Sci.*, 83, (2000), 62-69.
- 349.** Dessauge, F., Lollivier, V., Ponchon, B., Bruckmaier, R., Finot, L., Wiart, S., Disenhaus, C., Barbey, S., and Boutinaud, M., "Effects of nutrient restriction on

- mammary cell turnover and mammary gland remodeling in lactating dairy cows". *J. Dairy Sci.*, 94, (2011), 4623-4635.
- 350.** Heck, J.M.L., Van Valenberg, H.J.F., Dijkstra, J., and Van Hooijdonk, A.C.M., "Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition". *J. Dairy Sci.*, 92, (2009), 4745-4755.
- 351.** INRA., "Le lait matière première de l'industrie laitière". INRA-CEPIL, Paris, (1987).
- 352.** Legarto, J., Gelé, M., Ferlay, A., Hurtaud, C., Lagriffoul, G., Palhière, I., Peyraud, J.L., Rouillé, B., et Brunschwig, P., "Effets des conduites d'élevage sur la production de lait, les taux butyreux et protéique et la composition en acides gras du lait de vache, chèvre et brebis évaluée par spectrométrie dans le moyen infrarouge". *INRA Prod. Anim.*, 27 (4), (2014), 269-282.
- 353.** Bassbasi, M., Hirri, A., et Oussama, A., "Caractérisation physico chimique du lait cru dans la région de Tadla-Kelaa au Maroc: Application de l'analyse exploratoire". *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 2 (4), (2013), 512-517.
- 354.** Mansour, L.M., "Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait : Effet de l'alimentation". Thèse de Doctorat en Sciences, (2015), 123p.
- 355.** Grieve D.G., Korver, S., Rijpkema, Y.S., and Hof, G., "Relationship between milk composition and some nutritional parameters in early lactation". *Livestock Pro. Sci.*, 14, (1986), 239-254.
- 356.** Reist, M., Erdin, D., Von Euk, D., Tschuemperlin, K., Leuenberge, H., Chilliard, Y., Hammon, H.M., Morel, C., Philipona, C., Zbinden, Y., Kuenzi, Y., and Blum, J.W., "Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows". *J. Dairy Sci.*, 85, (2002), 3314-3327.
- 357.** Ennuyer, M., et Laumonier, G., "Vade-mecum de gestion de l'élevage bovin laitier". Editions Med'com, Paris, (2013), 478p.
- 358.** Ranaraja, U., Cho, K., Park, M., Kim, S., Lee, S., and Do, C., "Genetic parameter estimation for milk β -hydroxybutyrate and acetone in early lactation and its association with fat to protein ratio and energy balance in Korean Holstein cattle". *Asian-Australasian J Anim Sci.*, 31(6), (2018), 798–803.
- 359.** Grandl, F., Zeitz, J.O., Clauss, M., Furger, M., Kreuzer, M., and Schwarm, A., "Evidence for increasing digestive and metabolic efficiency of energy

- utilization with age of dairy cattle as determined in two feeding regimes". *Animal*, 12 (3), (2018), 515–527.
- 360.** Coulon, J.B., and Rémond, B., "Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow". *Livestock Prod. Sci*, 29, (1991), 31-47.
- 361.** Buttchereit, N., Stamer, E., Junge, W., and Thaller, G., "Evaluation of five lactation curve models fitted for fat: protein ratio of milk and daily energy balance". *J. Dairy Sci*, 93, (2010), 1702-1712.
- 362.** Toni, F., Vincenti, L., Grigoletto, L., Ricci, A., and Schukken, Y.H., "Early lactation ratio of fat and protein percentage in milk is associated with health, milk production, and survival". *J. Dairy Sci*, 94, (2011), 1772-1783.
- 363.** Quist, MA., Le Blanc, S.J., Hand, K.J., Lazenby, D., Miglior, F., and Kelton, D.F., "Milking-to-Milking variability for milking yield, fat and protein percentage, and somatic cell count". *J. Dairy. Sci*, 91, (2008), 3412-3423.
- 364.** Friggens, N.C., Ridder, C., and Lovendahl, P., "On the Use of Milk Composition Measures to predict the Energy Balance of Dairy Cows". *J. Dairy Sci*, 90, (2007), 5453-5467.
- 365.** Walsh, R.B., Kelton, D.F., Duffield, T.F., Leslie, K.E., Walton, J.S., and Le Blanc, S.J., "Prevalence and risk factors postpartum anovulatory condition in dairy cows". *J. Dairy Sci*, 90, (2007), 315-324.
- 366.** Stone, W.C., "Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle." *J. Dairy Sci*, 87, (2004), 13-26.
- 367.** Lorenz, I., "Subacute ruminal acidosis". *Merck Veterinary Manual*, May, (2015),10-13.
- 368.** Kooman, H.M.A., "Subacute ruminal acidosis and the relationship with the detection of ruminal acidosis in milk based on milk-fat content, other milk production parameters and nutritional aspects in dairy cows". Master thesis, Department of Farm Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University, The Netherlands, (2018).
- 369.** DeVries, T. J., Beauchemin, K. A., Dohme, F., and Schwartzkopf-Genswein, K. S., "Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: feeding, ruminating, and lying behavior". *J. Dairy Sci*, 92, (2009), 5067-78.

- 370.** Farmer, E. R., Tucker, H. A., Dann, H. M., Cotanch, K. W., Mooney, C. S., Lock, A. L., Yagi, K., and Grant, R. J., "Effect of reducing dietary forage in lower starch diets on performance, ruminal characteristics, and nutrient digestibility in lactating Holstein cows". *J. Dairy Sci*, 97, (2014), "5742-53.
- 371.** Hymoller, L., Alstrup, L., Larsen, M. K., Lund, P., and Weisbjerg, M. R., "High-quality forage can replace concentrate when cows enter the deposition phase without negative consequences for milk production". *J. Dairy Sci*, 97, (2014), 4433-43.
- 372.** Charbonneau, E., Moreno Padro, J. M., Pellerin, D., Bélanger, G., Côté, H., Bélanger, V., Parent, D., Allard, G., Audet, R., et Chaumont, D., "Première évaluation de l'impact potentiel des changements climatiques sur la durabilité technicoéconomique et agroenvironnementale des fermes laitières au Québec". Ouranos inc. Montréal, Canada, (2013), 62p.
- 373.** Delaby, L., Peyraud, J.L., "Valoriser les fourrages de l'exploitation pour produire du lait". *Fourrages* 198, (2009),191-210.
- 374.** Nielsen, N.I., Friggens, N.C., Chagunda, M.G.G., and Ingvarlsen, K.L., "Predicting risk of ketosis in dairy cows using in-line measurements of beta-hydroxybutyrate: A biological model". *J. Dairy Sci*, 88, (2005), 2441-2453.
- 375.** Rodriguez-Jimenez, S., Haerr, J., Trevisi, E., Loor, J.J., Cardoso, C., and Osorio, J.S., "Prepartal standing behavior as a parameter for early detection of postpartal subclinical ketosis associated with inflammation and liver function biomarkers in peripartal dairy cows". *J Dairy Sci*,101, (2018), 8224-8235.
- 376.** Vince, S., Đuričić, D., Valpotić, H., Gračner, D., Folnožić, I., Špoljarić, B., Sobiech, P., and Samardžija, M., "Risk factors and prevalence of subclinical ketosis in dairy cows in Croatia". *Vet. Arhiv* 87 (1), (2017), 13-24.
- 377.** Penner, G.B., "Effects of Low Feed Intake on Gastrointestinal Function". *J. Anim Sci*, 96, (2018), p217.
- 378.** Duffield, T., "Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. Veterinary clinics of North America". *Food Animal Practice*, 16, (2002), 31-253.
- 379.** Jarrige, R., Grenet, E., Démarquilly, C., et Besle, J.M., "Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères". In : Jarrige R et al., (eds), *Nutrition des ruminants domestiques- ingestion et digestion*. 25-81. Editions INRA, Paris, (1995).

- 380.** Merdjane, L., et Yakhlef, H., “Le déficit fourrager en zone semi-aride : une contrainte récurrente au développement durable de l'élevage des ruminants”. *Revue Agriculture*, 1, (2016), 43 – 51.
- 381.** Chakroun, M., Mezni M.Y., Cunningham, P., and Graves W., “Genetic resources collection of perennial pasture grasses in Tunisia”. *Options Méditerranéennes*, 12, (1995), 49-51.
- 382.** Lelièvre, F., Chapon, P., et Volaire F., “Croissance racinaire et survie à la sécheresse chez les types de *Dactylis glomerata* L. non dormant en été”. *Options Méditerranéennes*, 62, (2004), 99-102.
- 383.** De Boeck, H.J., Lemmens, C., Bossuyt, H., Malchair, S., and Carnol, M., “How do climate warming and plant species richness affect water use in experimental grasslands”? *Plant and Soil*, 288, (2006), 249–261.
- 384.** Mohgene, K., “Comportement agronomique et valeur fourragère de quelques populations de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb)”. Thèse de Magister, INA El-Harrach, (2000), 164p.
- 385.** Jarrige R. “Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages”. Ed. INRA, (1988), 471p.
- 386.** Chebouti, A., Abdelguerfi, A., et Mefti M., “Effet du stress hydrique sur le rendement en gousses et en graines chez trois espèces de luzernes annuelles : *Medicago aculeata*, *Medicago arbicularis* et *Medicago truncatula*”. *Options Méditerranéennes, Série A*, 45, (2000), 163-166.
- 387.** Chibani, C., Chabaca, R., et Boulberhane, D., “Fourrages algériens. 1. Composition chimique et modèles de prédiction de la valeur énergétique et azotée”. *Livestock Research for Rural Development*, 22 (8), (2010).
- 388.** Zirmi-Zembri, N., et Kadi, S.A., “Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1- Les fourrages naturels herbacés”. *Livestock Research for Rural Development*, 28 (8), (2016).
- 389.** Hofer, D., Suter, M., Buchmann, N. and Luscher, A., “Nitrogen status of functionally different forage species explains resistance to severe drought and post-drought overcompensation”. *Agriculture Ecosystems & Environment* 236, (2017), 312–322.

- 390.** Lemaire, G., et Denoix, A., “Croissance estivale en matière sèche de peuplements de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.) dans l’Ouest de la France. II. Interaction entre les niveaux d’alimentation hydrique et de nutrition azotée”. *Agronomie*, 7, (1987), 381–390.
- 391.** Stampfli, A., and Zeiter, M., “Plant regeneration directs changes in grassland composition after extreme drought: a 13-year study in southern Switzerland”. *Journal of Ecology*, 92, (2004), 568–576.
- 392.** Gonzalez-Dugo, V., Durand, J.L., and Gastal, F., “Water deficit and nitrogen nutrition of crops”. A review. *Agronomy for sustainable Development* 30, (2010), 529–544.
- 393.** Errecart, P., Agnusdei, M. G., Lattanzi, F., Marino, M. A., and Berone, G. D., “Critical Nitrogen Concentration Declines with Soil Water Availability in Tall Fescue”. *Crop Science* 54, (2014), 318–330.
- 394.** Daccord, R., et Arrigo Y., “Teneurs en constituants pariétaux”. *Revue Suisse d’Agriculture*, 33(2), (2001), 73-80.
- 395.** Duru, M., et Gibon, A., “Prévoir la valeur nutritive des foins et des regains dans les Pyrénées centrales. Principaux facteurs de variation de la composition chimique”, *Revue Fourrage*, 114, (1988), 143-165.
- 396.** Thorvaldsson, G., Tremblay, G. F., and Tapani Kunelius, H., “The effects of growth temperature on digestibility and fibre concentration of seven temperate grass species”. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, 57, (2007), 322-328.
- 397.** Wheeler, T., and Reynolds, C., “Predicting the risks from climate change to forage and crop production for animal feed.” *Animal Frontiers*, 3, (2012), 36-41.
- 398.** Mousset, C., *Le Dactyle. Amélioration des espèces végétales cultivées*. Ed. INRA. Paris, (1992), 285-298.
- 399.** Tenikecier, H.S., and Ates, E., “Chemical Composition of Six Grass Species (*Poaceae* sp.) from Protected Forest Range in Northern Bulgaria”. *Asian J. Applied Sci*, 11 (2), (2018), 71-75.
- 400.** Gursoy, E., and Macit, M., “Determination of mineral contents of some legume and cereal forages grown as naturally in pastures of Erzurum province”. *Alinteri Zirai Bilimleri Dergisi*, 32, (2017), 1-9.

- 401.** Juknevičius, S. and Sabiene, N., “The content of mineral elements in some grasses and legumes”. *Ekologija*, 53, (2007), 44-52.
- 402.** Drapeau, R., Belanger, G., Tremblay, G.F., et Michaud, R., “Rendement et valeur nutritive de la fétuque élevée cultivée en régions à faibles degrés-jours de croissance”. *Can. J. Plant Sci*, 85, (2005), 369-376.
- 403.** Forbes, J.C et Gelman, A.L., “Copper and other minerals in herbage species and varieties on copper-deficient soils”. *Grass and Forage Sci*, 36, (1981), 25-30.
- 404.** Belnap, J., Biological phosphorus cycling in dryland regions”. In: *Phosphorus in Action* (Eds. E.K. Bünenmann, A. Oberson & E. Frossard). Springer, Berlin, Germany, (2011), 371–406.
- 405.** Brookes, P.C., Powlson, D.S., and Jenkinson D.S., “Measurement of microbial biomass phosphorus in soil”. *Soil Biology and Biochemistry* 14, (1982), 319–329.
- 406.** Dijkstra, F.A., He, M., Johansen, M.P., Harrison, J.J., and Keitel, C., “Plant and microbial uptake of nitrogen and phosphorus affected by drought using ¹⁵N and ³²P tracers”. *Soil Biology & Biochemistry* 82, (2015), 135–142.
- 407.** Jeangros, B., et Sinaj, S., “Besoins en phosphore et en potassium d’une prairie de fauche du Jura riche en fétuque rouge”. *Recherche Agronomique Suisse* 9 (6), (2018), 192–199.
- 408.** Daccord, R., Wyss, U., Kessler, J., Arrigo, Y., Rouel, M., Lehmann, J., Jeangros, B., and Meisser, M., “Valeur nutritive des fourrages. Dans Apports alimentaires recommandés pour les ruminants”. Ed Agroscope, Posieux, (2017).
- 409.** Flisch, R., Neuweiler, R., Kuster, T., Oberholzer, H., Huguenin-Elie, O., and Richner, W., “Caractéristiques et analyses du sol. In: Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse”. *Recherche Agronomique Suisse* 8 (6), (2017), 2-33.
- 410.** Jouany, C., Bélanger, G., Jeangros, B., Morel, C., Sinaj, S., Stroia, C., and Ziadi, N., “Evaluation of phosphorus nutrition index as a tool for p nutrition diagnosis in permanent grassland”. In: *7th International Phosphorus Workshop*, (2013).
- 411.** Sinaj, S., et Richner, W., “Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse”. *Recherche Agronomique Suisse* 8 (6), (2017), p276.

412. Liebisch, F., Bünemann, E. K., Huguenin-Elie, O., Jeangros, B., Frossard, E., and Oberson, A., "Plant phosphorus nutrition indicators evaluated in agricultural grasslands managed at different intensities". *Eur. J. Agron*, 44, (2013), 67–77.
413. Djaouchi, S., "Etude du comportement de quelques populations de féтуque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) et du dactyle pelotonné (*Dactylis glomerata* L.) cultivées en Mitidja". Thèse Ing. INA. El Harrach. (2005), 54p.
414. Abouzakhem, A., "Etude de la croissance de quelques espèces de graminées pérennes méditerranéennes françaises (production fourragère et facteurs écologiques)", Thèse Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, France, (1975), 166p.
415. Volaire, F., "Agronomical evaluation of local populations of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.)". *Agrocultura Mediterranea*, 121, (1991), 263-271.
416. Kørup, K., Lærke, P.E., Baadsgaard, H., Andersen, M.N., Kristensen, K., Munnich, C., Didion, T., Steen Jensen, E., Martensson, L.M., and Jørgensen, U., "Biomass production and water use efficiency in perennial grasses during and after drought stress". *GCB Bioenergy*, 10, (2018), 12-27.
417. Mwendia, S.W., Yunusa, I.A.M., Whalley, R.D.B., Sindel, B.M., Kenney, D., and Kariuki, I.W., "Use of plant water relations to assess forage quality and growth for two cultivars of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) subjected to different levels of water supply and temperature regimes". *Crop and Pasture Science*, 64, (2013), 1008–1019.
418. Martensson, L.M., Carlsson, G., Prade, T., Kørup, K., Lærke, P.E., and Jensen, E.S., "Water use efficiency and shoot biomass production under water limitation is negatively correlated to ^{13}C discrimination in the C_3 grasses *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* and *Phalaris arundinacea*". *Plant Physiology and Biochemistry*, 113, (2017), 1–5.
419. Manevski, K., Lærke, P.E., Jiao, X., Santhorne, S., and Jørgensen, U., "Biomass productivity and radiation utilisation in innovative cropping systems for biorefinery". *Agricultural and Forest Meteorology*, 233, (2017), 250–264.
420. Hamadache, A., "Effet de la date d'interruption du premier cycle sur la production de deux variétés de féтуque élevée". *Revue céréaliculture*, 19, (1989), 28-31.

- 421.** Chafai, S., "Evaluation de la variabilité chez quelques populations locales de féтуque, dactyle et de quatre variétés de sulla en Mitidja". Thèse Ing, INA. EL Harrach, (2006), 56p.
- 422.** Mousset, C., Volaire, F., et Ghesquiere, M., "Caractérisation des populations Corses de Dactyle. Etude de l'adaptation en zone méditerranéenne". Revue Fourrage, 130, (1992), 191-209.
- 423.** Duru, M., "Croissance hivernale et printanière de prairies permanentes pâturées en montagne. Ecophysiologie du Dactyle". Revue Agronomie 7 (1), (1987), 41-50.
- 424.** Harris, C.A, Clark, S.G, Reed, K.F.M, Nie, Z.N, and Smith, K.F., "Novel *Festuca arundinacea* Shreb. and *Dactylis glomerata* L. germplasm to improve adaptation for marginal environments". Australian Journal of Experimental Agriculture, 48, (2008), 436–448.
- 425.** Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S.M.A., "Plant drought stress: effects, mechanisms and management". Agronomy for Sustainable Development, 29, (2009), 185–212.
- 426.** Hofer, D., Suter, M., Haughey, E., Finn, J.A., Hoekstra, N.J., Buchmann, N., and Luscher, A., Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought". Journal of Applied Ecology, 53, (2016), 1023–1034.
- 427.** Emerson, R., Hoover, A., and Ray, A., "Drought effects on composition and yield for corn stover, mixed grasses, and *Miscanthus* as bioenergy feedstocks". Biofuels, 5, (2014), 275–291.
- 428.** Scheovic, J., Poisson, C., et Gillet, M., "Appétibilité et caractéristiques organoleptiques des graminées. I. Comparaison du ray gras et de la féтуque élevée". Revue Agronomie 5(4), (1985), 347-354.
- 429.** Faverdin, P., M'hamed, D., Rico-Gómez, M., et Vérité, R., "La nutrition azotée influence l'ingestion chez la vache laitière". INRA Prod. Anim, 16 (1), (2003), 27-37.
- 430.** Allen, S.M., Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle". J. Dairy Sci., 83, (2000), 1598-1624.
- 431.** Rico-Gomez, M., et Faverdin, P., "La nutrition protéique modifie l'ingestion des vaches laitières : analyse bibliographique". Renc. Rech. Ruminants, 8, (2001), 285-288.

- 432.** M'Hamed, D., "Le rôle de l'ingestion protéique dans la régulation de l'ingestion des vaches laitières". Thèse de docteur de l'ENSAR, Rennes, (2001), 91 p.
- 433.** Jarrige, R., Ruckebusch, Y., Demarquilly, C., Farce, M., et Journet M., "Nutrition des ruminants domestiques. Ingestion et digestion". INRA. Paris, (1995), p 30.
- 434.** Fustini, M., Palmonari, A., Canestrari, G., Bonfante, E., Mammi, L., Pacchioli, M. T., Sniffen, G. C. J., Grant, R. J., Cotanch, K. W., and Formigoni, A., "Effect of undigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: Feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance". *J. Dairy Sci*, 100, (2017), 4475-83.
- 435.** Smith, W. A., Ishida, K., Darrah, J. W., Dann, H. M., Ballard, C. S., Miller, M. D., and Grant, R. J., "Effects of dietary undigested and physically effective neutral detergent fiber on dry matter intake, milk yield and composition, and chewing behavior of lactating dairy cows". *J. Dairy Sci*, 101, (Suppl. 2), (2018a).
- 436.** Bencherchali, M., "Valorisation des espèces fourragères spontanées de la region centre de l'Algérie dans l'alimentation des animaux". Thèse de Doctorat Science, Departement des biotechnologies, Blida, (2018), 235p.
- 437.** Emile, J.C., et Traineau, R., "Valeur alimentaire comparée de cultures pures et d'associations graminée-grande légumineuse". *Fourrages*, 126, (1991), 239-253.
- 438.** Scehovic, J., "Prévision de la digestibilité de la matière organique et de la qualité de matière sèche volontairement ingérée des graminées, sur la base de leur composition chimique". *Fourrages* 79, (1979), 57–79.
- 439.** Naydenova, Y., and Vasileva, V., "Analysis of Forage Quality of Grass Mixtures – Perennial Grasses with Subterranean Clover". *J. basic appl. Res*, 2(4), (2016), 534-540.
- 440.** Lee, M.A., "A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments". *Journal of Plant Research*, 131, (2018), 641-654.
- 441.** Ray, D.K., Gerber, J.S., MacDonald, G.K., and West, P.C., "Climate variation explains a third of global crop yield variability". *Nat Commun*, 6, (2015), 5989.

- 442.** Grant, K., Kreyling, J., and Dienstbach, L.F.H., "Water stress due to increased intra-annual precipitation variability reduced forage yield but raised forage quality of a temperate grassland". *Agric Ecosyst Environ*, 186, (2014), 11-22.
- 443.** Gardarin, A., Garnier, E., and Carrere, P., "Plant trait-digestibility relationships across management and climate gradients in permanent grasslands". *J Appl Ecol* 51, (2014), 1207-1217.
- 444.** Vasileva, V., Naydenova, Y., and Stoycheva, I., "Nutritive value of forage biomass from sainfoin mixtures". *Saudi Journal of Biological Sciences*, (in press), (2018).
- 445.** Lee, M.A., Davis, A.P., Chagunda, M.G.G., and Manning, P., "Forage quality declines with rising temperatures, with implications for livestock production and methane emissions". *Biogeosciences* 14, (2017), 1403-1417.
- 446.** Humphreys, M.O., "Genetic improvement of forage crops-past, present, and future". *J Agric Sci* 143, (2005), 441-448.
- 447.** Demarquilly, C., Andrieu, J. et Weiss, PH., "L'ingestibilité des fourrages verts et des foin et sa variation " In C.Demarquilly. *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévision de la valeur alimentaire des fourrages* (1981), 155-167.
- 448.** Nozières, S.M., Dulphy, J.P., Peyraud, J.L., Pooncet, C. et Baumont, R., " La valeur azotée des fourrages. Nouvelles estimations de la dégradabilité des protéines dans le rumen et de la digestibilité réelle des protéines alimentaires dans l'intestin grêle : conséquences sur les valeurs PDI ", *productions animales*, 20, (2007), 109-118.
- 449.** Le Goffe, P., Verite, R. et Peyraud, J.L., " Influence de l'espèce et de la saison sur la dégradabilité de l'azote des fourrages verts dans le rumen " *Ann. Zootech.* 42 (1993a), 3-15.
- 450.** Kipling, R. P., Bannink, A., Bellocchi, G., Dalgaard, T., Fox, N. J., Hutchings, N. J., Kjeldsen, C., Lacetera, N., Sinabell, F., Topp, C. F. E., van Oijen, M., Virkajärvi, P., and Scollan, N. D., "Modeling European ruminant production systems: Facing the challenges of climate change". *Agric.Syst*, 147, (2016), 24–37.
- 451.** Graux, A. I., Gaurut, M., Agabriel, J., Baumont, R., Delagarde, R., Delaby, L., and Soussana, J. F., "Development of the pasture simulation model for

- assessing livestock production under climate change". *Agric. Ecosyst. Environ.*, 144, (2011) 69–91.
- 452.** Kering, M. K., Guretzky, J., Funderburg, E., and Mosali, J., "Effect of nitrogen fertilizer rate and harvest season on forage yield, quality, and macronutrient concentrations in midland Bermuda grass", *Soil Sci. Plant Anal.*, 42, (2011), 1958-1971.
- 453.** Gardarin, A., Garnier, E., Carrere, P., Cruz, P., Andueza, D., Bonis, A., Colace, M., Dumont, B., Duru, M., Farruggia, A., Gaucherand, S., Grigulis, K., Kernies, E., Lavorel, S., Louault, F., Loucougaray, G., Mesleard, F., Yavercovski, N., and Kazakou, E., "Plant trait-digestibility relationships across management and climate gradients in permanent grasslands", *J. Appl. Ecol.*, 51, (2014), 1207–1217.
- 454.** Weller, R. F. and Cooper, A., "Seasonal changes in the crude protein concentration of mixed swards of white clover/perennial ryegrass grown without fertilizer N in an organic farming system in the United Kingdom", *Grass Forage Sci.*, 56, (2001), 92–95.
- 455.** Hoover, D. L., Knapp, A. K., and Smith, M. D., "Resistance and resilience of a grassland ecosystem to climate extremes", *Ecology*, 95, (2014), 2646–2656.