

**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 D'ESPÈCES DE LÉGUMINEUSES D'INTÉRÊT  
FOURRAGER DANS LA ZONE DE MITIDJA**

Par

**Karima HADJ OMAR**

Devant le jury composé de :

M. LAFRI	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
B. KHIATI	Maitre de conférences A	U. Tiaret	Examineur

**Mai, 2019**

## REMERCIEMENTS

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

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à Monsieur Kaidi Rachid, Professeur à l'Université de Blida1, qui m'a encadré tout au long de cette thèse avec beaucoup de patience et de dévouement. Qu'il soit aussi remercié pour sa gentillesse, sa disponibilité permanente et pour les nombreux encouragements qu'il m'a prodigué.

Toute ma reconnaissance et mes remerciements à mon co-encadreur, Professeur Abdelguerfi Aissa , pour tous ses efforts afin de mener à bien ce travail et pour l'engouement aux légumineuses qu'il m'a transmis, qu'il trouve ici mes sentiments de gratitude.

Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont à l'encontre de Professeur Lafri Mohamed, pour l'honneur qu'il me fait d'être président du jury pour l'évaluation de ce travail.

Mes vifs remerciements vont également au Professeur Djamel Khelef de l'ENV Alger, Docteur Mefti Hakima de l'Université de Blida1 et Dr Baghdad Khiati de l'Université de Tiaret de m'avoir fait l'honneur d'accepter bien aimablement, d'examiner et de juger ce travail.

Je n'oublierais pas de remercier Professeur Djazouli Zahreddine de L'Université Blida 1, son aide précieuse dans les calculs statistiques m'ont ouvert les yeux sur de nouvelles façons de voir les résultats, merci mon frère à toi et ta famille mes hommages respectueux.

Je ne pourrais pas oublier tous les responsables et le personnel de l'Institut technique des élevages de BABA ALI (ITELV), Mme Boulberhane Chef de département ruminants pour sa convivialité , Mme Diaf Responsable du laboratoire d'analyse pour son aide précieuse, Mr Ameer de la station des ruminants et son personnel , ingénieurs et vétérinaires, je n'oublierais pas les ouvriers qui ont été très serviables. Je vous remercie infiniment.

Mes plus vifs remerciements vont à mes amies et collègues, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de cette thèse.

## DÉDICACES

A la mémoire de mon père, ce grand homme parti si jeune qui espérait voir venir ce jour, je prie Dieu chaque jour pour que tu sois accueilli dans son vaste Paradis.

A ma mère, en témoignage de reconnaissance plein d'humilité et d'amour, une maman au grand cœur qui ne dit jamais non, que Dieu te donne la santé et te garde pour nous Inchallah.

Mustapha, mon cher époux, pour ton soutien quotidien indéfectible et ton enthousiasme contagieux à l'égard de la recherche, comme de la vie en général. Notre couple grandi en même temps que notre avancée scientifique, le premier servant de socle à l'épanouissement de la deuxième. Je te dédie ce travail, sans ton aide et tes encouragements je n'y serais pas arrivé. Mustapha merci de tout cœur.

Mes enfants, prunelles de mes yeux et cadeaux du bon Dieu, Wafaa, et Mahmoud, toujours derrière moi, me soutenant jusqu'à la dernière minute de l'élaboration de cette thèse, puissiez-vous réussir dans votre vie et que tous vos vœux soient exhaussés. Merci d'avoir supporté une maman parfois grincheuse et dépassée.

A mes frères, Mounir, Nadjib et Yacine, leurs femmes et leurs enfants. Je n'oublierais pas ma sœur Zahra, merci pour ces mots qui dans des moments de doute m'ont éclairé. Zouzou, merci à toi aussi.

A ma belle-famille, les Nabi, grands et petits, vos encouragements, votre aide m'ont été précieux, je vous dédie ce travail.

Je vous aime tous.

*KARIMA HADJ OMAR*

# TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ

المخلص

ABSTRACT

REMERCIEMENTS

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION

## PREMIÈRE PARTIE : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### 1. SITUATION DE L'ÉLEVAGE ET DES CULTURES FOURRAGÈRES EN ALGÉRIE

- 1.1. Aperçu sur l'élevage en Algérie .....25
- 1.1.1. Répartition des effectifs par espèces .....25
- 1.2. Ressources et productions fourragères en Algérie.....28

### 2. CLASSIFICATION BOTANIQUE ET INTÉRÊT DES LÉGUMINEUSES

- 2.1. Présentation et classification botanique des légumineuses.....31
- 2.2. Intérêt des légumineuses .....32
- 2.2.1. Intérêt zootechnique et économique.....33
- 2.2.2. Intérêt agronomique .....34
- 2.2.3. Intérêt dans la lutte contre l'érosion..... 35
- 2.2.4. Intérêt dans le maintien et l'enrichissement de la biodiversité ..... 36
- 2.3. Intérêt des associations légumineuses-graminées.....37
- 2.4. Etude de la luzerne .....41
- 2.4.1. Classification botanique .....41
- 2.4.2. Description de l'espèce ..... 42
- 2.4.3. Origine et distribution .....43
- 2.4.4. Exigence de la culture .....43
- 2.4.4.1. Exigences climatiques.....43
- 2.4.4.2. Exigences hydriques .....44

2.4.4.3. Exigences pédologiques .....	44
2.4.4.4. Exigences en oligo-éléments .....	45
2.4.5. La culture de luzerne en Algérie.....	45

### 3. VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES

3.1. Notion de valeur alimentaire.....	47
3.2. Facteurs de variations de la valeur alimentaire .....	47
3.2.1. La famille botanique et l'espèce .....	48
3.2.2. Le stade de végétation .....	50
3.2.3. Les facteurs du milieu .....	53
3.2.4. Les conditions de récolte et de conservation .....	54
3.3. Valeur alimentaire de la luzerne et utilisation nutritionnelle .....	56
3.4. Intégration de la luzerne dans les rations pour vaches laitières.....	59

### 4. ALIMENTATION ET FERTILITÉ DE LA VACHE LAITIÈRE

4.1. Quelques éléments de physiologie de la reproduction .....	60
chez la vache laitière	
4.1.1. Le cycle sexuel de la vache.....	60
4.1.1.1. Les évènements ovariens .....	60
4.1.1.2. Les évènements hormonaux.....	62
4.1.2. Paramètres de reproduction chez la vache laitière.....	64
4.1.3. Paramètres de fécondité .....	65
4.1.3.1. Age du premier vêlage .....	65
4.1.3.2. L'intervalle vêlage – première insémination .....	65
4.1.3.3. L'intervalle vêlage – Insémination fécondante .....	66
4.1.3.4. L'intervalle vêlage – vêlage.....	66
4.1.4. Critères de mesure de la fertilité.....	67
4.1.4.1. Le taux de réussite à la 1ère insémination « conception rate » ou .....	67
« fertility rate »	
4.1.4.2. Le pourcentage de vaches avec 3 I.A (ou Saillies) et plus.....	68
4.1.4.3. L'index d'insémination ou indice coïtal .....	68
4.1.4.4. Détection des chaleurs .....	68
4.1.4.5. Diagnostic de gestation.....	70
4.1.4.6. L'ancœstrus .....	70

4.1.4.7. Infertilité avec retour en chaleur régulier ( repeat breeding).....	71
4.2. Besoins nutritifs de la vache laitière .....	73
Introduction .....	73
4.2.1. Les besoins nutritifs de la vache laitière.....	73
4.2.1.1. Les besoins d’entretien .....	73
4.2.1.2. Besoins de croissance et de reconstitution des réserves corporelles ...	74
4.2.1.3. Les besoins de gestation .....	75
4.2.2. Alimentation des vaches laitières au cours de la lactation.....	75
4.2.2.1. Début de la lactation .....	76
4.2.2.2. Milieu de la lactation.....	77
4.2.2.3. Fin de la lactation .....	78
4.2.3. Le tarissement.....	79
4.2.4. Abreuvement.....	80
4.3. La balance énergétique et la reproduction chez la vache laitière .....	80
4.3.1. Influence du déficit énergétique sur les performances de reproduction ....	81
4.3.1.1. Déficit énergétique chez la génisse.....	83
4.3.1.2. Déficit énergétique pendant la lactation .....	83
4.3.1.3. Déficit énergétique au tarissement.....	84
4.3.2. Influence de l’alimentation azotée sur les paramètres de reproduction .....	86
de la vache laitière	
4.3.2.1. Répercussion d’une carence alimentaire azotée sur la reproduction ....	86
4.3.2.2. Excès d’azote en début de lactation.....	87
4.3.2.3. Toxicité des composés azotés .....	88
4.3.2.3.1. L’ammoniac.....	88
4.3.2.3.2. Urée .....	88
4.3.2.4. Effet sur les hormones ovariennes.....	88
4.3.3. Influence des minéraux, vitamines, oligoéléments sur la.....	88
fonction de reproduction de la vache laitière	
4.3.3.1. Minéraux majeurs.....	88
4.3.3.2. Minéraux mineurs.....	90
4.3.3.3. Les vitamines .....	91
4.4. Evaluation de l’état d’embonpoint : un critère d’estimation des .....	94
réserves corporelles	
4.4.1. L’intérêt de la notation de l’état d’embonpoint .....	94

4.4.2. Méthode de détermination et de l'état d'embonpoint.....	96
4.4.3. Moment de détermination de l'état d'embonpoint.....	96
4.4.4. L'état d'embonpoint au tarissement .....	98
4.4.5. L'état d'embonpoint et la reproduction .....	98
4.4.6. L'état d'embonpoint et la cyclicité .....	99
4.4.7. L'état d'embonpoint et la gestion de l'alimentation .....	100

## DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

5. EFFET DE L'ALIMENTATION SUR QUELQUES PARAMÈTRES DE FERTILITÉ DES VACHES LAITIÈRES DANS LA MITIDJA	
Introduction .....	103
5.1. Objectif .....	104
5.2. Présentation de la région d'étude.....	104
5.2.1. Caractéristiques climatiques.....	105
5.2.2. Température.....	106
5.2.3. Pluviométrie .....	106
5.3. Matériel et méthodes.....	107
5.3.1. Matériel animal .....	107
5.3.2. Matériel végétal .....	108
5.3.3. Mesures réalisées .....	109
5.3.3.1. Evaluation de la composition chimique des fourrages de l'ITELV.....	109
5.3.3.1.1. Techniques de récolte des échantillons pour analyse.....	109
5.3.3.1.2. Analyses chimiques .....	110
5.3.3.1.2.1. Teneurs en matière sèche (MS).....	110
5.3.3.1.2.2. Teneurs en matière minérale (MM) .....	110
5.3.3.1.2.3. Teneurs en matière organique (MO) .....	110
5.3.3.1.2.4. Teneurs en cellulose brute (CB).....	111
5.3.3.1.2.5 Teneurs en matières azoté totale (MAT) .....	111
5.3.3.2. Mesure des performances zootechniques.....	111
5.3.3.2.1. Notation de l'état corporel .....	111
5.3.3.2.2. Evaluation des performances de reproduction.....	112
5.3.4. Analyses des données .....	113
5.4. Résultats et discussion.....	113

5.4.1. Les paramètres de fertilité.....	113
5.4.1.1. Taux de réussite en première insémination et index d'insémination .....	113
5.4.2. Les paramètres de Fécondité.....	114
5.4.2.1. Intervalle vêlage-1ere insémination (V-IA1) .....	114
5.4.2.2. Intervalle vêlage-insémination fécondante (V- I1F) .....	116
5.4.2.3. Intervalle vêlage-vêlage .....	118
5.4.3. Alimentation et Note d'état corporel et aux différents moments.....	120
de la reproduction	
5.4.3.1. Note d'état corporel au tarissement .....	123
5.4.3.2. Note d'état corporel au moment du vêlage .....	126
5.4.3.3. Note d'état corporel à la mise à la reproduction .....	128
5.4.3.4. Répartition des vêlages selon la saison .....	130
5.5. Conclusion .....	131
6. VALEUR NUTRITIVE ET RENDEMENT DE PLUSIEURS VARIÉTÉS DE LUZERNE PÉRÈNNES CULTIVÉES EN IRRIGUÉ ET EN SEC DANS LA ZONE DE MITIDJA	
Introduction.....	133
6.1. Matériel et méthodes.....	134
6.1.1. Matériel végétal .....	134
6.1.2. Conditions expérimentales.....	137
6.1.2.1. Localisation.....	137
6.1.2.2. Conditions climatiques de la campagne d'étude .....	138
6.1.2.3. Caractéristiques du sol.....	139
6.1.3. Gestion de l'essai .....	140
6.1.3.1. Travail du sol.....	140
6.1.3.2. Le semi .....	141
6.1.3.3. Le désherbage .....	141
6.1.3.4. Contrôle des ravageurs .....	141
6.1.4. Irrigation .....	142
6.1.5. La fauche.....	143
6.1.6. Le dispositif expérimental .....	143
6.2. Rendements .....	143
6.3. Analyses chimiques.....	144
6.4. Calculs.....	144

6.4.1. Calculs de la valeur nutritive.....	144
6.4.1.1. Valeurs énergétiques en unité fourragère lait (UFL) et unité fourragère viande (UFV).....	144
6.4.1.2. Valeurs azotés en protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA), en protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (PDIN et en <del>proté</del> protéines digestibles dans l'intestin grâce à énergie disponible (PDIE).....	147
6.4.2. Calculs statistiques.....	149
6.5. RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	150
6.5.1. Essai Luzerne irriguée.....	150
6.5.1.1. Teneurs en Matières sèches.....	152
6.5.1.2. Teneurs en Matières minérales .....	152
6.5.1.3. Teneurs en matière organique .....	153
6.5.1.4. Teneurs en cellulose brute.....	154
6.5.1.5. Teneurs en matières azotées totales .....	154
6.5.1.6. Rendement en vert.....	155
6.5.1.7. Rendement en sec.....	155
6.5.2. Essai Luzerne en sec « pluvial » .....	156
6.5.2.1. Teneurs en Matières sèches.....	157
6.5.2.2. Teneurs en matières organiques .....	158
6.5.2.3. Teneurs en cellulose brute.....	158
6.5.2.4. Teneur en matières azotées totales .....	158
6.5.2.5. Rendements en vert.....	158
6.5.2.6. Rendement en sec.....	159
6.6. Tendances de la composition chimique et du rendement des variétés étudiées dans une optique intra variétale en irrigué et en sec.....	159
6.7. Valeur nutritive et digestibilité des variétés de luzerne étudiées menées « en irrigué » .....	164
6.7.1. Valeurs énergétiques UFL et UFV.....	165
6.7.2. Valeurs azotées en g de PDIN et g de PDIE par Kg de matière sèche .....	165
6.7.3. Digestibilité de la Matière organique .....	166
6.8. Valeurs énergétiques et azotées des variétés de luzerne étudiées « essai en sec » .....	167

6.8.1. Valeurs énergétiques UFL et UFV.....	168
6.8.2. Valeurs azotées en g de PDIN par Kg de matière sèche .....	168
6.8.3. Valeurs azotées en g de PDIE par Kg de matière sèche.....	169
6.8.4. Digestibilité de la MO .....	169
6.9. Effet du stress hydrique sur la valeur nutritive de la luzerne .....	170
6.9.1. Comparaison des valeurs énergétiques UFL et UFV, .....	170
de l'essai en sec et en irrigué	
6.9.2. Comparaison des valeurs Azotées PDIN PDIE des deux essais .....	171
6.9.3. Comparaison de la digestibilité de la MO des deux essais.....	171
Conclusion .....	172
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES.....	174
APPENDICES .....	178
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	188

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1. Evolution des effectifs du cheptel de 2005-2014.....	27
(nombres de têtes)	
Tableau 1.2. Situation fourragère en Algérie (2010-2015) .....	29
Tableau 2.1. : Production des principales associations graminée légumineuse ...	38
et des cultures pures (t MS/ha ; entre parenthèse : dose d'azote en kg N/ha/an).	
Tableau 2.2 : Associations utilisées en Pologne selon les conditions du milieu....	39
Tableau 2.3 : Rythmes d'exploitation et pérennité observés en Pologne pour.....	40
les grandes légumineuses, pures ou en association	
Tableau 2.4 : Variation des teneurs en matières azotées de trois légumineuses ....	40
et trois graminées.	
Tableau 2.5 : Composition chimique et digestibilité de quelques associations .....	41
Tableau 2.6 : Valeur énergétique de la luzerne en fonction du stade .....	46
et du cycle de développement	
Tableau 3.1 : Pourcentage de feuilles (légumineuses) et de limbes (graminées) . des plantes fourragères à différents stades de croissance .....	48
Tableau 3.2 : Variations des teneurs en matières azotées, en cellulose brute et . en constituants pariétaux de trois légumineuses et trois graminées (en % MS).....	49
Tableau 3.3 : Variation de la teneur en matières azotées, en cellulose brute des feuilles et des tiges de luzerne et des limbes et des tiges plus gaines de graminées.....	51
Tableau 3.4 : Changements journaliers moyens sur le plan de la valeur .....	52
alimentaire des produits herbacés en stade de croissance	
Tableau 3.5: Evolution de la digestibilité en fonction du stade de développement	52
Tableau 3.6 : Pertes mécaniques chez la luzerne et le trèfle blanc .....	55

Tableau 3.7 : Variation de la composition chimique de la luzerne en fonction Du mode de conservation.	56
Tableau 3.8 : Rendement en protéines de la luzerne comparé à deux autres espèces fourragères.	57
Tableau 3.9 : Composition en minéraux de la luzerne.....	57
Tableau 4.1 : Durée des différentes phases du cycle sexuel de la vache et situation de l'ovulation par rapport à l'œstrus	60
Tableau 4.2 : Objectifs standards pour la reproduction des vaches laitières	65
Tableau 4.3 : Besoins d'entretien de la vache laitière (étable entravée) en fonction de son poids vif	74
Tableau 4.4 : Besoins de gestation pour une vache de 600Kg	75
Tableau 4.5 : Influence de l'excès d'azote alimentaire sur les paramètres de reproduction des vaches laitières.	87
Tableau 4.6 : Troubles de la reproduction de la vache laitière en fonction des déséquilibres minéraux et vitaminiques	92
Tableau 4.7: Principaux critères d'appréciation de l'état corporel des vaches laitières Prim'Holstein	95
Tableau 4.8 : Ajustement du score de la base de la queue selon le score de la région lombaire	96
Tableau 5.1 : Températures moyennes mensuelle (°C) de l'année 2014.....	106
Tableau 5.2 : Répartition mensuelle moyenne des précipitations..... en mm de l'année 2014	107
Tableau 5.3 : Calendrier fourrager pour l'année d'expérimentation	109
Tableau 5.4 : formule de calcul des paramètres de fertilité et les objectifs à atteindre.	112
Tableau 5.5 : Les critères de fécondité et les objectifs prévus.....	112
Tableau 5.6 : Paramètres de fertilité des vaches laitières de l'ITELV	113
Tableau 5.7 : Répartition de l'intervalle vêlage –1 <sup>ère</sup> insémination	114

Tableau 5.8 : Répartition de l'intervalle vêlage –insémination fécondante .....	116
Tableau 5.9 : Répartition des Intervalles vêlage-vêlage.....	118
Tableau 5.10 : Disponibilité fourragère annuelle de l'ITELV .....	121
Tableau 5.11 : Résultats note d'état corporel durant les trois moments..... du cycle de reproduction	123
Tableau 5.12 : note d'état corporel au tarissement .....	123
Tableau 5.13 : Répartition note d'état corporel au moment du vêlage .....	126
Tableau 5.14 : Répartition note d'état corporel à la mise à la reproduction .....	128
Tableau 5.15 : Répartition des vêlages selon la saison .....	130
Tableau 6.1 : Conditions climatiques de la campagne culturale .....	138
Tableau 6.2 : Caractéristiques physico-chimiques essentielles de la ..... parcelle d'El Harrach	139
Tableau 6.3. : Les quantités d'eau apportée et le nombre d'irrigations ..... pour chaque essai durant les 2 campagnes	142
Tableau 6.4 : Composition chimique et rendements des variétés de luzerne ..... étudiées menées en irrigué	151
Tableau 6.5. : Composition chimique et rendements des variétés de ..... légumineuses étudiées menées en sec	157
Tableau 6.6. : Valeurs nutritives des variétés de luzerne « essai irriguée ».....	164
Tableau 6.7. : Valeurs nutritives des variétés de luzerne « essai en sec » .....	167

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Répartition des effectifs par espèce .....	25
Figure 2.1 : Morphologie de la luzerne ( <i>Medicago sativa</i> L).....	42
Figure 4.1 : Chronologie du développement folliculaire.....	61
Figure 4.2 : Diagramme ovarien représentant les étapes du développement folliculaire vers l'ovulation et le corps jaune ou l'atrésie .....	62
Figure 4.3 : Régulation neuro-endocrinienne de la vache lors de son cycle sexuel .....	63
Figure 4.4 : Cycle reproducteur annuel théorique chez la vache laitière .....	64
Figure 4.5_ : Evolution de l'intervalle entre vêlages successifs des trois Principales races françaises .....	67
Figure 4.6 : Evolution du taux de réussite en 1 <sup>ère</sup> insémination en .....	67
race Prime Holstein	
Figure 4.7 : Production laitière potentielle des vaches multipares.....	76
Figure 4.8 : Graphique représentant la différence entre l'énergie requise .....	81
pour la production de lait et l'énergie provenant de l'alimentation	
Figure 4.9 : Effet du déficit énergétique sur la reprise de l'activité ovarienne .....	83
chez la vache laitière	
Figure 4.10 : Relation entre note d'état corporel au vêlage et paramètres.....	86
de reproduction chez la vache laitière	
Figure 4.11 : Grille de profil de note d'état corporel et représentation des.....	97
valeurs idéales pour une vache laitière multipare	
Figure 4.12 : Evolution de l'état corporel moyen au cours du <i>postpartum</i> .....	101
chez les vaches laitières.	
Figure 5.1 : Image par satellite de la station bovine de L' ITELV .....	105
Figure 5.2_ : Répartition de l'intervalle vêlage- 1 <sup>ère</sup> insémination.....	115
Figure 5.3 _ : répartition de l'intervalle vêlage –insémination fécondante .....	117

Figure 5.4_ : Répartition Intervalle vèlage-vèlage .....	119
Figure 5.5 : Note d'état corporel au tarissement .....	124
Figure 5.6 : Répartition note d'état corporel au moment du vèlage.....	127
Figure 5.7 : Note d'état corporel à la mise à la reproduction .....	128
Figure 5.8_ : Répartition des vèlages selon la saison de vèlage .....	130
Figure 6.1 : Diagramme ombrothermique de GUASSEN de la station..... expérimentale de l'ENSA	138
Figure 6.2 : Projection des valeurs de la composition chimique..... et du rendement des différentes variétés de Luzerne irriguée sur les deux axes de l'ACP	160
Figure 6.3 : Projection des valeurs de la composition chimique..... et du rendement des 16 variétés de Luzerne menée en sec sur les deux axes de l'ACP	161
Figure 6. 4 : Valeurs UFL et UFV en irrigué et en sec.....	170
Figure 6.5 : Valeurs PDIN et PDIE en sec et en irrigué.....	171
Figure 6.6 : Comparaison de la dMO entre « essai en irrigué » et « essai en sec »	172

## RÉSUMÉ

Malgré sa grande surface et ses grandes potentialités, l'Algérie n'a donné que peu d'intérêt aux cultures fourragères qui pourtant, seraient une solution adéquate pour le développement de la production animale.

Un déficit fourrager existe réellement, il est urgent d'y remédier par la relance de nouvelles variétés adaptées à nos conditions pédoclimatiques pour couvrir les besoins des animaux d'élevage durant toute l'année.

Les légumineuses fourragères sont réputées pour leur importance dans l'alimentation du bétail, et surtout l'enrichissement du sol en azote grâce au processus de fixation symbiotique via leur association avec les rhizobiums

En Algérie, on constate une dégradation de la fertilité des vaches laitières. Les conséquences de celle-ci se répercutent sur les paramètres de la reproduction qui s'éloignent ainsi des objectifs standard définis pour une gestion efficace de la reproduction. L'alimentation est un facteur primordial suspecté d'être responsable de l'infertilité dans nos élevages.

**Dans un premier travail**, au niveau de l'Institut Technique d'élevage de Baba Ali : l'enquête et le suivi de l'alimentation pendant une année et plus spécialement en péripartum, ont montré que les mesures de la note d'état corporel varient entre 2.55 et 2.71 avec 82.87% de vaches ayant un IVV supérieur à 500j avec un taux de réussite en 1<sup>ère</sup> IA de 46.66%. On est loin des normes préconisées.

La ration distribuée est la même pour toutes les vaches sans tenir compte des stades physiologiques, la moyenne de la note d'état corporel est stationnaire pour l'ensemble des vaches, ce qui se répercute sur les performances de production et de reproduction. Les vaches se trouvant en déficit énergétiques autour du part, n'expriment pas pleinement leurs potentialités de production et de reproduction.

**Dans un deuxième travail**, la composition chimique et la valeur nutritive de 16 variétés de luzerne nouvellement introduites en Algérie, ont été déterminés lors

de deux essais l'un en irrigué et l'autre en sec. Les méthodes d'analyses sont celles de l'AOAC et les rendements ont été déterminés par pesée de la biomasse. La valeur nutritive a été calculée à partir des équations de prévision de l'INRA.

Les variétés qui ont donné le meilleur rendement en vert sont Mamuntanas (14,41t/ha), Ameristand (13.51t/ha), Coussouls (12.90), ABT (10.85), avec une teneur en MAT comparable et très intéressante supérieure à 19%.

La composition chimique, la valeur azotée et énergétique dans les deux essais sont comparables quant aux rendements en vert ils sont nettement inférieurs dans l'essai en sec.

L'essai a montré la capacité des variétés introduites à produire en quantité et en qualité, surtout quand l'eau n'est pas un facteur limitant.

**Mots clés :** Alimentation, valeur nutritive, luzerne pérenne, fertilité, vache laitière

## ABSTRACT

Despite its large surface area and great potential, Algeria has given little interest in forage crops, which, however, would be an adequate solution for the development of animal production.

A fodder deficit really exists, it is urgent to remedy it by the revival of new varieties adapted to our pedoclimatic conditions to cover the needs of farm animals throughout the year.

Fodder legumes are renowned for their importance in livestock feed, and especially soil enrichment with nitrogen through the process of symbiotic fixation through their association with rhizobia.

In Algeria, there is deterioration in the fertility of dairy cows. The consequences of this have repercussions on the reproductive parameters which are thus removed from the standard objectives defined for an effective management of the reproduction. The food is a primordial factor suspected to be responsible for the infertility in our breeding.

In a first work, at the level of the Technical Institute of Baba Ali breeding: the investigation and monitoring of feeding for a year and especially in peripartum, showed that the measurements of the body condition score vary between 2,55 and 2,71 with 82,87% of cows having an IVV greater than 500 days with 46,66% in 1<sup>st</sup> AI. We are far from the norms recommended.

In the distributed ration is the same for all cows regardless of the physiological stages, the average of the body condition score is stationary for all cows, which affects the production and reproduction performances, cows in energy deficit in the period of peripartum, do not fully express their potentialities.

In a second work: The chemical composition and the nutritional value of 16 varieties of alfalfa newly introduced in Algeria, were determined in two trials, one in irrigated and the other in dry. The methods of analysis are those of AOAC and the yields were determined by weighing the biomass. The nutritional value was calculated from the INRA forecast equations.

The varieties that gave the best yield in green are Mamuntanas (14.41t / ha), Ameristand (13.51t / ha), Coussouls (12.90), ABT (10.85), with a comparable and very interesting MAT content greater than 19 %.

The chemical composition, the nitrogen and energy value in the two tests are comparable as for the green yields, they are much lower in the dry test. The trial showed the ability of introduced varieties to produce in quantity and quality, especially when water is not a limiting factor.

**Key words:** Food, nutritional value, perennial alfalfa, fertility, dairy cow, BCS

## ملخص

على الرغم من مساحتها وإمكاناتها الكبيرة ، لم يولى إنتاج العلف إهتماماً كبيراً مع أنه يمكن ان يكون حلاً مناسباً لتطوير الإنتاج الحيواني..

يوجد بالفعل عجز في العلف ، ومن الضروري معالجته بإحياء أصناف جديدة تتكيف مع ظروفنا المناخية لتغطية احتياجات حيوانات المزرعة طوال العام يزوبيا.

تشتهر البقوليات العلفية بقيمتها الغذائية الكبيرة في تغذية المواشي ، وخاصة إثراء التربة بالنيتروجين من خلال عملية تكافلية من خلال ارتباطها مع الريزوبيا .

في الجزائر، هناك تدهور في خصوبة الأبقار الحلوب. مما يؤثر على المعايير الإنجابية التي ابتعدت عن الأهداف القياسية المحددة للإدارة الفعالة للتكاثر. الغذاء عامل أساسي يشتهر في كونه مسؤولاً عن العقم عند الأبقار.

في أول عمل ، على مستوى المعهد التقني لتربية الحيوانات لبابا على ، أظهر فحص ومراقبة التغذية لمدة عام ، وخاصة في الفترة المحيطة بالولادة ، أن قياسات درجة حالة الجسم تختلف بين 2،55 و 2،71 مع 82،87% من الأبقار ذات IVV أكبر من 500 يوم مع 46،66 % في AI. نحن نعيدون عن القواعد الموصى بها.

الحصة الغذائية الموزعة هي نفسها بالنسبة لجميع الأبقار بغض النظر عن المراحل الفزيولوجية ، فإن BCS الجسم يكون ثابتاً لجميع الأبقار ، مما يؤثر على أداء الإنتاج والتكاثر ، الأبقار في عجز في الطاقة في فترة ما قبل و بعد الولادة ، ولا تعبر بشكل كامل عن إمكاناتها.

في العمل الثاني: تم تحديد التركيب الكيميائي والقيمة الغذائية لـ 16 نوعاً من الفصصة التي تم إدخالها حديثاً في الجزائر في تجربتين ، واحدة مسقية والأخرى في ظروف جافة. طرق التحليل هي تلك الخاصة بـ **AOAC** وتم تحديد العائد من خلال وزن الكتلة الحيوية. تم حساب القيمة الغذائية من معادلات التنبؤ **INRA**.

الأصناف التي قدمت أفضل مردود المادة الخضراء هي Mamuntanas ، Coussouls Ameristand. ، ABT ، بانتاج 10.90- 12.90 – 13.51- 14.4 طن في الهكتار على التوالي مع محتوى المكونات الأزوتية و قيمة غذائية مقارنة ومثيرة للاهتمام . إن التركيب الكيميائي وقيمة النيتروجين والطاقة في الاختبارين قابلة للمقارنة بالنسبة للغلة الخضراء ، فهي أقل بكثير في الاختبار الجاف. أظهرت التجربة قدرة الأصناف المدخلة على الإنتاج من حيث الكمية والنوعية، خاصة عندما لا يكون الماء عاملاً محدداً.

**الكلمات المفتاحية:** الغذاء ، القيمة الغذائية ، البرسيم الدائم ، الخصوبة ، بقرة الحليب

# **INTRODUCTION**

En Algérie, l'alimentation constitue le principal facteur limitant de la production animale [1]. Toute erreur, a des répercussions économiques, tant sur le coût des rations que sur la valeur commerciale des produits animaux, dans la mesure où la qualité de ces produits et les performances réalisées sont moindres [2].

L'Algérie est caractérisée par une grande diversité de microclimats et de milieux. Les variations de la température, de l'altitude, de la pluviosité, des types de sols ont permis une grande diversité biologique et l'installation d'espèces ayant certainement des adaptations bien particulières [3].

Abdelguerfi [4], [5] expliquent que l'essentiel de l'alimentation du cheptel est obtenue à partir des ressources fourragères spontanées et naturelles. Considérée comme une source importante de protéines, le choix des légumineuses fourragères est fondamental ce qui rend leur valeur nutritive supérieure à celle des graminées [6] ; [7].

Les vastes espaces fourragers et pastoraux de l'Algérie du nord se caractérisent par leur faible potentiel productif et surtout par la régression continue de la diversité des ressources végétales [8].

Les données sur les ressources pastorales des écosystèmes de l'Algérie du nord, indispensables à l'élaboration d'un plan d'aménagement, sont fragmentaires et souvent absentes [9].

La dégradation des parcours et maquis, la désertification, l'extension des zones céréalières, sont des facteurs qui lèsent la production animale en Algérie. Les besoins de notre cheptel ovin et bovin ne sont nullement satisfaits notamment en ce qui concerne les fourrages susceptibles d'apporter les quantités nécessaires de matières azotées [10].

Les ressources alimentaires disponibles n'arrivent pas à satisfaire les besoins croissants du cheptel. Ceci a engendré une forte pression sur les pâturages et à leur dégradations [11].

Les moyens de mettre en œuvre pour pallier ce déficit fourrager chronique sont sans doute dans l'introduction des légumineuses fourragères et pastorales dans les systèmes de production [12].

Les légumineuses fourragères sont réputées pour leur importance dans l'alimentation du bétail, et surtout l'enrichissement du sol en azote grâce au processus de fixation symbiotique via leur association avec les rhizobiums [13].

En Algérie comme pour certains autres pays, on constate une dégradation de la fertilité des vaches laitières. Les conséquences de celle-ci se répercutent sur les paramètres de la reproduction qui s'éloignent ainsi des objectifs standard définis pour une gestion efficace de la reproduction. L'alimentation est un facteur primordial suspecté d'être responsable de l'infertilité dans nos élevages [14].

L'impact de la nutrition et ses effets sur la reproduction et la lactation est reconnu depuis très longtemps. Les animaux en mauvaise condition, ou perdant du poids, ont généralement des performances reproductives décevantes [15]. La qualité de la nutrition est un facteur clé de tout système d'élevage de ruminants qui se veut efficace [16].

Une bonne reproduction est l'un des aspects les plus critiques de la rentabilité d'un élevage. C'est une clé importante du succès de la ferme laitière, dont l'objectif est de faire produire par la vache un veau par an pour bénéficier d'une production laitière intéressante. Cependant, les auteurs s'accordent à dire que l'alimentation joue un rôle prépondérant dans la maîtrise de la reproduction [17]. On considère que 60% des troubles de reproduction sont liés à un problème alimentaire [18].

Les légumineuses occupent une place très singulière dans les systèmes de production agricole en raison de leurs particularités biologiques. Par la richesse en protéines, soit du fourrage pour les légumineuses fourragères, soit des graines pour les légumineuses à grosses graines, elles contribuaient à la qualité des rations et des diètes ; à la fois pour les animaux de rentes, mais aussi pour les populations humaines [19].

On définit le déficit énergétique en post-partum comme facteur de risque majeur de l'infertilité dans le cheptel bovin laitier.

La fertilité de la vache laitière dépend de multiples facteurs, on peut souligner l'importance de la pathologie, de la conduite d'élevage et de la technicité de l'éleveur, de la qualité de l'insémination, ainsi que celle de l'environnement géographique [20].

C'est dans ce contexte que notre travail se scinde en deux volets bien distincts :

- 1<sup>er</sup> volet : Une enquête au niveau de l'Institut Technique d'élevage de Baba Ali pour faire un état des lieux et un suivi de la conduite alimentaire et son effet sur quelques paramètres de reproduction.  
L'étude a concerné une année de suivi des cultures fourragères utilisées par l'ITELV, vu que la majorité des éleveurs de la Mitidja adoptent les mêmes cultures, 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.  
Un suivi de l'état corporel des vaches de la ferme et de quelques paramètres de fertilité, ceci, pour établir un diagnostic des conditions d'élevage dans la région de Mitidja et de dégager les différentes contraintes dans la gestion de la reproduction bovine.
- 2<sup>ème</sup> volet, la mise en essai dans la même zone climatique et précisément dans la station de l'ENSA d'Alger, de nouvelles variétés de légumineuses fourragères pérennes au nombre de 16, appartenant à l'espèce Luzerne (*Medicago sativa* L.), utilisées pour la plupart d'entre elles 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 sous deux régimes, l'un en irrigué et un deuxième en sec pour faire ressortir les variétés les plus aptes à être utilisées en alimentation animale et ce, en condition Algérienne.

**PREMIÈRE PARTIE**  
**ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

**CHAPITRE 1**  
**SITUATION DES FOURRAGES ET DE**  
**L'ÉLEVAGE EN ALGÉRIE**

## 1.1. Aperçu sur l'élevage en Algérie

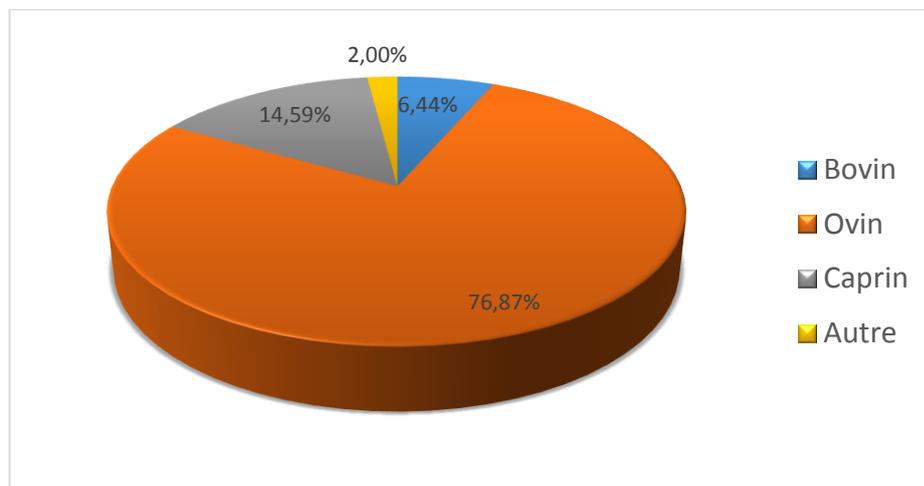
Selon les statistiques du MADR [21], le cheptel a évolué modérément durant ces dernières années. Les effectifs des ruminants recensés en 2014, s'élèvent à 1.84 ; 25.9 ; 4.59 et 0.34 millions de têtes respectivement pour les bovins, ovins, caprins et camelins avec une nette prédominance de l'élevage ovin.

En Algérie, les ruminants exploités en élevage (bovins, ovins, caprins et camelins), se caractérisent par une diversité des populations en rapport avec les caractéristiques climatiques et agro-écologiques du pays [22].

L'Algérie est un grand pays d'élevage [23]. En matière de commerce, il permet principalement d'éviter la croissance des importations de viandes et de lait ou même de les diminuer [24].

### 1.1.1. Répartition des effectifs par espèces

Pour les Bovins, depuis 1970, la composition du troupeau a fortement changé avec l'introduction des races Pie Noire, Pie Rouge et Tarentaise. Le croisement anarchique de la race locale, la brune de l'Atlas, avec les races européennes importées fait qu'elle régresse de façon nette, mais quoique qu'avec une grande hétérogénéité dans la couleur de la robe, la conformation et la taille, elle conserve beaucoup de caractères de souche locale (rusticité surtout) [24] ; [25]. (Figure 1.1.)



**Figure 1.1.** Répartition des effectifs par espèce

L'élevage bovin reste cantonné dans le nord du pays (400mm de pluies), avec quelques incursions dans les autres régions. En effet on retrouve 80% de l'effectif dans les régions Nord avec 59% à l'est, 14% à l'ouest et 22% au centre.

On dénombre  $946.47.10^3$  vaches laitières pour un effectif bovin national moyen s'élevant à  $1806.07.10^3$  têtes localisées en majorité dans la zone subhumide de l'Algérie (400-600 mm/an) [25].

Les principales races ovines Algériennes sont : la Ouled Djellal, la Hamra ou Béni-Ighil et la Rembi ; les races secondaires sont : la Berbère à laine Zoulai, la Barbarine de Oued Souf, la D'men et la Targuia-Sidaou. Ces races possèdent une grande rusticité et une capacité d'adaptation remarquable à la marche sur de longues distances (élevage essentiellement nomade) et supportent bien les conditions sahariennes extrêmes ou tempérées selon sa distribution, valorisant ainsi très bien les pâturages (hautes plaines, steppes, parcours) [26] ; [27].

Le cheptel ovin a est passé de 19.61 million de têtes en 2006 à 28.11 millions de têtes en 2015 ; réparti sur toutes les zones du pays avec une forte concentration dans la steppe et les hautes plaines semi-arides céréalieres.

CHELLIG [26] identifie deux races caprines locales : la Arabia et la Mekatia, il y a aussi la naine du sud (Béchar) et la naine de Kabylie [28], [29]. Les races introduites durant la colonisation sont : la race Murcia et la race Maltaise. Les races Alpine, Chamoise et Saanen ont une place relativement réduite.

L'élevage caprin est localisé principalement dans les régions difficiles (végétation rare et le plus souvent ligneuse, parcours accidenté.) ; il connaît un regain d'intérêt pour les caractéristiques antiallergique de son lait et son fromage spécifique [30] ; [31].

Le cheval d'Afrique du nord appartient à la race Barbe ; il y a aussi le pur-sang Arabe ainsi qu'un ensemble de croisés entre ces deux races, l'effectif moyen annuel est de  $44,62.10^3$  durant la décennie 2006-2015 [21].

Les types de dromadaires sont : Le Chaambi ; L'Ouled Sidi Cheikh ; Le Sahraoui ; Le Targui ; Le Hodni ; Le Nailli ; Le Soufi ; Le Reguibi... .

Le dromadaire reste la source essentielle de protéines animale pour les populations du sud et intervient de moins en moins dans le transport [32]. Capable de valoriser de faibles ressources nutritives [33] et offrant une meilleure résistance pour affronter les modifications du climat, marquée par des sécheresses régulières [34].

Les ovins représentent 76.87% de l'effectif global du cheptel avec plus de 10 millions de brebis. L'élevage caprin vient en seconde position (14.59%) comprenant plus de 55% de chèvres. L'effectif des bovins reste faible avec 1.58 millions de têtes soit 6.44% de l'effectif global dont 58.25% sont des vaches laitières. L'élevage des espèces camelines et équines suit avec des effectifs plus faibles, mais il est à signaler que l'effectif camelin a augmenté entre 2006 et 2014 tout au contraire des équins dont la diminution est de l'ordre de 33.5% (Tableau 1.1).

**Tableau 1.1** : Evolution des effectifs du cheptel national de 2005-2016 (nombres de têtes) [21]

espèce	Bovine		Ovine		Caprin		Camelin
	Vache laitière	Total	Brebis	Total	Chèvres	Total	
Années							
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'une des contraintes majeures à l'essor de l'élevage en Algérie est l'alimentation.

Le bilan fourrager de l'année 2016 permet de relever que le taux de couverture des besoins du cheptel reste insuffisant et est déficitaire de 4,5 milliards

d'UFL/an avec un taux de couverture des besoins énergétiques de 64,63% [30], non loin de celui annoncé par Houmani [35] qui était de 4 milliards d'UF/an en 1999.

Les besoins étant de l'ordre de 12.92 milliards d'UFL et l'offre nationale de 8.35 milliards d'UFL seulement [30].

Pour combler ce déficit l'amélioration des ressources actuelles, l'augmentation des surfaces fourragères et l'introduction de nouvelles espèces fourragères adaptées aux différentes zones écologiques restent des solutions fiables et envisageables [22].

## 1.2. Ressources et productions fourragères en Algérie

Le potentiel fourrager existant en Algérie est structuré autour de quatre ensembles, d'inégale importance, constitué par les prairies naturelles, les parcours steppiques, les parcours forestiers et de peu de fourrages cultivés [22] ; [36] ; [37].

En effet, les cultures fourragères, n'occupent annuellement qu'une superficie de 620.926 hectares [21], soit 7,37 % seulement de la surface agricole utile qui est de 19.5% (soit 8.4 millions d'hectare) par rapport à la surface totale. La culture des fourrages est peu pratiquée en raison d'une faible superficie agricole utile mais aussi à cause d'une insuffisante quantité d'eau allouée à l'agriculture.

Les cultures fourragères sont loin de satisfaire les besoins alimentaire du cheptel, non seulement en quantité, mais également en qualité [38]. (Tableau1.1)

**Tableau 1.2** : Situation fourragère en Algérie (2010-2014) [21]

années	Fourrages naturels(ha)		Fourrages artificiels (ha)								Total (ha)
	Prairies naturelles	Jachères Fauchées	Fourrages consommés en sec (ha)				Fourrages consommés en vert ou ensiles (ha)				
			Vesce avoine	Luzerne	Céréales reconverti	Divers	Mais-sorgho	Orge,avoine seigle en vert	Trèfle et luzerne	Divers	
2010	24750	199412	63178	2425	241324	241305	7687	91446	10033	12092	893652
2011	24820	217034	37506	1970	120741	247316	10158	104290	10964	11227	786026
2012	24335	250510	50227	2934	186748	250680	11217	115276	12350	12281	916558
2013	26626	183447	50040	3766	243603	241775	10982	112571	15653	15599	904062
2014	25777	254990	47503	6271	435687	280508	9525	99161	15511	21815	1196748

Les fourrages cultivés sont localisés, en majeure partie, dans les zones humides et subhumide et couvrent moins de 17% de la superficie réservée à l'ensemble des cultures herbacées. Les fourrages cultivés sont eux même dominés par les fourrages utilisés en secs (plus de 81%), essentiellement, de vesce avoine, alors que la luzerne et le sorgho sont peu représentés (1 à 5% de la superficie cultivée) [3] ; [21].

Par ailleurs, les espèces de fourrages cultivés, dont les rendements ne dépassent pas les 15 quintaux à l'hectare ; sont généralement de faibles valeurs nutritives et ne permettent pas d'obtenir des rendements satisfaisants [39].

Les cultures fourragères pures occupent une superficie très réduite [26]. Au plan général, les contraintes essentielles des ressources fourragères cultivées se résument à la faible diversité des espèces cultivées et à la contribution très modeste des cultivars locaux [24].

Ces insuffisances dans les ressources fourragères constituent un obstacle au développement de l'élevage bovin en Algérie, ce qui conduit à des insuffisances en production animale [40]. Le recours aux aliments concentrés est surtout justifié par une production fourragère nationale fluctuante, faible et peu diversifiée [41].

D'une manière générale. Les fourrages sont considérés comme le maillon primordial à tout développement de la production animale et leur manque constitue un facteur limitant [42]. En plus à la faiblesse de la disponibilité, il faut ajouter la faiblesse de la qualité du fourrage qui constitue également une contrainte de taille pour l'élevage bovin laitier [43].

L'alimentation des animaux d'élevage est une problématique multidimensionnelle et récurrente pour les éleveurs. Ils doivent répondre en même temps à plusieurs préoccupations à savoir, satisfaire les besoins nutritionnelles d'entretien et de production des animaux, assurer la qualité des produits, optimiser les charges ayant trait à l'alimentation et éviter le gaspillage et la pollution [44].

**CHAPITRE 2**  
**CLASSIFICATION BOTANIQUE ET**  
**INTÉRÊT DES LÉGUMINEUSES**

## 2.1. Présentation et classification botanique des légumineuses

Parmi les familles des plantes les plus cultivées dans la région tropicale et tempérée, on trouve les Fabaceae ou plus communément appelées les légumineuses. Elles comptent quelques 80 genres et 1800 espèces dans le bassin méditerranéen [45], l'Algérie compte quant à elle 51 genres et 440 espèces [46].

- Embranchement : Spermaphytes.
- Sous – embranchement : Angiospermes.
- Classe : Dicotylédones.
- Sous – classe : Dialypétales.
- Ordre : Rosales.
- Famille : Fabacées
- Sous-Famille : Papilionacées
- Tribu : Trifoliées
- Genre : Medicago
- Espèce : Medicago sativa L.

## 2.2. Intérêt des légumineuses

Aujourd'hui, l'intérêt des légumineuses dans les productions agricoles n'est plus à démontrer. D'une part, le taux de protéines très élevé qu'elles contiennent assure la production de fourrages riches en MAT (Matières Azotées Totales), essentiels aux élevages. D'autre part, leur capacité à fixer l'azote de l'air grâce à leur association avec les bactéries du sol (les Rhizobium) réduit les apports d'intrants nécessaires pour ces cultures, mais également pour celles qui leur sont associées ou leur succèdent dans la rotation [47], elle permettent de réduire donc, les émissions de gaz à effet de serre liées à la production et à l'utilisation des engrais.

Au sens large, les légumineuses comprennent trois sous familles : Papilionoideae, Mimosoideae et Caesalpinioideae. Les Papilionoideae ou Fabaceae sont en majorité des espèces de climat méditerranéen et tempéré tandis que les deux autres entités sont essentiellement des espèces intertropicales [48].

L'azote est essentiel à la croissance des végétaux, notamment pour la synthèse des acides nucléiques et des protéines. Il est abondant sur terre et représente 78% de l'atmosphère terrestre, mais toutes les formes ne sont pas utilisables par les végétaux. Les légumineuses hébergent des nodules développés sur leurs racines, des bactéries du genre Rhizobium qui assurent la fixation de l'azote de l'air. La ressource énergétique carbonée nécessaire à cette réaction ainsi qu'à la vie de la bactérie est fournie par la plante. On parle de relation symbiotique.49]

La réaction de fixation de l'azote atmosphérique par les bactéries du genre Rhizobium



Enzyme 'nitrogénase' des rhizobia

Les Légumineuses comportent de nombreux avantages qui rendent leur utilisation tout à fait justifiée, dans l'alimentation animale et dans l'intensification agricole. Elles sont donc particulièrement indiquées en Algérie, où le déficit fourrager est important [3].

### 2.2.1. Intérêt zootechnique et économique

Toute production animale est basée sur les productions fourragères et /ou pastorales, par conséquent sans ces dernières ainsi que les sous-produits des cultures, il est difficile, voire impossible, de concevoir une production animale.

Les légumineuses fourragères sont exploitées pour leur parties aérienne riche en protéines et sont essentiellement destinées à l'alimentation animale [49]. Ces dernières sont donc à la base de la production de lait, des viandes, des cuirs, de laine et des poils.

Il est important de mentionner que le développement des cultures fourragères et l'amélioration des productions pastorales contribuent au développement de la polyculture et à l'utilisation accrue du bétail sur les terres arables et sur les terres marginales.

L'augmentation de la production de fumier de ferme permet un enrichissement des sols en humus et par conséquent une meilleure valorisation des actions d'intensification au niveau des cultures [24].

Les légumineuses sont considérées comme une source importante de protéines qui rend leur valeur nutritive supérieure à celle des graminées [6]; [19]. Peyraud et al. [50], soulignent que chez les légumineuses, les graines et la végétation constituent des aliments particulièrement riches en protéines; de ce fait, leur utilisation en conditions extensives où l'apport d'engrais n'est pas économiquement recommandable, est à développer.

Les légumineuses tiennent une part vraiment importantes parmi les cultures : Dans la zone sub-humide du Nigeria, les légumineuses fourragères sont introduites en vue d'améliorer, la valeur nutritives des résidus de cultures [51].

En Champagne-Ardennes (France), essentiellement, cent mille hectares étaient consacrés à la fabrication de bouchons de luzerne déshydratés utilisés principalement pour l'alimentation des «ovinslait» et des monogastriques (lapins, porcs, volailles) [52]; [53].

Outre cela, les sélectionneurs canadiens auraient obtenu une luzerne qui réduit les risques de météorisation, trouble digestif grave observé chez les bovins. Lors des essais au champ, ce problème a diminué de 60 à 90%. La nouvelle variété atténuera le risque de météorisation chez les bovins qui broutent la luzerne et permettra à l'industrie de surmonter ces réticences envers la luzerne, qui recèle d'importantes qualités nutritives [54] ; [55].

Par ailleurs, dans les zones à élevage extensif, la luzerne reste une culture intéressante, par sa résistance à la sécheresse, qui lui permet de maintenir un niveau de production suffisant [24]. Leur richesse en éléments nutritifs et donc les performances des animaux ne sont que améliorées [56] ; [57].

### 2.2.2. Intérêt agronomique

Du point de vue agricole, l'intérêt des légumineuses est considérable, dans les assolements et la rotation [49] ; [58] ; [59] ; [60]. Elles peuvent effectivement être utile pour réduire les fuites de nitrates et ont un effet positif sur la rotation des cultures par rapport à d'autres engrais verts [61].

Elles ont un rôle important dans l'amélioration des qualités physiques et chimiques des sols cultivés [62], en effet, le système racinaire aère le sol de telle façon que la plante ultérieure pousse son système racinaire dans les petits canaux laissés par la plante précédente [63].

Elles présentent une grande productivité et une grande résistance à la sécheresse, l'adaptation de certaines espèces de légumineuses aux contraintes pédoclimatiques (sécheresse, immersion ; salinité des sols..) fournit aux sélectionneurs une ressource génétique presque illimitée [45], comme, elles peuvent valoriser les régions marginales affectées par la salinité [64].

Les légumineuses permettent, d'autre part, d'accroître la fertilité des sols, en les enrichissant en azote, par le biais de la fixation symbiotique [65].

Il est à rappeler que la fixation symbiotique est le processus biologique qui permet de convertir l'azote de l'air ( $N_2$ ) en azote minéral ( $NH_3$ ) assimilable par les organismes vivants pour constituer leurs molécules organiques (notamment les

protéines). Cette symbiose chez les légumineuses s'effectue grâce à des bactéries du sol (*Rhizobium*) intégrées au sein d'excroissances spécifiques de racines, les nodosités [60].

La luzerne, légumineuse préférée des agriculteurs avec le trèfle blanc, a un potentiel de fourniture d'azote très important, par son effet précédent (azote racines) et par l'azote contenu dans ses parties aériennes, de près de 100 kg N/ha [66]. Ceci est particulièrement intéressant dans les systèmes de production fourragère qui cherchent à diminuer l'emploi d'engrais azotés [49]. L'arrière effet d'une luzernière de 3-4 ans est significatif pendant 2 à 3 ans, ce qui n'est pas observé après destruction de prairies courtes de graminées dont l'arrière effet est considéré significatif pendant 1 an seulement [67].

Le lupin blanc quant à lui augmente la disponibilité en phosphore soluble pour la culture suivante [49].

Elles assurent, par ailleurs, un apport important de matière organique, au sol [68], car les nodosités, présentes sur les racines, ont l'avantage de laisser dans le sol, après défrichage, une masse importante de matière organique ainsi que les résidus azotés [69].

Sur 16 ans, des études menées au Minnesota(USA), montrent qu'une rotation surtout avec la luzerne au un effet particulièrement intéressant sur la teneur en matière organique présente en profondeur, par rapport à une monoculture de maïs [70].

Vue leur importance, les travaux sur les légumineuses bénéficient d'avancées importantes en biologie moléculaires [71].

### 2.2.3. Intérêt dans la lutte contre l'érosion

La luzerne est une espèce pérenne, implantée pour 3 années au minimum. Elle assure ainsi une couverture des sols pendant l'hiver, ce qui joue un rôle très important dans la lutte contre l'érosion et le ruissellement [23] ; [72].

Dans le plateau de Loess (Chine), l'une des régions les plus érodées du monde (érosion du sol est estimée à 2200 millions de tonnes /an), la luzerne est

massivement utilisée pour assurer le repeuplement en végétation, améliorer la conservation du sol et la production animale [73] ; [74].

Les plantes fourragères et pastorales permettent de lutter contre l'érosion des sols de différentes manières [24].

Les plantes pérennes ou à resemis naturel, en occupant le sol de façon continue, permettent d'éviter d'exposer le sol à l'érosion sous l'effet des travaux et des passages répétés des engins agricoles. Les plantes pérennes, grâce à leur système racinaire puissant, protègent le sol contre l'action érosive des eaux.

#### 2.2.4. Intérêt dans le maintien et l'enrichissement de la biodiversité

L'introduction des légumineuses contribue également à la diversification des systèmes de culture, qui favorise la biodiversité des écosystèmes et la réduction de l'usage des phytosanitaires [75].

L'intégration des légumineuses dans les rotations de cultures annuelles peut être utilisée comme une composante de la gestion intégrée des adventices, permettant de réduire le besoin d'utilisation d'herbicides

Par conséquent, 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 de la biodiversité, voire de son enrichissement [76].

La recherche d'une phytomasse fourragère n'exige nullement une pureté spécifique des cultures. Bien au contraire la richesse d'un fourrage en différentes variétés et espèces (d'intérêt fourrager) constitue un élément qualitatif hautement apprécié. Les éleveurs, depuis la nuit des temps, ont toujours apprécié le foin des prairies en [77].

D'une manière directe et/ou indirecte, l'augmentation de la production fourragère et l'amélioration de la production des zones marginales par l'utilisation d'espèces de légumineuses d'intérêt fourrager et/ou pastorales permettent :

- Une diversification et une augmentation du cheptel grâce à l'augmentation de la production fourragère et/ou pastorale ;
- Une augmentation et une diversification de la faune sauvage (pollinisateurs, oiseaux, herbivores...) grâce à l'augmentation de la quantité d'herbe, de fleurs et de semences, c'est un refuge pour les herbivores et les carnivores et abrite une infinie variété d'insectes utiles pour la lutte intégrée des ravageurs de culture. Les ruches installées dans les luzernières sont deux fois plus lourdes en fin d'été que leurs homologues installés dans une céréale voisine [78].
- Une augmentation et une diversification de la microflore des sols (bactérie, champignons...) grâce à l'augmentation du taux de la matière organique au niveau du sol [24].
- Les associations légumineuses-graminées offrent en outre l'avantage sur les cultures pures de limiter les risques de lixiviation des nitrates vers la nappe phréatique [79].
- L'utilisation des légumineuses a également un impact positif sur la biodiversité [80] ; [81].

### 2.3. Intérêt des associations légumineuses-graminées

La combinaison graminées-légumineuses permet généralement de mieux coloniser le sol à la levée des semis, diminuer la proportion d'adventices dans la première pousse et d'avoir des répartitions de rendements plus régulières sur l'année. L'association permet une meilleure conservation [82] ; [83].

Louarn et al. [84] affirment que le développement des associations Graminées-légumineuses représente à la fois une opportunité et un challenge pour une agriculture productive et respectueuse de l'environnement.

L'association binaire graminée-légumineuse présente un intérêt particulier dans les systèmes de production fourragère où on cherche à diminuer l'emploi d'engrais azoté [82] ; [85], elle devrait permettre théoriquement un fourrage équilibré [86], appétant et de qualité toute l'année [87].

Une bonne conduite des mélanges fourragers consiste en grande partie à maîtriser l'équilibre entre graminées et légumineuses [88]. Les associations sont

préférées aux cultures pures de légumineuses, car elles cumulent plusieurs avantages [89].

- Elles permettent une production élevée : des rendements fourragers généralement supérieurs à la meilleure des cultures pures (de 2 à 4 t MS/ha/an), la graminée qui assure un bon rendement au printemps est relayée en été par la légumineuse en été et début automne [90] ; [91].
- L'économie d'azote : la fertilisation d'une association peut être limitée à 120Kg N/Ha/an. Par rapport à une graminée pure (200 à 250unités/ha), la culture permet d'économiser 60 à 80 unités d'azote sur la culture qui lui succède [92]. (Tableau 2.1).
- Un fourrage équilibré : la complémentarité des espèces dans une association assure les meilleurs équilibres alimentaires (protéine-énergie) et minéraux du fourrage, de plus, du fait de leurs pics de productions décalés, l'utilisation d'associations permet généralement de mieux répartir la production fourragère au cours d'une année [84] ; [90].
- Une qualité de récolte et de conservation : par rapport à la légumineuse pure, l'association avec une graminée facilite le séchage, la récolte et l'ensilage (la graminée améliore la qualité du sucre et permet de réduire les quantités de conservateur à ajouter pour la confection des ensilages) [93].

**Tableau 2.1** : Production des principales associations graminée légumineuse et des cultures pures (t MS/ha ; entre parenthèse : dose d'azote en kg N/ha/an) [92]

	Nombre d'essai	Graminée	Légumineuse	Association
Dactyle+ Luzerne	4	13.1 (250 N)	12.7 (0 N)	13.9 (125N)
Fétuque + Luzerne	3	14.1 (250 N)	12.0 (0 N)	13.9 (125 N)
Brome + Luzerne	1	15.4 (240 N)	13.4 (0 N)	15.0 (120N)
Ray-grass + Trèfle violet	19	11.2 (280N)	11.2 (0 N)	11.3 (140N)

Pour maîtriser l'équilibre de l'association, il est nécessaire de bien piloter la fertilisation azotée, notamment pour éviter l'étouffement de la légumineuse par la graminée [94].

Le choix d'espèces et variétés a son importance. Il y a certainement des associations d'espèces et des combinaisons de variétés plus pertinentes que d'autres [88] ; [95]. Les types d'associations varient selon les conditions climatiques et d'exploitation [96] ; avec la luzerne par exemple, il est recommandé surtout d'associer l'avoine élevée dont les exigences pédoclimatiques et la résistance à la sécheresse sont comparables à celle de la luzerne et qui présente une très bonne pérennité [97] ; [98].

Quelques exemples d'association sont donnés dans le tableau 2.2.

**Tableau 2.2** : Associations utilisées en Pologne selon les conditions du milieu [89]

Légumineuses	Graminées			
	Zones chaudes		Zones froides	
	Sol humide	Sol sec	Sol humide	Sol
Trèfle violet	Ray-grass anglais	Fétuque des prés	Fléole	Fétuque des prés
Luzerne	Fléole (dactyle)	Avoine élevée (dactyle)	Fléole (dactyle)	Avoine élevée (dactyle)
Trèfle blanc	Ray-grass anglais+ fétuque des prés	Fétuque des prés+ brome inerme	Fléole+ dactyle	Fétuque des prés + brome inerme

Les associations présentent l'avantage d'être utilisées de longues périodes ; en effet les luzernes pures et associées produisent en moyenne pendant 4 à 5 ans, certaines parcelles sont conservées jusqu'à 10 ans si elles ne sont exploitées qu'en foin [99].

L'influence considérable du stade d'exploitation des fourrages de l'association, est à ne pas négliger, les légumineuses ont un développement beaucoup plus tardif mais une grande résistance à la sécheresse, leur utilisation en vert et la conservation sont à prendre en considération pour minimiser au plus les pertes de feuilles et de tiges qui contiennent la plus grande quantité d'azote et sont les plus digestibles [100] ; [101]. (Tableau 2.3).

**Tableau 2.3** : Rythmes d'exploitation et pérennité observés en Pologne pour les grandes légumineuses, pures ou en association [102]

	Luzerne	Luzerne graminée	+	Trèfle violet	Trèfle violet+ graminée
Utilisation	Intensif extensif	Intensif extensif		Intensif extensif	Intensif extensif
Nombre annuel d'utilisation (coupes)	4      3	4      3		3      2	3      2
Première utilisation au printemps	mi-mai    25 mai	mi-mai    25 mai		Fin mai    mi-juin	Fin mai    mi-juin
Durée (ans)	3      3	4      4		2      2	3      3

Si les graminées restent les meilleurs fournisseurs d'énergie, les légumineuses apportent l'azote pour rééquilibrer la ration [100], la qualité gustative du fourrage augmente ainsi que les performances zootechniques des animaux, [103]. (Tableau 2.4)

**Tableau 2.4** : Variation des teneurs en matières azotées de trois légumineuses et trois graminées [104]

Espèces	Matières azotées (% MS)	
	Feuilles (limbes)	Tiges (tiges + graines)
Luzerne	30 à 25	25 à 10
Trèfle violet	25 à 20	20 à 10
Trèfle blanc	30 à 20	-
Dactyle, Ray-grass Fétuque	25-30 à 10-15	15 à 5

Le tableau 2.5 montre que la contribution en matière sèche des légumineuses est faible mais que la teneur en matière azotée est plus élevée.

**Tableau 2.5** : Composition chimique et digestibilité de quelques associations [105]

Association	MS (%)		Composition chimique (% MS)				Valeur nutritive	Production	
	Vert	Foin	Cendre	Azote	CB	AG	dMO (%)	MST	MAT (g)
Vesce-Avoine	32.64	83.00	7.44	7.95	34.86	1.92	73	7.75	616.12
Pois-Avoine	23.80	83.00	7.77	9.28	35.76	1.91	72	7.23	670.94
Vesce-orge	27.81	84.00	8.44	7.79	33.34	2.76	66	9.76	750.30
Pois-orge	28.26	85.00	7.66	8.08	33.63	1.93	67	9.97	805.51
Pois-triticales	27.83	85.00	7.33	9.71	31.03	2.77	74	8.32	807.57
Vesce-triticales	25.80	85.00	9.63	9.62	33.50	1.71	77	7.79	749.39

L' utilisation d'un mélange simple d'espèce (généralement une graminée avec une ou deux légumineuses qui permet d'avoir une régie optimale pour chacune d'elle) est la meilleure façon d'obtenir des champs produisant une bonne récolte de qualité et à plus ou moins long terme selon l'objectif visé nonobstant des conditions de terrain inadapté ou des conditions climatiques exceptionnellement défavorables [106].

## 2.4. Etude de la luzerne

### 2.4.1. Classification botanique

Sous l'appellation luzerne, on classe en fait deux espèces botaniques et leurs hybrides. Ces deux espèces *Medicago sativa* et *Medicago falcata*, sont adaptées à des conditions écologiques différentes. Elles sont inter fertiles et leurs croisements ont donné naissance à une très large gamme d'hybride englobé sous le nom de *Medicago media* [107].

### 2.4.2. Description de l'espèce

Légumineuse tétraploïde, allogame, à pollinisation entomophile [108] ; [109], à tiges dressées et ascendantes, très ramifiées, pouvant atteindre plus de 80 cm de haut. Les feuilles sont trifoliées, pétiolées, dentées et mucronnées au sommet, ordinairement glabres (figure 2.1.).



Figure 2.1 : Morphologie de la luzerne (*Medicago sativa* L) [110]

Les fleurs sont le plus souvent violettes, parfois bleuâtres, nombreuses en grappes oblongues, dépassant les feuilles [111]. Le fruit est une gousse non épineuse, recourbée en spirale à 2-3 tours de spires renfermant plusieurs grains de 2 à 2,5 mm de long, réniformes, luisants, nombreux de couleur jaune-verdâtre, le poids de 1000 grains est d'environ deux grammes [112].

La racine pivotante, en sol profond et bien drainé, descend habituellement à 2 m de profondeur. La partie supérieure de la racine de la luzerne, possède un fort

pivot et de grosses racines secondaires. Partant de la partie souterraine du collet, il y'a de nombreuses tiges de remplacement encore sans feuilles, cette particularité lui permet d'atteindre et d'utiliser sans concurrences, les éléments nutritifs et l'eau situés dans les couches profondes du sol. Ces racines portent de petites excroissances isolées ou en grappes, ce sont des nodosités ovoïdes ou d'aspect globuleux, dont la taille ne dépasse pas deux ou trois mm [113].

#### 2.4.3. Origine et distribution

Plusieurs chercheurs s'entendent sur l'origine du genre *Medicago* qui est le "croissant fertile" recouvrant les pays ou régions actuelles de Turquie, Irak, Iran, sud du Caucase et du pourtour méditerranéen [114] ; [115].

La plus vieille référence indique que la luzerne était utilisée comme fourrage il y a environ 3300 ans [116].

La luzerne trouve son plus grand développement dans les zones tempérées chaudes des Etats-Unis, d'Europe, d'Amérique du sud, Asie, Japon, Australie, Nouvelle-Zélande, Afrique et Argentine [107] ; [117].

Son rôle écologique se manifeste sur la conservation du sol et de sa fertilité, sur le contrôle de la pollution par les nitrates, sur la durabilité des systèmes fourragers qui la comprennent et sur la limitation des intrants chimiques et de labour en conséquence de sa pérennité [118].

#### 2.4.4. Exigences de la culture

##### 2.4.4.1. Exigences climatiques

La luzerne exige des conditions de température et d'humidité suffisantes. Dans un lit de semences bien préparé et suffisamment humide, la germination intervient si la température est au minimum de 7°C, l'optimum étant de 25°C.

La température maximale autorisant la croissance est de l'ordre de 37°C, où la luzerne accuse un net fléchissement de production pendant les mois d'été en Afrique du Nord. La température minimale au-dessous de laquelle la plante suspend son activité définit une autre limite. Ce zéro de végétation est de l'ordre de 8 à 9°C [23].

#### 2.4.4.2. Exigences hydriques

La luzerne est très exigeante en eau. Pour élaborer un gramme de matière sèche, il faut 800 à 1 000 grammes d'eau. Elle exige entre 12 000 à 13 000 m pour une année de culture [113] et, dans les conditions sahariennes du Maroc, 16 000 m/ha/an. En début de repousse, la sécheresse limite essentiellement la croissance foliaire et donc l'interception de rayonnement [119] ; [120] ; [121].

Cependant, la puissance de son système racinaire lui permet de résister à une sécheresse de 2 à 3 mois [122].

Selon Bourgeois [123], la luzerne supporte très bien la sécheresse dans la mesure où le sol est fissuré pour permettre aux racines de descendre. Par rapport au changement climatique, c'est la culture fourragère qui semble le mieux tirer son épingle du jeu [124].

#### 2.4.4.3. Exigences pédologiques

La luzerne peut s'adapter à de nombreux types de sols mais elle tolère mal les sols acides (pH inférieur à 5), ou très humides [125], en sol acide, on observe généralement un démarrage très lent de la culture et un abaissement des rendements, ceci est dû à l'inactivation des Rhizobia, à un pH au-dessous de 6.5. La résistance à la salure diffère d'une variété à une autre, la salure tolérable varie entre 2 et 3.5 % [126] ; [127].

Sa préférence va aux sols sains et profonds qui lui permettent de développer son enracinement pivotant. C'est cet enracinement, qui peut descendre jusqu'à 10 m de profondeur, qui lui donne une grande facilité d'adaptation en lui permettant de résister à la sécheresse. Une grande variabilité génétique lui a également permis de s'imposer dans des milieux très contrastés, des plus chauds au plus froids [128] ; [129].

Parmi les légumineuses, la luzerne est certainement l'espèce la plus productive pourvu qu'elle soit ensemencée dans des sols qui lui conviennent [130].

#### 2.4.4.4. Exigences en oligo-éléments

La luzerne est très exigeante en potassium, en chaux, en acide phosphorique et en certains oligoéléments tels que Mo, Zn, Mg, Cu, Fe, Cl, Br et Co que la plante trouve normalement dans le sol [107] ; [131].

#### 2.4.5. La culture de luzerne en Algérie

En Algérie, la superficie consacrée à la luzerne pérenne, *Medicago sativa*, représente entre 0.37 et 0.71% de la superficie réservée aux cultures fourragères. Dans les régions sahariennes, la luzerne est la principale espèce fourragère cultivée. Les agriculteurs de la région ont façonné des populations qui arrivent à égaler et parfois même dépasser les populations introduites allant jusqu'à 12 coupes/an [132].

L'intervalle entre les coupes peut être ajusté afin d'obtenir des rendements élevés et une bonne persistance de la luzernière [133] ; en effet, chaque repousse de luzerne se réalise à partir des réserves des pivots racinaires. Elle doit être fauchée à 20-50% floraison, récoltée après, les tiges deviennent difficiles à consommer et à ruminer, et la digestibilité diminue rapidement [134].

En Mitidja, et malgré une sécheresse automnale et hivernale, un rendement de 8.36t MS/ha a été obtenu, la période de production peut s'étaler de 3 à 5 mois selon la variété [135].

Le stade de récolte a un grand effet sur la valeur nutritive (Tableau 2.6) ; la proportion des feuilles représente 45% de la matière sèche de la plante au stade bourgeonnement et diminue pour ne constituer que le tiers lorsque la plante vieillit [136]; la teneur en azote varie plus lentement que chez les graminées et suit l'évolution du rapport feuilles/tiges [137].

**Tableau 2.6** : Valeur énergétique de la luzerne en fonction du stade et du cycle de développement [138]

Cycle	Stade	UFL/kg MS	UFV/kg MS
Premier	Végétatif	0.88	0.82
	Bourgeonnement	0.77	0.69
	Floraison	0.69	0.59
Deuxième	Végétatif	0.82	0.75
	Bourgeonnement	0.82	0.74
	Floraison	0.73	0.64
Troisième	Végétatif	0.84	0.76
	Bourgeonnement	0.78	0.70
	Floraison	0.73	0.65

Comme la luzerne est cultivée de plusieurs façons et dans différents endroits, les méthodes d'installation varient et doivent être adaptées aux réalités locales. Elle est, cependant, la plante fourragère la plus indiquée pour un élevage bovin laitier [139].

Enfin, introduite dans la rotation, la culture peut rompre l'évolution parasitaire qui accompagne les rotations céréalières et freiner l'emploi des produits phytosanitaires [77] ; [140].

**CHAPITRE 3**  
**VALEUR ALIMENTAIRE DES FOURRAGES**

### 3.1. Notion de valeur alimentaire

La valeur alimentaire d'un fourrage est le produit de deux facteurs :

- 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.

L'ingestibilité d'une plante dépend en large partie de son effet d'encombrement [141].

Cependant, la valeur alimentaire d'un fourrage est susceptible de variations importantes [136] ; [142] ; [143] ; [144].

Traitées par différents auteurs, Nous allons passer rapidement les différents facteurs de variations de la valeur alimentaires des fourrages.

La connaissance de la valeur nutritive d'un aliment destiné aux animaux d'élevage est indispensable pour, d'une part, garantir une valorisation optimale de ce produit et veiller à l'équilibre et à l'innocuité de la ration totale, et d'autre part, permettre aux animaux de réaliser de bonne performance zootechnique, en rapport avec les attentes de l'éleveur.

Les performances dépendent certes du mode de récolte et de la réussite de la conservation, mais avant tout de la valeur nutritive du fourrage vert au moment de la récolte [145].

### 3.2. Facteurs de variations de la valeur alimentaire

La valeur alimentaire diffère d'une famille à une autre [104]. La différence réside dans leur composition morphologique et chimique, et, entre les espèces au sein d'une même famille [146].

Pour une espèce donnée, la composition morphologique et la composition chimique varient en fonction d'un certain nombre de facteurs qui sont la famille botanique, l'espèce, le stade de végétation, les facteurs du milieu (climat et sol) et les conditions de récolte et de conservation [147] ; [148] ; [149].

### 3.2.1. La famille botanique et l'espèce

La valeur alimentaire des plantes fourragères diffère d'une famille à une autre et d'une espèce à une autre au sein de la même famille. Ces différences sont d'ordre morphologiques (biomasse, rapport feuille/tige) et chimique (teneur en énergie, azote, minéraux et vitamines).

A un stade de végétation comparable, la morphologie des légumineuses et des graminées est très différente, notamment le rapport feuille/tige (Tableau 3.1) [138].

La diminution de la digestibilité des graminées avec l'avancée du stade phénologique va être d'autant plus rapide que l'espèce est précoce [150].

Le rapport feuille/tige est le principal paramètre qui met en évidence les variations qualitatives de la plante [151], il évolue de façon moins spectaculaire chez les légumineuses que chez les graminées, il diminue rapidement jusqu'à l'apparition des bourgeons et plus lentement ensuite (de 0.9 à 0.7 chez la luzerne, et de 0.7 à 0.4 chez le sainfoin) [152].

**Tableau 3.1** : Pourcentage de feuilles (légumineuses) et de limbes (graminées) des plantes fourragères à différents stades de croissance [136]

Espèce	Premier cycle		Deuxième cycle		Troisième cycle	
	Début du cycle	Floraison	01 mois	02 mois	01 mois	02 mois
Luzerne	65	20	50	35	55	45
Trèfle Violet	70	35	70	40	85	65
Ray-grass d'Italie	75	20	40	20	65	55
Fléole	75	25	60	50	-	65

Pour le cheptel, les légumineuses fourragères représentent une source d'alimentation riche en protéines, fibres et énergie. Elles sont à la base de la

production de lait et de viande, la luzerne représente le fourrage le plus répandu dans les zones à climat tempéré [153].

A des stades de végétation comparable, les légumineuses par rapport aux graminées sont plus riches en minéraux notamment en calcium, en carotène, en acide organique et en azote par contre, elles sont plus pauvres en glucides solubles et en constituants pariétaux [103] ; [154].

Dans une étude menée sur deux groupes de plantes prairiales à Batna, des différences importantes dans la composition chimique sont soulignées : [155]

- Matières azotées totales (graminées 7% et légumineuses 11 à 15 %).
- Cellulose (graminée 30%, légumineuses 20%).
- Sels minéraux (les légumineuses sont trois à quatre fois plus riches que les graminées).
- Energie (les graminées sont plus riches que les légumineuses)

**Tableau 3.2** : Variations des teneurs en matières azotées, en cellulose brute et en constituants pariétaux de trois légumineuses et trois graminées (en% MS) [103]

Espèces	Matières azotées		Cellulose brute		Constituants pariétaux	
	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	10 à 15	5 à 15	15 à 27	25 à 35	28 à 50	35 à 62
Dactyle						
Fétuque						

### 3.2.2. Le stade de végétation

La valeur alimentaire d'un fourrage va dépendre en premier lieu de son stade de végétation au premier cycle, puis de l'âge des repousses au cours des cycles suivants [156].

A stade de développement comparables, les légumineuses sont moins riches en parois végétales que les graminées, mais la digestibilité de leur parois est plus faible. Par conséquent leur digestibilité de la matière organique est proche [150].

A mesure que la plante vieillit, il y a une diminution relative de proportion des feuilles par rapport aux tiges qui retentit sur la valeur nutritive des fourrages, du fait de la composition chimique différente de ces deux organes [143] ; [157].

La composition morphologique des légumineuses change moins vite que celle des graminées au cours du premier cycle de végétation, car les légumineuses gardent plus longtemps leurs feuilles, alors que la proportion des feuilles diminue régulièrement au cours du cycle pour les graminées [158].

Chez les graminées, le stade de développement est le principal facteur de variation de la valeur nutritive [159]. À un âge égal, la proportion des feuilles augmente avec le numéro du cycle chez les graminées : la plante devient donc de plus en plus feuillue [160].

Les feuilles sont plus riches en constituants cellulaires, et plus pauvres en constituants pariétaux que les tiges et leur composition chimique évoluent moins vite avec l'âge [161]. (Tableau 3.3).

**Tableau 3.3** : Variation de la teneur en matières azotées, en cellulose brute des feuilles et des tiges de luzerne et des limbes et des tiges plus gaines de graminées [161]

Constituants (% MS)	Graminées		Luzerne	
	Limbes	Tiges+ gaine	Feuilles	Tiges
Matières azotées				
- plantes jeunes	15 - 25	10 – 15	30 – 33	20 – 23
- plantes âgées (1 <sup>er</sup> cycle)	7 - 10	3 - 5	23 - 25	9 – 10
Cellulose brute				
- plantes jeunes	15 – 17	22 – 25	11 – 12	22 – 25
- plantes âgées	26 - 28	35 - 38	13 - 14	40 – 45

Chez les légumineuses, la proportion des feuilles augmente avec le numéro de la repousse [162].

Ce changement dans la composition morphologique a un effet direct sur la composition chimique, la digestibilité et l'ingestibilité des fourrages [163].

Les modifications journalières moyennes intervenues dans la composition de la matière organique évoluent positivement pour la cellulose brute, l'extractif non azoté et les parois cellulaires, par contre elles diminuent lentement pour les matières grasses et les protéines brutes [164]. (Tableau 3.4).

Chez les graminées comme chez les légumineuses, au cours du premier cycle, la digestibilité d'une espèce donnée dépend de son stade de développement [165], elle est au maximum au début du premier cycle puis diminue lentement jusqu'à un stade compris entre, l'épiaison (ray-grass d'Italie, fléole, fétuque levée) et le début épiaison (dactyle), puis s'accroît de 0.4-0.5 points par jour [136].

**Tableau 3.4** : Changements journaliers moyens sur le plan de la valeur alimentaire des produits herbacés en stade de croissance [164]

Constituants chimiques en (%)	Composition (%)
Protéines brutes	-0.25
Cellulose brute	+0.19
Extractif non azoté	+0.11
Extractif étheré	-0.05
Parois cellulaires	+0.33
Digestibilité	-0.20
Valeur amidon	-0.66

Pour une même plante, la digestibilité des repousses est toujours moindre lors de la première pousse pour les légumineuses, elle atteint 78% au stade végétatif pour la luzerne pour diminuer au stade pleine floraison à 59.30% (Tableau 3.5).

**Tableau 3.5** : Evolution de la digestibilité en fonction du stade développement [23]

Espèce végétale	Stade végétatif	Digestibilité de la matière organique (%)
Dactyle	Montaison	78.00
	07 jours avant début épiaison	77.00
	Début épiaison	73.50
	07 jours avant floraison	70.50
	Floraison	58.50
Luzerne	Végétatif (30 cm)	78.00
	végétatif (40 cm)	73.00
	Apparition des bourgeons	68.00
	Bourgeons développés	67.00
	Début floraison	63.00
	Pleine floraison	59.30

La digestibilité de la luzerne varie de 0.60 à 0.78 selon le stade de récolte et la proportion de feuilles dans la plante entière [107].

### 3.2.3. Les facteurs du milieu

Tout comme la composition morphologique, la composition chimique varie dans le temps sous l'influence des conditions du milieu [166].

Les différentes espèces végétales et leurs variétés réagissent différemment aux conditions climatiques. La vitesse de croissance est liée à la température et à l'insolation [167].

La température semble le principal facteur climatique affectant la qualité du fourrage [168] ; [169] ; [170], elle accélère l'apparition des feuilles et diminue leur longévité, comme aussi, les fortes températures augmentent les teneurs en cellulose brute par l'accélération du degré de lignification ce qui influe négativement sur la digestibilité du fourrage [162].

Pour une espèce végétale et pour un âge donné, la teneur en cellulose augmente dans le temps et sous l'influence de sécheresse et il s'ensuit généralement une diminution de la digestibilité du fourrage [171].

Par leurs caractères intrinsèques, les sols conditionnent l'adaptation des plantes et influencent la production et la qualité des fourrages [172].

La fertilisation azotée accroît la production en augmentant la surface foliaire, le nombre de tiges, le poids des tiges et des feuilles, elle, augmente la vitesse de croissance de la végétation et ainsi la production en matière sèche pour un âge de repousse défini [173]. Toutefois, la fertilisation azotée accélère la diminution de la digestibilité avec le vieillissement des tissus [174].

A même âge de repousse, la fertilisation azotée n'a pas d'effet sur l'ingestibilité du fourrage mesuré à l'auge [175] ; [176] ; [177].

La fertilisation en phosphore du sol ou de la plante a peu d'influence sur l'ingestibilité et la digestibilité de la matière sèche ou organique [175] ; [178].

La fertilisation phosphatée et potassique ne modifie ni la digestibilité de la matière organique ni la valeur énergétique des plantes fourragères, par contre, elle

semble avoir un effet plus ou moins favorable sur la composition minérale [175] ; [179].

La fertilisation phosphatée contribue d'une façon importante dans l'augmentation des niveaux de rendement des légumineuses alimentaires [180].

El Mzouri et *al.* [181], démontrent l'effet positif d'une fertilisation phosphatée allant jusqu'à 20KgHa de  $P_2O_5$  sur le rendement de plusieurs des légumineuses et des céréales dans les conditions climatiques des pays méditerranéens.

La fertilisation potassique entraîne une diminution de la proportion d'azote soluble et une augmentation de l'azote protéique ainsi qu'une modification de la composition en glucides solubles [179].

#### 3.2.4. Les conditions de récolte et de conservation

La valeur nutritive et l'ingestibilité des fourrages conservés sont déterminés avant tout par celles du fourrage vert lors de sa récolte [145].

La composition chimique peut être affectée par les différents modes de conservation [147] ; [182] ; [183].

Parmi les différentes techniques de conservation de l'herbe, la fenaison au champ demeure la méthode la plus utilisée dans de nombreux pays, notamment en Algérie.

A cet effet, la maîtrise de la date de récolte est importante. Des pertes importantes sont enregistrées lors de la fenaison, notamment en matière sèche et en principes nutritifs (Tableau 3.6). Elles ont lieu d'abord sur le champ lors de la récolte, mais aussi en cours de la conservation [184].

Le choix de la date optimale de récolte doit cependant tenir compte du fait que la production en (t MS /ha) augmente avec le stade ou l'âge du fourrage. La quantité d'éléments nutritifs récoltée est maximale en tout début d'épiaison (graminées) et au stade bouton floraux (légumineuses) du 1<sup>er</sup> cycle, et à 6 semaines d'âge pour les repousses [145].

**Tableau 3.6** : Pertes mécaniques chez la luzerne et le trèfle blanc [184]

Pertes mécaniques en MS(en % MS de départ)		Organes (en % des pertes totales)				
		Folioles	Pétioles	Tiges principales	Tiges secondaires	Fleurs
Luzerne	18.7	89.1	5.2	0	5.7	-
Trèfle blanc	17.4	84.4	10.9	-	-	4.7

Les pertes mécaniques, les processus enzymatiques qui se déroulent après la fauche, et, le lessivage éventuel par la pluie sont tous fonction des conditions climatiques, des techniques de fanage ainsi que de la masse du fourrage et l'espèce végétale [185].

Au cours de la fenaison, les parties les plus fragiles et les plus sèches de la plante (feuilles et limbes) sont les plus riches (en azote, en minéraux et en vitamines) et sont, les plus digestibles ; elles se détachent et tombent sur le sol. Ces pertes sont plus importantes chez les légumineuses que chez les graminées [145] ; [184].

La déshydratation affecte très peu la valeur nutritive du fourrage. A basse température, elle diminue très peu la digestibilité des matières azotées, par contre à température élevée la diminution peut aller jusqu'à 10% [176].

L'ensilage ne diminue pas la digestibilité de la matière organique des fourrages sauf s'ils ont une teneur en matière sèche inférieure à 20% au moment de la mise en silo [186]. Les régimes mixtes, ensilage de maïs + ensilage de trèfle violet ou de luzerne sont valorisés par les vaches laitières dès que les ensilages ont été récoltés au bon stade et dans de bonnes conditions [187]. (Tableau 3.7).

**Tableau 3.7** : Variation de la composition chimique de la luzerne en fonction du mode de conservation [188]

Luzerne	Composition chimique %				
	MS	MO	MM	CB	MAT
En vert	16.1	88.3	11.7	27.0	19.1
En foin	90	90.8	9.2	23	20
ensilée	22.6	90.9	9.1	31.3	16.5

Le stade de récolte est un critère primordial pour la qualité de l'ensilage. Le stade bouton floral-floraison est considéré comme un repère pour démarrer un chantier d'ensilage de qualité à base de fabacées fourragères [189] ; [190].

Les conditions de réussite de l'ensilage sont :

-La mise en anaérobiose rapide de façon à limiter les pertes par la respiration.

-La descente du pH non seulement suffisante ( $\leq 4.0$  pour les ensilage en coupe directe) mais la plus rapide possible.

-Le pré fanage à au moins 35%MS si le fourrage est haché, et à 45% si le fourrage est long.

-L'addition d'un conservateur, pour accélérer la fermentation lactique [145].

### 3.3. Valeur alimentaire de la luzerne et utilisation nutritionnelle

La luzerne est caractérisée par sa valeur nutritive (valeur énergétique, valeur azotée, teneurs en minéraux, en vitamines...) et par son ingestibilité. Ces deux paramètres dépendent en premier lieu de la composition morphologique et de la composition chimique de la plante, elles-mêmes étroitement liées [191].

le rapport feuilles/tiges, est le facteur majeur et visible de la valeur alimentaire de la luzerne. Plus la plante est riche en feuilles, plus sa valeur alimentaire est élevée [192].

Le ratio lignine/cellulose des tiges augmente avec une température comprise entre 17 et 32°C qui favorise la lignification des parois cellulaires [193].

La luzerne est caractérisée par une teneur en MAT importante, elle peut varier de 14 à 29% de la MS selon le stade , les époques et les modes de récolte [188].

C' est une source de protéines très intéressante car elle fournit plus de protéines à l'hectare que le soja (Tableau3.8), par ailleurs, la conduite de la luzerne en association est justifiée car elle permet un étalement de la production [194].

Pomiès et *al.* [195], affirment que la faible valeur azotée du maïs peut être corrigée par des apports de légumineuses (luzerne récoltée mi-fanée ou en foin par exemple) qui permet d'assurer des niveaux de production intéressants de lait.

**Tableau 3.8** :Rendement en protéines de la luzerne comparé à deux autres espèces fourragères [196]

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

La luzerne comporte une combinaison particulièrement intéressante de minéraux (Tableau 3.9).Selon une étude menée en Suisse,la teneur de la luzerne en minéraux majeurs est de 3.7g de phosphore et 30.5 g de potassium par kg de MS [197].

**Tableau 3.9** :Composition en minéraux de la luzerne [198]

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

### 3.4. Intégration de la luzerne dans les rations pour vaches laitières

Grâce à sa remarquable teneur en protéines, la luzerne complète très bien les rations qui ont un profil de valeur nutritive inverse. Son apport en matière azotée et plus précisément en PDIN, permet une bonne valorisation des fourrages riches en énergie comme le maïs et la betterave [199].

Les vaches laitières hautes productrices ont des besoins de luzerne à plus de 22 % de protéines alors qu'on limite le taux protéique chez les lapins à 17 % [200].

Les vaches consomment de grandes quantités de luzerne. En effet, une vache en lactation pesant 700 kg peut consommer 14,4 kg de foin de luzerne seul, récolté au stade bourgeonnement. L'ingestion diminue à 12,3 kg lorsque le foin atteint le stade floraison [201].

L'incorporation de 2.5 kg de MS de luzerne déshydratée en brins long à 23.8% de MAT dans la ration de vaches laitières pendant 8 semaines a entraîné un accroissement de la production de lait brut (+ 1 kg/j) et une diminution du taux butyreux de -1.8g/kg, alors que la teneur en protéines du lait n'a pas été affectée. Selon les mêmes auteurs, l'introduction de luzerne a permis de limiter les apports d'aliments concentrés jusqu'à -3.5kg MS/j et l'accroissement des quantités ingérées de 0.9 kg [202].

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

La luzerne est non seulement essentielle en termes d'enjeux agronomiques, mais elle présente de nombreux avantages environnementaux. Elle est également un enjeu stratégique et économique pour une indépendance protéique en alimentation animale [5].

La culture de la luzerne doit donc être encouragée par tous les agriculteurs afin de restaurer la qualité de l'eau potable et participer au maintien des équilibres environnementaux [203].

L'introduction de quantités modérées de luzerne déshydratée de très bonne qualité en substitution d'une partie de l'ensilage de maïs dans les rations de vaches laitières permet de modifier de manière intéressante la composition du lait par une légère diminution du taux butyreux sans affecter le taux protéique [204].

Chez tous les mammifères, l'appareil génital femelle présente au cours de la période d'activité génitale, des modifications morphologiques et physiologiques se produisant toujours dans le même ordre et revenant à intervalles périodiques, suivant un rythme bien défini pour chaque espèce. Ces modifications, constituant le cycle sexuel ou cycle œstral, commencent à la puberté, se poursuivent tout au long de la vie génitale et ne sont interrompues que par la gestation. Elles dépendent de l'activité cyclique de l'ovaire, régulée par ses propres sécrétions hormonales, elles-mêmes sous dépendance étroite des hormones gonadotropes hypothalamo-hypophysaires [205].

Améliorer les performances reproductives d'une vache ou d'un troupeau nécessite une très bonne connaissance des principes de base de la physiologie et de l'endocrinologie sexuelle de la vache.

**CHAPITRE 4**  
**ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE DE LA**  
**REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE**

#### 4.1. Quelques éléments de physiologie de la reproduction chez la vache laitière

##### 4.1.1. Le cycle sexuel de la vache

À la puberté quand l'animal a atteint 50 à 60 % de son poids adulte l'activité sexuelle débute, elle est marquée par une activité cyclique, caractérisée par l'apparition périodique de l'œstrus. La presque totalité des génisses laitières sont cyclées à 15 mois [206].

La vache est une espèce poly estrienne de type continu avec une durée moyenne de cycle de 21/22 jours chez la femelle multipare et de 20 jours chez la génisse [207].

L'œstrus ou chaleur est la période d'acceptation du mâle et de la saillie [208]. C'est la période de maturité folliculaire au niveau de l'ovaire, suivie de l'ovulation. Cet œstrus dure de 6 à 30 heures et se caractérise par des manifestations extérieures : excitation, inquiétude, beuglements, recherche de chevauchement de ses compagnes, acceptation passive du chevauchement et écoulement de mucus. [209] ; [210].

L'ovulation a lieu 6 à 14 h après la fin de l'œstrus et est suivie par la formation du corps jaune et l'installation d'un état pré gravidique de l'utérus, correspondant à la période d'installation de la fonction lutéale [211].

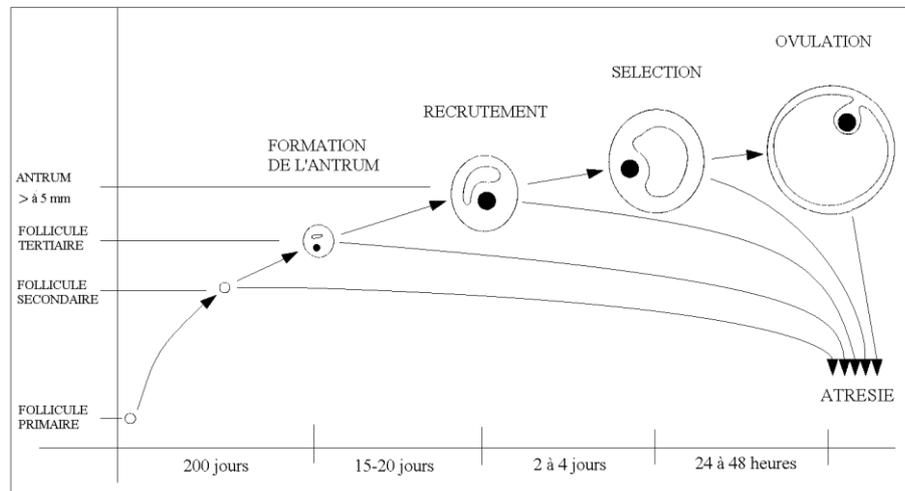
**Tableau 4.1** : Durée des différentes phases du cycle sexuel de la vache et situation de l'ovulation par rapport à l'œstrus [212]

Phases du cycle	Proœstrus	œstrus	Metœstrus	Diœstrus	Durée de	Moment de l'ovulation
Durée du cycle	2-3 jours	12-18 heures	2 jours	15 jours	21 jours	10-12 heures post

##### 4.1.1.1. Les évènements ovariens

La folliculogénèse est la succession des différentes étapes du développement du follicule depuis le moment où il sort de la réserve initiale, jusqu'à l'ovulation ou, cas le plus fréquent, jusqu'à l'atrésie [213].

A partir de la puberté, chaque jour, environ 80 follicules primordiaux (diamètre 30  $\mu\text{m}$ ) débutent leur croissance par multiplication des cellules folliculaires et développement de l'ovocyte [206] ; [214] ; [215]. (Figure 4.1).



**Figure 4.1** : Chronologie du développement folliculaire [215]

Cette croissance aboutit successivement aux stades de follicule primaire, secondaire puis tertiaire, à partir duquel commence la différenciation de l'antrum [216].

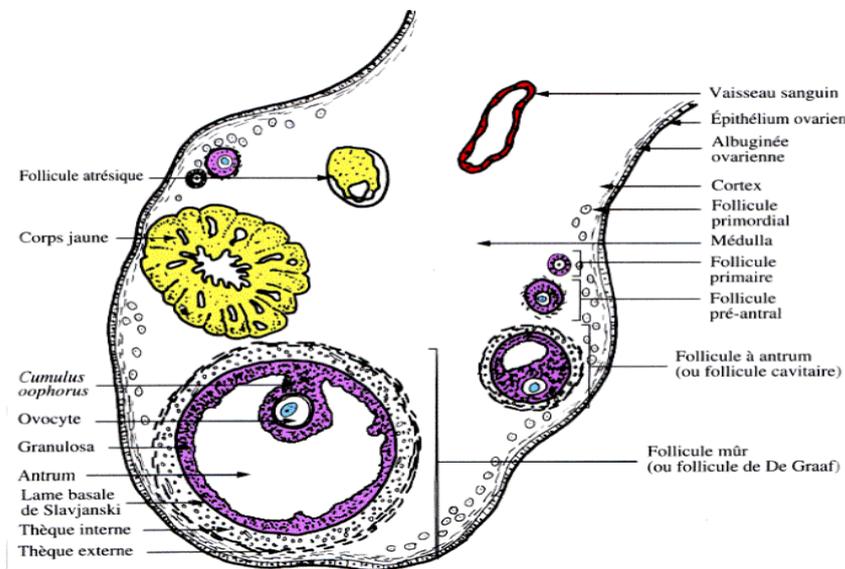
Au cours de cette croissance, les follicules acquièrent également des récepteurs les rendant potentiellement capables de répondre à une stimulation gonadotrope : récepteurs à LH (Luteinizing Hormone) pour les cellules de la thèque interne et les récepteurs à FSH (Follicle Stimulating Hormone) pour les cellules de la granulosa [215] ; [217] ; [218] ; [219].

En général, un seul follicule dominant (de 16 à 20 mm) ovule par cycle ; il grossit plus rapidement et produit de l'androstènedione et de l'inhibine qui exercent un rétrocontrôle négatif sur la sécrétion de FSH, ce qui entraîne l'atresie des follicules subordonnés, la fréquence des ovulations multiples est de 3 à 6 % chez la vache [220] ; [221].

Après l'ovulation commence la phase lutéale. Tout follicule rompu est le siège de remaniements cytologiques et biochimiques qui conduisent à la formation du tissu lutéal.

L'évolution du corps jaune chez la vache se réalise en trois temps : une période de croissance de 4 à 5 jours [222], au cours de laquelle il est insensible aux prostaglandines ; un temps de maintien d'activité pendant 8 à 10 jours [223] ; Le poids et l'activité du corps jaune demeurent ensuite relativement constants jusqu'au 16<sup>ème</sup> jour du cycle [223] ; [224] ; [225].

Enfin, s'il n'y a pas eu de fécondation, une période de lutéolyse, observable macroscopiquement à partir du 17ème-18ème jour du cycle, aboutissant à la formation d'un reliquat ovarien, le corps blanc [206] ; [215] ; [226].



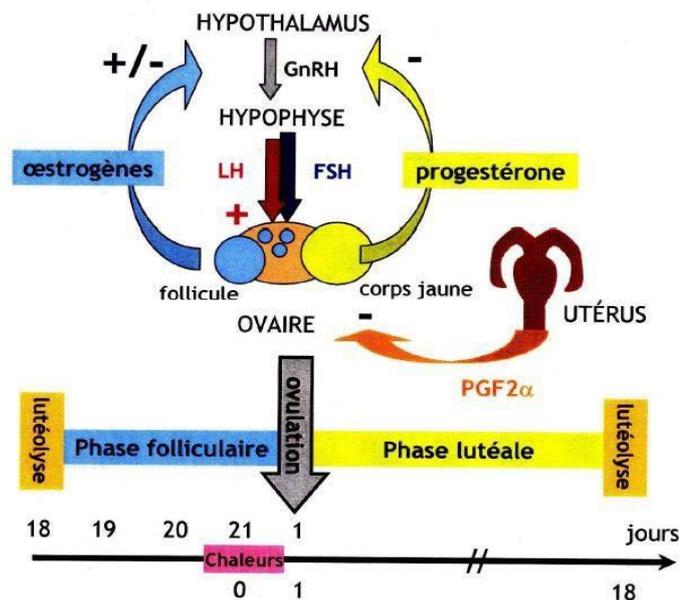
**Figure 4.2 :** Diagramme ovarien représentant les étapes du développement folliculaire vers l'ovulation et le corps jaune ou l'atrésie [227]

#### 4.1.1.2. Les évènements hormonaux

La régulation hormonale fait entrer en jeu différentes hormones et différents organes : le complexe hypothalamo-hypophysaire, les ovaires et l'utérus. L'hypothalamus, par l'intermédiaire de la sécrétion de la Gonadotropin Releasing Hormone (GnRH ou gonadolibérine) [228]; [229], provoque la libération de la Follicle Stimulating Hormone (FSH) par l'hypophyse. Cette hormone induit le développement des follicules qui sécrètent des œstrogènes qui, à partir d'un certain seuil, exercent un rétrocontrôle positif engendrant la libération hypophysaire

de la Luteinizing Hormone (LH). Le pic de LH qui en résulte provoque l'ovulation et la formation par la suite d'un corps jaune [230] ; [231]. En effet, le pic de LH induit par l'effet conjugué d'une hypersensibilité hypophysaire et d'une sécrétion de GnRH hypothalamique permet la reprise de la méiose par l'ovocyte, la rupture folliculaire et la lutéinisation des cellules de la granulosa [221] ; [232].

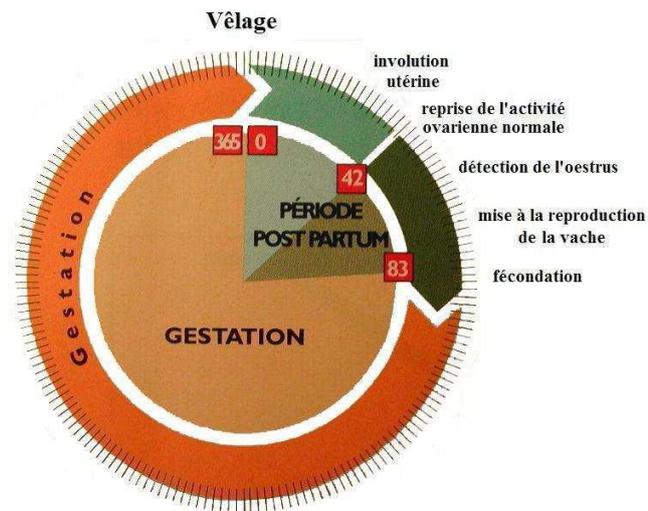
Cette structure lutéinisée produit de la progestérone exerçant un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus [233]. La prostaglandine ( $\text{PGF2}\alpha$ ), produite par l'utérus à la fin du cycle, en l'absence de gestation, provoque la régression du corps jaune. Ainsi, l'inhibition due à la progestéronémie élevée est levée et un nouveau cycle peut alors démarrer [234].



**Figure 4.3 :** Régulation neuro-endocrinienne de la vache lors de son cycle sexuel [235]

#### 4.1.2. Les Paramètres de reproduction chez la vache laitière

La fertilité de la femelle est la capacité à être fécondée et de mener à terme une gestation. La fécondité est l'aptitude pour une femelle à mener à terme sa gestation dans les délais requis. La fécondité englobe alors la fertilité [236].



**Figure 4.4** : Cycle reproducteur annuel théorique chez la vache laitière [205]

Les paramètres de fertilité les plus couramment utilisés sont : le taux de réussite en première insémination artificielle (TRIA1), le nombre d'inséminations par insémination fécondante (IA/IF) et le pourcentage de vaches inséminées plus de 2 fois.

Pour les paramètres de fécondité, on retiendra essentiellement l'intervalle vêlage-vêlage (IV-V), l'intervalle vêlage-première insémination (IV-IA1) et l'intervalle vêlage-insémination fécondante (IV-IF) [237].

Ainsi pour mesurer l'impact de l'alimentation sur la reproduction, il est nécessaire d'étudier le bilan de la reproduction à partir de différents paramètres de fertilité et de fécondité selon des objectifs standards qui facilitent la gestion du troupeau [17]. (Tableau 4.2)

**Tableau 4.2** : Objectifs standards pour la reproduction des vaches laitières [238]

<b>FERTILITE</b>		<b>Objectifs</b>
IA nécessaires à la fécondation (IA/IF)		< 1.6
% vaches inséminées 3 fois ou +		< 15 %
TRIA1		> 60 %
<b>FECONDITE</b>		
IV-IA1		70 jours
% vaches / IV-IA1 > 80 jours		< 15 %
IV-IF		90 jours
% vaches à IV-IF > 110 jours		< 15 %
IV-V		365 jours

Ces objectifs «classiques» correspondent à des taux de réforme limités. Ils permettent de valoriser le regroupement des vêlages ou de limiter volontairement l'effectif des vaches traites à une période donnée. Ils sont recommandés lors que le niveau de production est faible ou lorsque le coût de production des génisses est élevé ou lorsque l'effectif des génisses est inférieur aux besoins de renouvellement [239].

#### 4.1.3. Paramètres de fécondité chez la vache laitière

##### 4.1.3.1. Age du premier vêlage

Des moyennes comprises entre 27 et 29 mois dans les laitières sont considérées comme acceptables [240] ; cependant, un objectif plus précoce de 24 à 26 mois doit être fixé pour rentabiliser l'élevage. Les majeures causes de retard de vêlage chez les génisses comprennent, le faible taux de croissance, le retard de puberté et les erreurs de gestion pour reconnaître la taille adéquate pour la mise à la reproduction [241].

##### 4.1.3.2. L'intervalle vêlage – première insémination

La mise à la reproduction des vaches sera préférable à partir du 60ème jour post-partum, c'est le moment où 85 à 95 % des vaches ont repris leur cyclicité. Le taux de réussite à la 1ère insémination est optimal entre le 60ème et le 90ème jour post-partum [242] ; [243].

En pratique, l'intervalle vêlage – 1ère ovulation varie entre 13 et 46 jours avec une moyenne de 25 jours [244] ; [245].

La manifestation des chaleurs est très variable ; un tiers des vaches ont des chaleurs de moins de 12 heures, et la plupart des chaleurs essentiellement voire seulement nocturnes [246].

#### 4.1.3.3. L'intervalle vêlage – Insémination fécondante

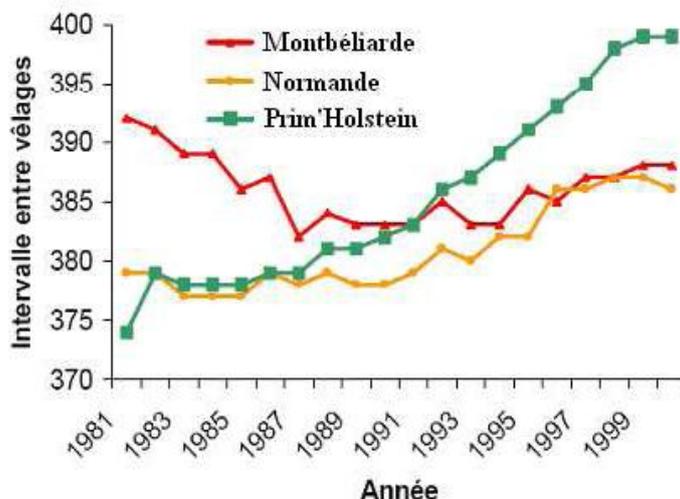
Le temps écoulé entre deux vêlages normaux est le meilleur critère annuel de la reproduction. Il résulte de la somme deux périodes pouvant révéler des problèmes différents : l'intervalle vêlage-première insémination (IV-IA1) et l'intervalle première insémination-insémination fécondante (IA1-IF) [247].

Sur le plan individuel, une vache est dite inféconde lorsque l'intervalle vêlage – insémination fécondante est supérieur à 110 jours.

Au niveau d'un troupeau, l'objectif optimum est un intervalle vêlage - insémination fécondante moyen de 85 jours [246], et peut aller jusqu'à 116 jours [248], et jusqu'à 130 jours pour les exploitations laitières [249].

#### 4.1.3.4. L'intervalle vêlage – vêlage

L'intervalle vêlage – vêlage (IVV), est le critère économique le plus intéressant en production laitière. L'analyse des problèmes de reproduction est basée sur la recherche de facteurs qui sont responsables de son allongement [250]. Les différences entre races sont plus marquées que l'intervalle entre vêlages inclut la durée de gestation qui est plus courte chez la vache de race Prime Holstein (282 jours) que chez la Montbéliarde et la Normande [251] ; [252].



**Figure 4.5 :** Evolution de l'intervalle entre vêlages successifs des trois Principales races françaises [252]

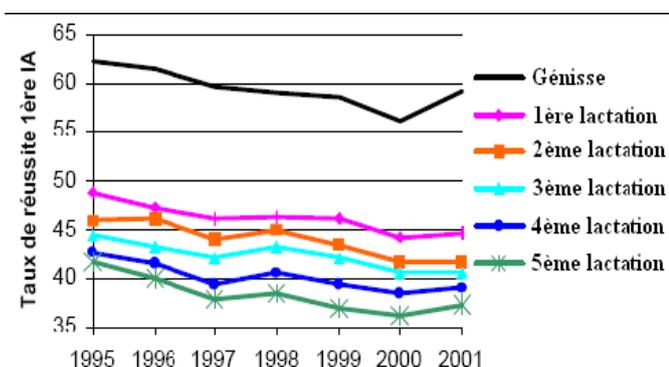
#### 4.1.4. Critères de mesure de la fertilité

Différents critères sont utilisés pour évaluer la fertilité [253], elle est mesurée par :

##### 4.1.4.1. Le taux de réussite à la 1ère insémination « conception rate » ou « fertility rate »

Encore appelé le taux de non-retour en 1ère insémination. Dans la pratique, la valeur de ce critère est appréciée 60 à 90 jours après la 1ère insémination [254].

Dans un troupeau laitier, la fertilité est dite excellente si le taux de gestation en 1ère insémination est de 40 à 50 %. Elle est bonne quand ce même taux est de 30 à 40 % ; elle est cependant moyenne quand il est compris entre 20 et 30% [255].



**Figure 4.6 :** Evolution du taux de réussite en 1ère insémination en race Prime Holstein [252]

#### 4.1.4.2. Le pourcentage de vaches avec 3 I.A (ou Saillies) et plus

Une vache est considérée comme infertile lorsqu'elle nécessite 3 IA (ou saillie) ou plus pour être fécondée [256]. On considère qu'il y a de l'infertilité dans un troupeau lorsque ce critère est supérieur à 15% [257].

#### 4.1.4.3. L'index d'insémination ou indice coïtal :

C'est le rapport entre le nombre d'inséminations (ou saillies) et le nombre de fécondations. Il doit être inférieur à 1.6 [257] ; [258].

#### 4.1.4.4. Détection des chaleurs

La détection des chaleurs constitue l'un des facteurs les plus importants de fécondité mais également de fertilité.

La détection des chaleurs affecte les critères de fécondité et de fertilité d'un élevage bovin, c'est aussi le premier facteur responsable des variations des résultats de reproduction. Bien évidemment, la détection des chaleurs conditionne le succès et le profit de tout programme d'insémination artificielle [259].

Un bon taux de détection de chaleur et de conception permet des opportunités pour le contrôle de la gestation [260].

La difficulté de détecter les chaleurs en temps voulu est la première cause d'infécondité dans un troupeau laitier, différents facteurs peuvent l'influencer :

- La taille du troupeau : des difficultés peuvent être rencontrées dans des petits troupeaux ou dans des petits lots d'animaux car moins il y a de vaches, moins elles expriment de signes de chaleurs. A contrario, dans les élevages à grands effectifs, les chaleurs sont mieux exprimées mais l'éleveur a plus de difficultés à repérer tous ces comportements et finalement le taux de vaches « repeat breeders » semble être proportionnel à la taille du troupeau. [261] ; [262] ; [263] ; [264] ; [265] ; [266].
- La santé des pieds des vaches du troupeau : toutes affections entraînant des boiteries ou des douleurs au niveau des membres, telle que l'acidose à l'origine de fourbure ou les traumatismes, diminuent fortement l'expression

des chaleurs. Cela s'explique par l'inconfort produit pour ces anomalies [261] ; [267].

- La nature du sol et la saison : tout sol dur et glissant inhibe l'expression des chaleurs également suite à l'inconfort que cela confère aux vaches ? [263][267] l'œstrus serait plus long en été qu'au printemps mais le nombre d'acceptations du chevauchement serait plus élevé en hiver qu'en été et au printemps. De même, Landaeta-Hernandez et *al.* [269], observent que le nombre d'acceptations du chevauchement diminue avec l'augmentation de la température ambiante.
- La production laitière : Les vaches hautes productrices ont des chaleurs de courte durée (en moyenne de 6 heures) mais elles sont également plus silencieuses comparées à celles de vaches de moindre production. [261] ; [262] ; [267].
- Le rang de lactation : les primipares ont des chaleurs plus discrètes que les vaches plus âgées [261] ; [265].

Lorsqu'il y'a défaut de détection des chaleurs, c'est le plus souvent le temps passé à l'observation des vaches et de leurs comportements qui est insuffisant ou mal réparti sur la journée. En effet, 70% des chevauchements se font entre 19h et 7h et il ne faut pas oublier qu'environ 25% des vaches ont des chaleurs qui durent moins de 7h [264].

En pratique, Il est important de prévoir les chaleurs pour les détecter avec précision, les enregistrements de l'activité sexuelle des animaux, sont alors essentiels ; il est également recommandé de prévoir deux ou trois périodes d'observation chaque jour, avec une durée de 20 minutes au minimum, pour au moins l'une de ces périodes [270].

Les index de détection des chaleurs peuvent être influencés par l'âge, la nutrition, le niveau de production et la saison [271].

Les vaches ayant une forte ingestion de matière sèche ont une plus grande probabilité d'expression de l'œstrus à la première ovulation et une probabilité de gestation élevée dans les 150 jours de la lactation [272].

#### 4.1.4.5. Diagnostic de gestation

Le diagnostic de gestation est considéré comme un outil important et nécessaire, à tout programme de gestion de la reproduction [273].

Les principales méthodes utilisées sont :

- L'observation des retours en chaleurs : méthode la plus utilisée en pratique, dont la fiabilité est très liée à la qualité de la détection des chaleurs [274] ; [275].

- La palpation transrectale de l'utérus : réalisée par un manipulateur expérimenté (vétérinaire, inséminateur), dès le 40<sup>ème</sup> jour chez les génisses et entre le 55<sup>ème</sup> - 60<sup>ème</sup> jour chez les vaches et peut aller jusqu'à trois mois environ après la fécondation présumée, permet de confirmer, avec un très fort degré d'exactitude, la poursuite de la gestation [276] ; [277].

- Les dosages hormonaux : un faible niveau de progestérone, aussi bien dans le sang, plasma ou sérum, que dans le lait, environ un cycle après insémination, est un diagnostic précoce et fiable de non gestation, limitant l'incidence des faux - positifs [278] ; [279] ; [280] ; [281] ; [282].

- L'échographie: l'utilisation des ultrasons permet un diagnostic de gestation rapide et fiable vers le 26<sup>ème</sup> jour post insémination, les tests effectués plus précocement, comportent des risques de diagnostic faux négatif. L'utilisation des ultrasons permet en outre le diagnostic des gestations gémellaires, la détermination du sexe du fœtus, et le diagnostic des pathologies ovariennes et utérines [283].

Récemment un nouveau test de diagnostic précoce de gestation est commercialisé, ce test est basé sur la détection d'une glycoprotéine associée avec la gestation ECF (Earl conception factor), et serait capable de détecter les vaches gestantes 48 heures après conception [284].

#### 4.1.4.6. L'anœstrus

L'anœstrus se définit comme étant l'absence de chaleurs chez une femelle [285].

La reprise de l'activité ovarienne n'est pas toujours établie dans des délais normaux, et on parle dans ce cas d'anœstrus du post-partum, qui est un syndrome caractérisé par l'absence du comportement normal de l'œstrus (chaleur) à une

période où l'on souhaite mettre les animaux à la reproduction. On distingue en fait plusieurs situations lors d'anœstrus post-partum [286].

Les facteurs de variation de la durée de l'anœstrus postpartum sont les mêmes chez la vache laitière et la vache allaitante [287] ; [288] ; [289].

L'anœstrus postpartum est plus long d'environ 3 semaines chez les primipares que chez les multipares [288] ; [290] ; [291].

L'anœstrus vraie résulte d'une absence de cyclicité ou d'un blocage du cycle [292].

Les performances reproductives des vaches en post-partum sont souvent limitées par la lactation [293], un bilan énergétique négatif chez la vache en post-partum, diminue la sécrétion de LH et retarde le rétablissement de la cyclicité. L'amplitude des pulses de LH ainsi que les diamètres des follicules dominant augmente avec la récupération du bilan énergétique positif [295].

#### 4.1.4.7. Infertilité avec retour en chaleur régulier (repeat breeding)

Le terme anglo-saxon de repeat breeding s'applique à toute femelle infertile revenant en chaleur après une deuxième ou une troisième mise à la reproduction. On parle aussi de vache infertile à chaleurs régulières. Ce syndrome est à l'origine de pertes économiques considérables liées aux coûts des inséminations supplémentaires des traitements mis en place, à l'augmentation du nombre de réformes pour infertilité ainsi qu'à l'augmentation de l'intervalle vêlage-vêlage [297] ; [298].

Les retours en chaleur sans allongement de la durée du cycle ont pour causes principales :

- Des trouble de la croissance folliculaire : kyste folliculaire ovocyte de mauvaise qualité en raison d'un déficit énergétique ou de canicule au cours des deux mois précédents. Ces perturbation de la croissance folliculaire peuvent aussi se traduire après l'ovulation par la formation d'un corps jaune de mauvaise qualité et donc par une mort précoce de l'embryon [289] ; [299] ; [300].
- Des trouble de l'ovulation : suite à une perturbation du pic de LH, absence de l'ovulation décalé dans le temps [301] ; [302].

- Des perturbations de la fécondation : le moment de l'insémination par rapport au début des chaleurs est certainement un point important. Si l'insémination est réalisée plus de douze heures après le début des chaleurs, les chances de non fécondation sont augmentées [303] ; [304].
- La mortalité embryonnaire précoce.

#### 4.2. Besoins nutritifs de la vache laitière

Les auteurs s'accordent à dire que l'alimentation joue un rôle prépondérant dans la maîtrise de la reproduction. On considère que 60 % des troubles de reproduction sont liés à un problème alimentaire [18].

Les erreurs d'alimentation sont fréquemment à l'origine des difficultés de reproduction. Leurs conséquences dépendent du stade physiologique de la vache au moment où elles se produisent [305]. Tous les éléments nutritifs (par exemple, eau, énergie, protéines, minéraux, vitamines) devraient être fournis quotidiennement en quantités suffisantes pour répondre aux besoins des vaches gestantes et maintenir des performances optimales de la vache et du veau [306].

Une mauvaise fertilité entraîne une augmentation des coûts directs, frais d'insémination, frais vétérinaires, ainsi que des coûts indirects liés notamment à la diminution de la longévité par la mise en réforme prématurée, à la diminution du nombre de veaux produits ou encore à la diminution de la capacité de sélection [236].

L'obtention de bons résultats de performances de reproduction en élevage bovin laitier ne peut se faire sans la maîtrise de l'alimentation. Dans cette mesure, le suivi de reproduction ne peut être dissocié d'un suivi du rationnement. Les anomalies liées à l'équilibre de la ration, à sa quantité ou à ses modalités de distribution doivent être évitées tout particulièrement en fin de gestation et en début de lactation [257].

##### 4.2.1. Les 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 corporelle [143], 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 [276].

Les besoins d'entretien varient essentiellement en fonction du poids de l'animal (tableau 5.1) chez le bovin adulte 2 à 4% des protéines totales sont renouvelées chaque jour, soit environ 2 à 3kg sur 85kg pour chaque [143].

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. Cette augmentation 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 [307].

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 [308] ; [309], alors, que 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 [143] ; [310] ; [311].

**Tableau 4.3** : Besoins d'entretien de la vache laitière (étable entravée) en fonction du poids vif[312]

Poids vif (kg)	UFL	PDI(g)	Ca(g)	P(g)
550	4.7	370	33	24.5
600	5.0	395	36	27
650	5.6	420	39	29.5
700	5.3	445	42	31.5

#### 4.2.2. 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 60 kg par an soit 200g/j) et chez les multipares la croissance est plus réduite et les besoins correspondants sont considérablement négligeables [313]. 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 3ans [143].

Pour les minéraux, le besoin de croissance correspond à la minéralisation du dépôt corporel, le plus souvent squelettique ; en raison de la nature du croît (os, muscle, et tissu adipeux), il diminue avec l'âge de l'animal [311].

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 [314].

#### 4.2.3. 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. (Tableau 4.4)

**Tableau 4.4** : Besoins de gestation pour une vache de 600Kg [164]

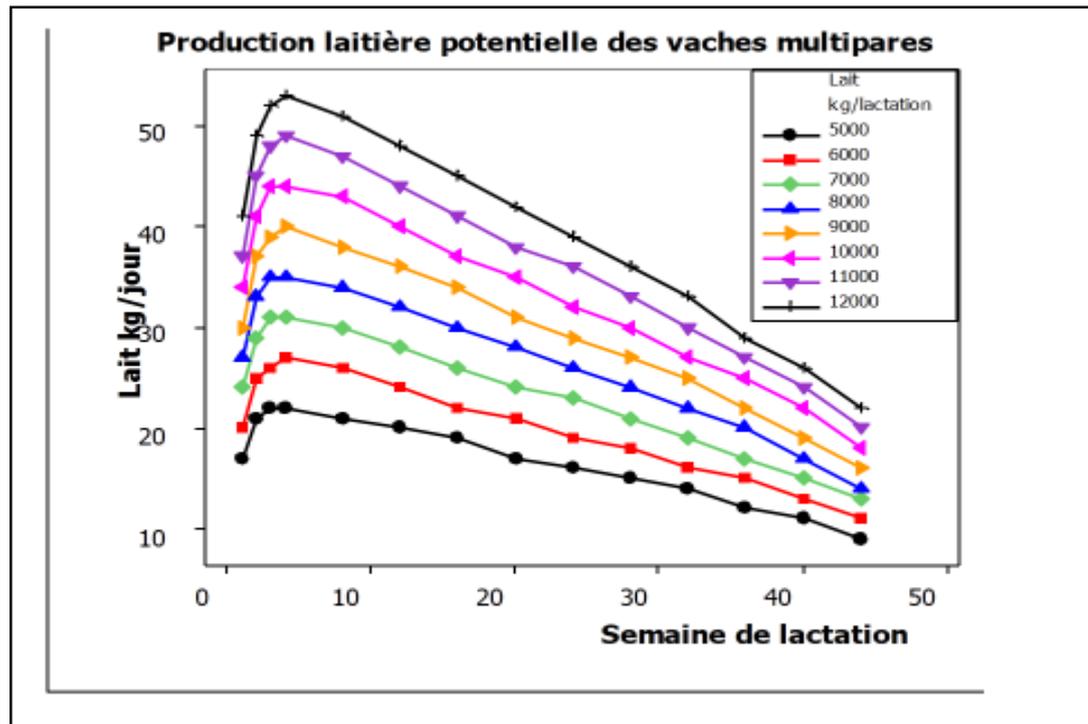
Gestation(en mois)	Besoins				
	Energie(UFL)	Azote (g)		Minéraux(g)	
		MAD	PDI	Ca	P
7	0.9	100	80	9	3
8	1.6	160	130	16	6
9	2.6	240	200	25	9

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 [313].

Les besoins en minéraux ne deviennent significatifs que lors du dernier tiers de gestation et concerne principalement Ca et P [315] ; [316].

#### 4.2.4. Alimentation des vaches laitières au cours de la lactation

Le rationnement alimentaire joue un rôle appréciable surtout pour son aspect qualitatif, il conditionne les proportions des acides gras volatiles (AGV produit lors des fermentations ruminales) et c'est un important régulateur, puisqu'il modifie directement la disponibilité de chacun de ces précurseurs de la lipogenèse mammaire. Ainsi, la matière grasse est l'un des constituants dont les teneurs sont les plus variables [317] ; [318].



**Figure 4.7** : Production laitière potentielle des vaches multipares [318]

En effet, pour déterminer les besoins de lactation d'une femelle, on doit calculer l'énergie du lait selon sa composition [143] ; [144] ; [311].

Ces besoins sont souvent reportés à une composition standard du lait à 4% de matières grasses. Ils sont alors de 0.44 UFL/kg de lait [319].

#### 4.2.4.1. 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.

L'accroissement entre la production initiale et maximale hebdomadaire varie d'environ 6kg de lait pour les faibles productrices à plus de 10kg de lait pour les fortes productrices [320].

Les vaches en début de lactation orientent une grande partie des nutriments ingérés vers la glande mammaire et mobilisent largement les réserves corporelles disponibles [321].

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 [314].

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 [258] ; [322].

La ration en début de lactation doit être constituée de fourrage de bonne qualité (40%), d'un apport en aliment concentré (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 [323] ; [324].

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 [324].

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 [313].

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) [311].

#### 4.2.4.2. Milieu de la lactation

Au cours de la phase décroissante de la lactation, les persistances de la production laitière (entre les semaines 10 et 40) sont plus faibles chez les multipares que chez les primipares (89,2% par mois contre 93,8%) [320] ; [322].

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 [324].

Au fur et à mesure de l'avancée en lactation des vaches, et en relation avec la progression de la gestation, la partition de l'énergie se déplace de la fonction lactée vers les réserves corporelles [326] ; [327].

La reconstitution des réserves corporelles doit commencer dès le milieu de la lactation, de la 12<sup>ème</sup> à la 24<sup>ème</sup> semaine *postpartum*, la vache laitière récupère la perte enregistrée depuis le vêlage [328].

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 équilibré 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 [324], seules les rations de fourrages ayant un rapport PDI/UFL voisin de 100g permettent des niveaux de production identique pour l'énergie et l'azote.

#### 4.2.4.3. Fin de la 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, empêchant ainsi, la naissance prématurée, elle a aussi, un effet inhibiteur sur la lactogénèse, en supprimant la formation des récepteurs à la prolactine, en inhibant la synthèse de la prolactine par la glande pituitaire et en bloquant la liaison des glucocorticoïdes avec leurs récepteurs [329].

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 [330].

De la 24<sup>ème</sup> semaine *postpartum* jusqu'au tarissement, les apports alimentaires doivent assurer la production laitière et les besoins supplémentaires requis par la gestation [331].

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 [314]. 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 [314].

#### 4.2.5. 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 et jusqu'à trois mois pour les grandes reproductrices avant la date de vêlage, il est obligatoire, pour une bonne relance hormonale et la régénération des tissus mammaires [333] ; [334].

Le tarissement (la préparation au vêlage, notamment chez les génisses) 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 vêlag [314].

L'amaigrissement pendant le tarissement est un facteur de risque pathologique [335]. Il est associé à des mises bas lentes et difficiles, des rétentions placentaires, des métrites ou des boiteries [313] ; [335] ; [336] ; [337] ; [338].

Ces troubles présentent généralement des répercussions ultérieures sur la fertilité [339].

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 [310].

#### 4.2.6. Abreuvement

L'eau représente généralement la moitié à deux tiers du poids de l'animal, elle assure de nombreuses fonctions indispensables à la vie, elle se trouve à raison de 70% à l'intérieur des cellules et de 30% dans le sang [143].

Le besoin en eau des ruminants est assuré par l'abreuvement et celle contenu dans les aliments (surtout le fourrage vert), ces besoins varient en fonction de l'alimentation, de la production, de l'état physiologique et de la température [310]. En effet, Boudon et *al.* [340], ont observé que par temps chaud, les vaches peuvent boire 80% de plus de leurs besoins par rapport à la température ambiante.

La femelle 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 [341] ; [342].

#### 4.3. La balance énergétique et la reproduction chez la vache laitière

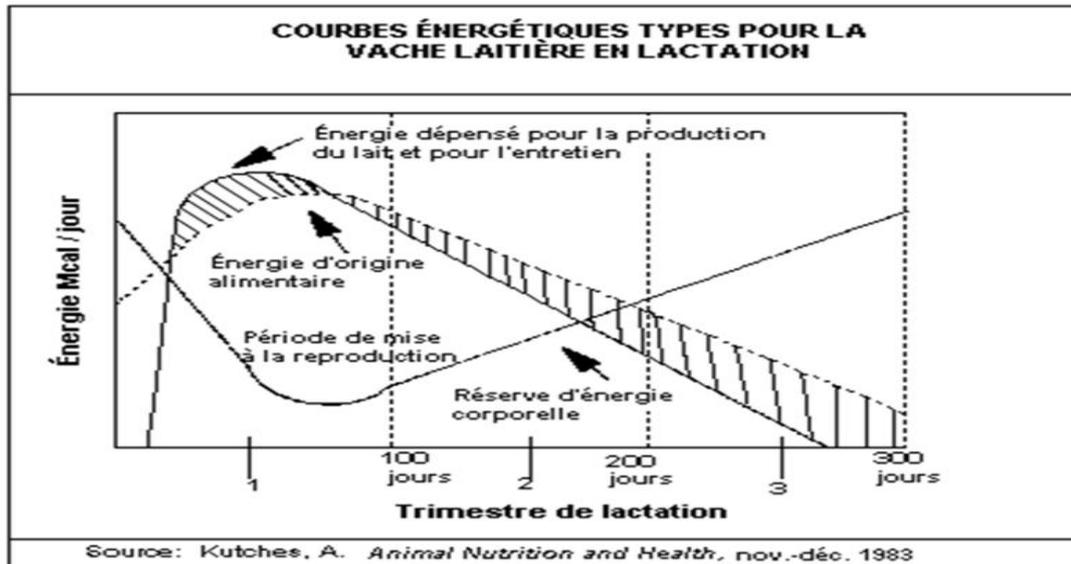
La période de lactation du bovin débute au moment du vêlage et la production de lait atteint son niveau maximum entre 4 à 8 semaines suivant la parturition [343].

Cette production s'accompagne d'une immense demande énergétique. Cette demande en énergie est en partie couverte par la consommation de nourriture. Cependant, le pic de consommation en matière sèche, et donc le niveau maximum d'énergie provenant de l'alimentation, survient après le pic de production en lait [343] ; [344].

Les fonctions de lactation et de reproduction sont en conflit par rapport aux nutriments. Après le part, l'énergie et les nutriments seront dirigés vers la production de lait. Suite à l'écart présent entre la demande et la quantité disponible d'énergie, la balance requise est puisée dans les réserves corporelles de la vache qui entre alors en balance énergétique négative [345].

Cette situation sera renversée au cours de la lactation lorsque la consommation de matière sèche donnera plus d'énergie que ce qui est requis pour la production laitière [346].

Le statut énergétique d'une vache varie est en fonction de la saison, de l'âge de l'animal, de sa production laitière, mais surtout de son stade physiologique. (Figure 4.8)



**Figure 4.8** : Graphique représentant la différence entre l'énergie requise pour la production de lait (ligne noire pleine) et l'énergie provenant de l'alimentation (ligne noire pointillée).

L'écart entre les deux courbes (portion hachurée) est à l'origine de la balance énergétique négative [347].

#### 4.3.1. Influence du déficit énergétique sur les performances de reproduction

La balance énergétique peut être définie comme la différence entre l'énergie nette consommée et l'énergie nette requise pour l'entretien et la production. Parmi les nombreuses anomalies invoqués dans les troubles de reproduction, le déficit énergétique est celui dont les conséquences sont les plus graves : retard d'ovulation [293]; [348], chaleurs silencieuses, baisse de taux de réussite à l'insémination.

Il existe une corrélation positive entre la note d'état corporel et le taux de gestation : une augmentation de 1 point de la note est accompagnée d'une augmentation de 13 % du taux de gestation [296].

Le mécanisme par lequel l'alimentation agit sur l'activité ovarienne n'est pas encore clair [349], cependant, il peut être relié à l'augmentation du taux de cholestérol dans le sang [350] ; [351].

La leptine est une hormone produite principalement par le tissu adipeux. Elle entraîne une diminution de l'appétit et des accroissements de la dépense énergétique, de l'activité physique, de l'activité ovarienne (elle serait notamment un signal impliqué dans le déclenchement de la puberté) et de l'anabolisme musculaire [352].

Les vaches ayant les concentrations plasmatiques les plus hautes en leptine, présentent les intervalles les plus courts entre vêlage et premières chaleurs observées [353].

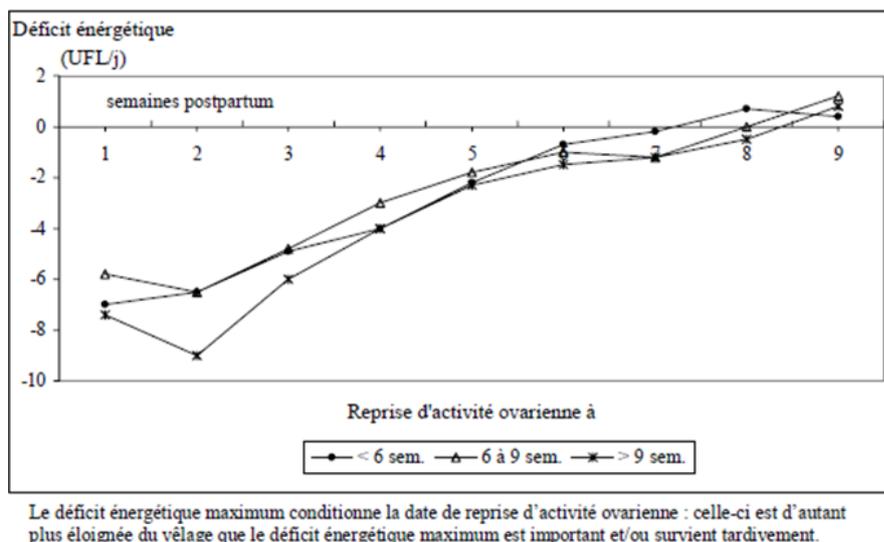
En cas de déficit énergétique, il a été constaté ce qui suit :

- Une diminution de sécrétion de GnRH par l'hypothalamus [354].
- Une diminution de la sécrétion de LH par l'hypophyse et surtout une diminution de la pulsativité de cette sécrétion de LH [293] ; [355], plus importante que le niveau de sécrétion ; il s'en produit alors un ralentissement de la croissance folliculaire, et donc un retard d'ovulation [296].

- Une faible sécrétion de progestérone par le corps jaune, [356] donc un faible TRI1 [357] en plus d'une moindre réceptivité des ovaires à la sécrétion de LH [358].

Il existe une corrélation très significative entre l'IV-1ère ovulation et l'IV- pic de déficit énergétique [359].

Les vaches dont la balance énergétique est négative expriment significativement moins fréquemment leurs chaleurs lors de la première ovulation post-partum. En revanche, il ne semble pas y avoir d'effet significatif du niveau de la balance énergétique sur l'expression des chaleurs lors du cycle suivant [245].



**Figure 4.9** : Effet du déficit énergétique sur la reprise de l'activité ovarienne chez la vache laitière [360]

#### 4.3.1.1. Déficit énergétique chez la génisse

Une ration déficitaire en énergie et, plus globalement, un apport alimentaire insuffisant occasionnent des retards de croissance chez les génisses. Or, la survenue de la puberté dépend très fortement du poids vif, bien plus que de l'âge, le retard de puberté est préjudiciable aux performances de la future reproductrice. Un déficit énergétique ou protéique sévère se solde par l'arrêt des cycles oestriens chez la génisse [361].

En outre, un amaigrissement post-pubertaire affecte sensiblement le taux de conception d'insémination, mais aussi les plus difficiles à maîtriser [257] ; [362].

#### 4.3.1.2. Déficit énergétique pendant la lactation

Le déficit énergétique post partum, est presque systématique pendant les 6-12 premières semaines de lactation, et, concerne 92 % des vaches laitières. Sa durée et son intensité permettent de distinguer les cas pathologiques des cas physiologiques.

Une balance énergétique négative affecte la fertilité de la vache laitière principalement en retardant le délai de la première ovulation *postpartum*, la reprise précoce de l'activité ovarienne étant un facteur majeur de la réussite à l'insémination [205].

Plusieurs facteurs permettent d'expliquer ce déficit énergétique :

- la nature de la ration : en général, la densité énergétique de la ration n'est pas en cause, mais la distribution de PDIA supplémentaires en quantités élevées (tourteaux tannés) pour accroître la production laitière stimule la mobilisation des réserves corporelles et aggrave le déficit énergétique existant [363].
- le niveau de consommation insuffisant, soit par baisse de l'appétit (vaches grasses), soit par compétition devant l'auge si la quantité de fourrage distribuée est limitée ou devant le front d'attaque du silo (les primipares sont les plus affectées) [364].
- une mauvaise utilisation des aliments par les animaux, due à un mauvais équilibre de la ration. Le manque d'azote dégradable ((PDIE-PDIN)/UFL > 4) ou une mauvaise transition alimentaire (acidose chronique) réduisent l'activité de la flore microbienne, l'ingestibilité, la digestibilité des fourrages et la valorisation de l'énergie de la ration [355].

La couverture des besoins énergétiques chez les vaches laitières à fort potentiel s'avère impossible en début de lactation, malgré l'utilisation de fourrages de qualité (impliquant l'obligation d'une transition progressive sur 2 à 3 semaines) et l'accroissement du pourcentage de concentré, progressif également [365].

Les apports recommandés sur les rations complètes proposent une teneur en PDI de 120 g/kg MS en début de lactation, contre 110 g/kg MS chez des vaches en milieu de lactation [366].

Le contrôle du déficit énergétique *postpartum* doit commencer avant le vêlage, par l'utilisation de fourrages riches et/ou par l'introduction de concentrés dans la ration. Il s'agit de trouver un compromis entre une évolution trop rapide de la ration (prédisposant à l'acidose) et une insuffisance d'apports pouvant conduire à l'apparition d'une cétose primaire [367].

#### 4.3.1.3. Déficit énergétique au tarissement

Les besoins énergétiques de la vache au tarissement regroupent les besoins d'entretien et les besoins de gestation ; ceux-ci augmentent de façon exponentielle

pendant le dernier trimestre. Or, pendant cette même période, le niveau d'ingestion ne croît pas (11-15 kg MS/j), la digestibilité diminue (début d'infiltration graisseuse du foie), la transformation de l'énergie métabolique en énergie nette est moins efficace (50 % contre 60 % en lactation [310]).

Les déficits énergétiques pendant le dernier tiers de gestation n'affectent pas la croissance fœtale car les besoins du fœtus sont prioritaires sur ceux de la mère. Une vache multipare perdant de l'état pendant le tarissement est davantage prédisposée aux dystocies, aux rétentions placentaires et aux métrites [368].

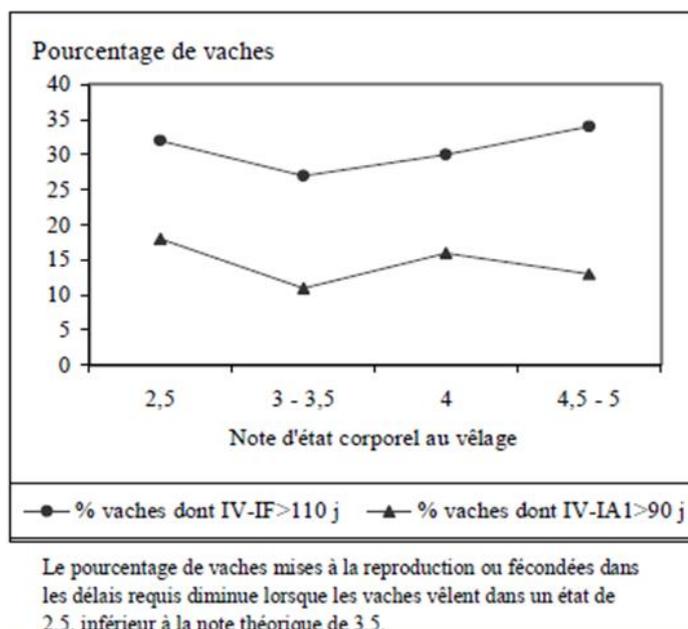
Une glycémie faible, associée à des concentrations sanguines en AGNE et BHB élevées avant vêlage, est corrélée à une incidence accrue de non-délivrances [257].

De plus, l'absence de transition alimentaire entre un régime pauvre en énergie (fourrages) au tarissement et une ration plus riche (concentrés) en début de lactation prédispose à l'apparition de l'acidose, qui diminue l'immunité et favorise l'installation de pathologies métaboliques et infectieuses [369].

Un déficit en énergie ante partum aggrave le déficit énergétique post partum. Les vaches perdent alors de l'état pendant le tarissement : de 3-3.5 en fin de lactation, elles arrivent au vêlage avec une note de 2.5-3, inférieure à l'objectif de 3.5-4. Le bilan énergétique post partum sera négatif plus longtemps et de façon plus intense, la reprise de l'activité ovarienne sera retardée, d'où l'allongement des intervalles IV-1ère ovulation, IVIA1, IV-IF. De plus, l'expression des chaleurs est diminuée et le repeat-breeding plus fréquent [338].

En cas de déficit énergétique après le vêlage, les vaches en bon état corporel au vêlage sont moins touchées que les vaches maigres au vêlage. Les vaches multipares sont moins sensibles à ce déficit que les primipares [370].

Leroy et al, [371], supposent qu'il y a altération de la capacité de synthèse de la progestérone par le corps jaune chez les animaux en déficit énergétique négatif.



**Figure 4.10** : Relation entre note d'état corporel au vêlage et paramètres de reproduction chez la vache laitière [315]

#### 4.3.2. Influence de l'alimentation azotée sur les paramètres de reproduction de la vache laitière

##### 4.3.2.1. Répercussion d'une carence alimentaire azotée sur la reproduction

Un taux azoté de la ration inférieur à 13 % de matière azoté totale (normalement 15 à 17% MAT) aboutit à un déficit énergétique, à l'infertilité et à une diminution de l'urée sanguine (inférieur à 0.20g/l) [372] ; il augmente aussi le risque de rétention placentaire [373]. Il ne provoque pas l'avortement mais peut altérer la résistance du veau [374].

Un déficit en azote dégradable (apport PDIN inférieur à PDIE) limite l'efficacité de la digestion microbienne et entraîne une diminution de production laitière par diminution de l'ingestion. Rare en début de lactation, ce déficit s'observe davantage pour des rations de tarissement où les fourrages sont très déficitaires en azote dégradable. La flore ruminale tolérant alors moins facilement un changement rapide de transition, la moindre capacité d'ingestion en début de lactation entraîne alors une moindre production laitière [376] ; [377].

#### 4.3.2.2. Excès d'azote en début de lactation

L'excès d'azote en début de lactation altère la majorité des paramètres de reproduction : l'IV-IF et IA/IF augmentent, le TRIA1 diminue. Cependant, il semble favoriser l'expression des premières chaleurs post-partum et raccourcir le délai vêlage-1ère ovulation [359] ; [378] ; [379] ; [380]. (Tableau 4.5)

Les effets négatifs d'un régime riche en protéines sur la reproduction sont toutefois controversés [381]. Ces divergences s'expliquent par la diversité de la nature de l'azote et des teneurs en énergie des rations distribuées lors des expérimentations. L'excès d'azote dégradable entraîne d'une part une sollicitation supplémentaire du foie : outre la néoglucogenèse importante en *postpartum* et une éventuelle stéatose, Une alternative, permettant d'accroître le niveau azoté de la ration en limitant un excès d'azote dégradable, passe par l'utilisation de protéines protégées sous forme de tourteaux tannés.

**Tableau 4.5** : Influence de l'excès d'azote alimentaire sur les paramètres de reproduction des vaches laitières [379]

Paramètres de Reproduction	16.3 % MAT/MS	19.3 % MAT/MS
IV-1ère ovulation (jours)	28	16
IV-1ère chaleurs (jours)	45	27
IV-IF (jours)	96	106
IA / IF	1.87	2.47

Il n'est pas exclu qu'un excès d'azote dégradable ou d'azote non protéique durant la période de tarissement et en tout début de lactation puisse avoir un effet différé sur la fertilité, en affectant la qualité des ovocytes au cours des premières vagues folliculaires postpartum [382].

#### 4.3.2.3. Toxicité des composés azotés

L'excès protéique conduit à une élévation des concentrations sanguines et tissulaires en urée et en ammoniac, composés toxiques.

##### 4.3.2.3.1. L'ammoniac

L'ammoniac s'accumule dans les sécrétions du tractus génital sous forme d'ions ammonium : l'acidification du milieu réduit la motilité et la survie des spermatozoïdes, altérant ainsi la fécondation [356]. De plus, l'ammoniac est responsable d'avortements consécutifs à l'inflammation des caroncules placentaires [383]. En outre, il réduit le pouvoir immunitaire des macrophages et des leucocytes, ralentissant alors la stérilisation post-partum de l'utérus ; les métrites qui en résultent créent un environnement dysgénésique pour l'implantation de l'embryon [384] ; [385] ; [386].

##### 4.3.2.3.2. Urée

L'urée, toxique pour les gamètes et les embryons, est responsable des faibles taux de réussite en IA, des mortalités embryonnaires précoces et de l'allongement de l'intervalle entre les chaleurs [350] ; [387].

##### 4.3.2.4. Effet sur les hormones ovariennes

L'excès azoté perturbe la fonction endocrine du corps jaune en agissant directement sur la synthèse de la progestérone ou en altérant la sécrétion de LH [378] ; [388]. Or, la progestéronémie en phase lutéale est corrélée au taux de réussite en insémination. Une baisse de la progestéronémie implique donc une moindre fertilité, en raison de l'importance de cette hormone dans la maturation folliculaire, la descente des embryons dans l'utérus, la sécrétion du lait utérin et le maintien d'un environnement utérin favorable à la poursuite de la gestation [257].

#### 4.3.3. Influence des minéraux, vitamines, oligoéléments sur la fonction de reproduction de la vache laitière

##### 4.3.3.1. Minéraux majeurs

- Le calcium

Des apports calciques importants en début de lactation, associés à la vitamine D, permettent l'accélération de l'involution utérine et de la reprise de la cyclicité ovarienne. La carence en calcium se traduit par des troubles de la fécondité : retard d'involution utérine et d'apparition de cyclicité après le vêlage [285].

- Le phosphore

Les carences en phosphore sont classiquement invoquées lors de troubles de la fertilité chez les vaches laitières. Lorsque le déficit phosphorique excède 50 % des besoins, on constate une augmentation de la fréquence du repeat-breeding, des kystes ovariens, et des anœstrus.

Ainsi, on estime qu'il y a dégradation de réussite à l'insémination lors d'un excès de 20 g de phosphore Ou d'une carence de 10 g. [372] ; [389].

Les déséquilibres en phosphore de  $\pm 10$  g par rapport aux besoins ont toujours pour conséquence une chute du taux de fertilité [390].

Les excès en minéraux (en particulier le phosphore) au tarissement influent défavorablement sur la fertilité [391], dont le taux de réussite en première insémination est de :

-27.5 % si l'alimentation phosphocalcique est en excès.

41.1 % si l'alimentation phosphocalcique est équilibrée.

- Le magnésium

Des longs vêlages, des non délivrances, et des retards d'involution utérine suite à une diminution de contractilité du myomètre, ont été liés à des carences en magnésium [285] ; [390].

Des apports de 2 g/Kg de MS dans les troupeaux sujets aux vêlages difficiles, aux rétentions placentaires et aux métrites sont recommandés [313].

#### 4.3.3.2. Minéraux mineurs

- Le sélénium

Les besoins en ce minéral, se situent entre 0.1 et 0.2 mg /kg de MS [303] ;[392]. Pendant la lactation, si la complémentation en cet élément est insuffisante, les vaches peuvent se trouver fortement carencés au tarissement et être particulièrement exposés aux rétentions placentaires, aux infections mammaires[335] aux métrites, voire aux kystes folliculaires [258].

- Le manganèse

La carence en manganèse est responsable d'un retard de puberté chez les génisses, et d'une diminution de la fertilité chez les vaches. [393] Elle peut aussi diminuer l'activité ovarienne et entraîner une baisse du taux de réussite ou des avortements [257].

- Le zinc

La carence en zinc peut provoquer une perturbation du cycle œstral et des rétentions placentaires [392].

- L'iode

L'iode, par le biais des hormones thyroïdiennes, stimule l'activité gonadotrope de l'hypophyse. [257] De ce fait, une carence en iode se traduit par une diminution voir un arrêt de l'activité ovarienne [392] ;[393]. Elle peut même diminuer le taux de réussite des inséminations et entraîner, au plus tard, un arrêt du développement foetal, des avortements, des mortinatalités et des rétentions placentaires[257] ; [393].

- Le cuivre

Les carences en cuivre peuvent entraîner une diminution de l'appétit et de l'activité ovarienne, des mortalités embryonnaires et des avortements [393], voire même, des rétentions placentaires et des retards de l'involution utérine [257] ; [394].

- Le cobalt

Cet élément est essentiellement présent dans la vitamine B 12. Chez les ruminants, Les ovaires sont non fonctionnels en cas de carence en cobalt [257].

#### 4.3.3.3. Les vitamines

- La vitamine A

La carence en vitamine A est responsable des irrégularités du cycle œstral par altération de l'appareil reproducteur à savoir, dégénérescence folliculaire, défaut de ponte ovulaire ou de nidation [314]. Elle peut même diminuer le taux de fécondation et provoque des avortements, des rétentions placentaires [257] ; [303] et des métrites [395].

- La vitamine D

Elle joue un rôle dans le maintien de la teneur en Ca, ainsi que du magnésium, du fer et du Zinc [314].

En cas de carence, le métabolisme phosphocalcique se trouve perturbé avec toutes ses répercussions sur les performances reproductives ; dans ce sens, une augmentation de l'intervalle vêlage – 1ère chaleur [396].

- La vitamine E

La vitamine E agit de façon conjointe avec le sélénium [314].

L'apport recommandé en vitamine E est de 15mg/kg de MS de ration, soit environ 180 mg par jour pendant le tarissement et 300mg /jour pendant la lactation. [257]

**Tableau 4.6** : Troubles de la reproduction de la vache laitière en fonction des Déséquilibres minéraux et vitaminiques [311]

Fonction perturbés	Carences	Excès
Développement des organes sexuels	Cu, Mn, Co	
Survenue de la puberté	P, Cu, Mn, Co, I	
Chaleurs discrètes	Ca, P, Na, Cu, Zn, Mn, Co, I, vitA	
Cycles irréguliers- Anoestrus	P, Cu, Zn, Mn, Co, I, vitA, vitD,  (vitC), $\beta$ -carotène ?	K, F
Kystes ovariens	Ca, P, I, Cu, Zn, Mn, vitE+Sé, vitA,  (Na), $\beta$ -carotène ?	K, Mn
Fécondation- Implantation	P, Cu, Zn, Mn, Co, I, Sé+vitE, vitA,  $\beta$ -carotène	F
Mortalité embryonnaire	Cu, Sé, vitA, $\beta$ -carotène	
Anomalies du développement foetal	Ca, P, Sé, Mn, I, vitA, vitE, vitD	
Avortement	Cu, Mn, Co, I, Sé, vitA	I
Dystocie- Involution utérine retardée	Ca, Mg, Cu, Zn, Co, I, vitA, vitD, (Na)	
Rétention placentaire- Métrites	Ca, Mg, P, Cu, Zn, I, vitA, vitE+Sé	K
Spermatogenèse	Cu, Zn, vitA, VitE+Sé	

#### 4.4. Evaluation de l'état d'embonpoint : un critère d'estimation des réserves corporelles

Les changements de réserves d'énergie influencent considérablement la productivité des vaches laitières, leur état sanitaire et leur reproduction. La notation de l'état corporel permet d'apprécier indirectement le statut énergétique d'un animal, par l'évaluation de son état d'engraissement superficiel [397].

La demande d'énergie pour la production en début de lactation est plus importante que l'énergie fournie via la voie alimentaire. Il en résulte une mobilisation adipeuse importante [398] ; [399].

La durée et la sévérité de cette balance énergétique négative peuvent être défavorablement associées avec les performances de reproduction, principalement la fécondité ainsi qu'avec l'état de santé général, principalement les cétooses [400].

La fonction de reproduction est sensible aux variations de la disponibilité des ressources alimentaires [401].

##### 4.4.1. L'intérêt de la notation de l'état d'embonpoint

La notation de l'état corporel est une estimation subjective des réserves d'énergie métabolisable dans le tissu adipeux [398].

La notation d'état corporel est un outil de choix pour les scientifiques et les éleveurs : outre son faible coût et sa facilité de mise en œuvre, cette technique bien maîtrisée permet une estimation fiable de l'état d'engraissement [402].

La note d'état d'engraissement reflète la quantité de réserves corporelles disponible pour l'entretien, la croissance et la lactation [403].

Les scores ont été désignés pour refléter le degré d'adiposité apparente de la vache, ces scores ont été qualifiés de notes d'état corporel. Indépendamment de l'échelle utilisée, les valeurs faibles reflètent un état d'émaciation et les valeurs élevées sont assimilées à un état d'obésité [404] ; [405].

La notation de l'état corporel est largement utilisée pour évaluer l'équilibre énergétique des vaches et fournir des informations sur l'alimentation, aussi bien que le statut sanitaire du troupeau [406] ; [407] ; [408].

L'ajustement du programme nutritionnel pour obtenir une condition physique à différents stades de la production est nécessaire pour améliorer l'efficacité de la production [409].

#### 4.4.2. Méthode de détermination et de l'état d'embonpoint

La note de l'état corporel peut être attribuée à une vache, soit par l'appréciation visuelle, soit par la palpation ou en combinant les deux. Pour les bovins avec des poils longs, la palpation est de valeur [409] ; [410].

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 ischiatiques (pointe de la fesse), 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 [385].

Chaque critère anatomique se voit attribuer par un observateur une note de 0 à 5, la note globale correspondant à la moyenne de 6 notes (avec une précision de 0,5 point), de 0 pour vache cachectique à 5 pour vache très grasse [411]. (Tableau 5.5)

La note d'état corporel reflète la quantité de réserves corporelles disponible pour l'entretien, la croissance et la lactation [403]. Sur l'échelle de 0 à 5, la variation d'un point de note d'état représente une variation de 53 kg de poids vif [403], soit environ 40-45 kg de masse corporelle et 30 kg de lipides [290].

**Tableau 4.7** : Principaux critères d’appréciation de l’état corporel des vaches laitières Prim’Holstein [411]

NOTE	NOTE ARRIERE				NOTE DE FLANC	
	Pointe des fesses	Ligament sacro-tubéral	Détroit caudal	Epine dorsale	Pointe de la hanche	Apophyses vertébrales
5	Invisible	Invisible	Comblé	Invisible (dos plat)		
4	Peu visible	Peu visible	Presque comblé	A peine visible		Epineuses réparables
3	Couverte	Bien visible	Limites planes	Visible, couverte		Epineuses Visibles
2	Non couverte	Légèrement couvert	Légèrement creusé	Ligne marquée	Crête invisible	Transverses à angle vif
1		En lame	Profond	Ligne irrégulière	Crête visible	Transverses Séparées
0		Très saillant	Très creusé	Corps vertébral apparent		

Une vache maigre semble très tranchante et anguleuse, alors qu’une vache grasse semble lisse et carrée avec des structures osseuses cachées à la vue et au toucher [410]. Cette évaluation est réalisée en attribuant un score à la quantité de graisse observée sur plusieurs parties du squelette de la vache [412]. (Voir la méthode d’évaluation (Appendice A).

Il existe différentes échelles de notation, de 0 à 5 (Royaume Uni), de 1 à 5 (Etats-Unis), de 1 à 8 (Australie), de 1 à 9 (Etats-Unis) et de 1 à 10 (Nouvelle-Zélande), mais le système le plus couramment utilisé pour les vaches laitières est une échelle de 1 à 5, avec 1 pour une vache émaciée, 2 mince, 3 moyenne, 4 grasse et 5 obèse [413] ; [414] ; [415].

Dans la plupart des cas, le score de la base de la queue est utilisé, mais il peut être ajusté par un demi-point s’il est très différent de la région lombaire, dans ce cas :

- Noter la région de la base de queue en palpant la quantité de graisse, cela donne une meilleure estimation que l’inspection visuelle seule en raison des poils.
- Noter la région lombaire de la même manière, en utilisant la même main, quand la vache est détendue.

**Tableau 4.8** : Ajustement du score de la base de la queue selon le score de la région lombaire [416]

Note de la base de la queue	Note de la région Lombaire	Différence	Ajustement	Note de la base de la queue ajustée
4.0	2.5	1.5	-0.5	3.5
1.5	2.5	1.0	+0.5	2.0
3.0	2.5	0.5	aucun	3.0

#### 4.4.3. Moment de détermination de l'état d'embonpoint

L'évaluation de la condition physique des vaches chaque 30 jours fournit des informations utiles pour être un outil de gestion précieux. Cependant, il est important d'évaluer l'état corporel tout au long de l'année [406].

Le suivi de l'état corporel durant la période entourant le vêlage est un outil intéressant pour évaluer le bilan énergétique d'une vache en début de lactation [398] ; [417].

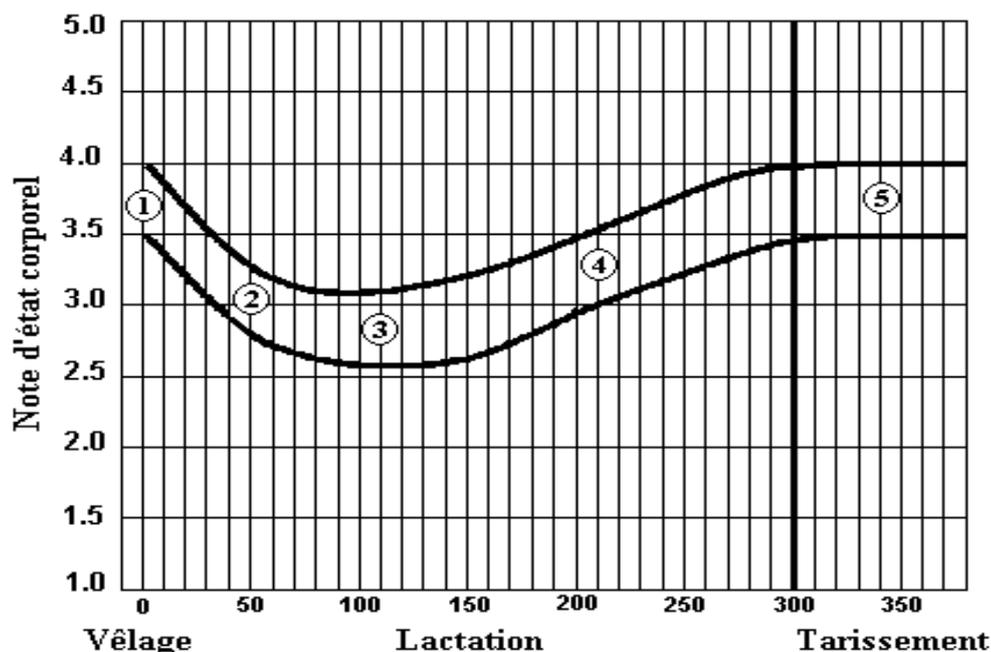
Les trois meilleurs moments de l'évaluation de l'état corporel sont :

- Le mois suivant le vêlage, ainsi des ajustements de l'alimentation peuvent être réalisés sur des bêtes qui ont vêlé trop minces ou trop grasses
- Au milieu de la lactation.
- A la fin de la lactation, afin que les rations pendant la période de tarissement puissent être ajustées de façon à ce que le score de l'état corporel soit optimal pour le vêlage [404] ; [409] ; [411].

Les bovins peuvent aussi être notés lors du vêlage pour surveiller l'efficacité du programme d'alimentation des vaches taries.

Les génisses doivent être notées au moins trois fois avant le vêlage.

Les vêles doivent être notées à l'âge de 6 mois, pour être certain qu'elles ne gagnent pas de poids trop vite ou trop lentement. Ces deux conditions peuvent affecter le développement mammaire [412].



**Figure 4.11** : Grille de profil de note d'état corporel et représentation des valeurs idéales pour une vache laitière multipare [418]

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<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> mois *postpartum* ;

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.

La variation de poids vif de l'animal fonctionne comme un critère supplémentaire de suivi de l'adaptation physique au déficit énergétique de début de lactation [419] ; [420].

La notation permet d'estimer les pertes de tissus adipeux [405] ; [421].

#### 4.4.4. L'état d'embonpoint au tarissement

Les vaches grasses au tarissement ( $\geq 4,0$ ) ont 2,5 fois plus de risque de manifester des kystes ovariens durant la lactation suivante que les vaches en bon état d'embonpoint [337]. Les vaches avec des notes d'état corporel élevées pour toutes les parités, sont moins susceptibles d'avoir des ovaires inactifs que les vaches avec des notes faibles. Les vaches qui perdent plus de leur état corporel pendant la période de tarissement sont 2,1 fois plus susceptibles d'avoir des ovaires inactifs [338].

#### 4.4.5. L'état d'embonpoint et la reproduction

La performance de reproduction est significativement affectée par le poids et l'état d'embonpoint à des points clefs et par des changements de l'état corporel et du poids au cours de lactation. La reproduction est compromise par l'équilibre énergétique négatif ; si la sévérité de ce déséquilibre augmente, la probabilité de succès de gestation devient faible [422].

La relation du score de l'état corporel au moment de la reproduction avec le taux de gestation, l'intervalle vêlage et le poids au sevrage, suggère que le maintien d'un score adéquat immédiatement avant, pendant et après la saison de reproduction peut être plus crucial pour maintenir une performance de reproduction correcte [423].

Après la mise-bas, la vache laitière se retrouve en situation de sous-alimentation relative. L'ingestion est insuffisante pour couvrir les besoins compte-tenu du niveau élevé de production laitière qui engendre des besoins importants (par exemple, 14,5 UFL pour une production de 35 kg de lait avec un taux butyreux de 36 g/kg [424].

Il y a alors une mobilisation des réserves corporelles, d'autant plus importante que la production laitière est élevée et que le bilan énergétique est négatif [421].

Les changements dans l'activité ovarienne post-partum sont généralement liés plus à un bilan énergétique négatif. La relation entre le bilan énergétique et l'activité post-partum en matière de reproduction est confirmée par des intervalles

premières ovulations plus longs chez les vaches avec une perte de condition physique plus importante [425].

Les vaches ayant un faible score à la parturition ont de mauvaises performances de reproduction [338], probablement à cause d'un retard de la cyclicité [344] ; [338]. Les génisses grasses ne se reproduisent pas aussi facilement et auront une incidence plus élevée de difficultés de vêlage [412]. Les vaches jeunes nécessitent environ un point de plus pour atteindre les mêmes performances de reproduction que les vaches matures, car elles ont des besoins de croissance en plus [410].

#### 4.4.6. L'état d'embonpoint et la cyclicité

Si le bilan énergétique d'une vache est négatif, la capacité de l'utérus à se rétablir après le vêlage est altérée. Comme le tissu est mobilisé, il est probable que ces changements métaboliques endommagent également les ovocytes. Ces changements augmentent le temps de la première ovulation et réduisent les taux de conception et le développement embryonnaire précoce [426].

Les pertes d'état d'au moins 0,75 point après le vêlage retardent aussi la reprise de la cyclicité [293] ; [427].

Si l'état corporel est trop bas au vêlage, la durée de l'anœstrus postpartum est augmentée [426] ; [428].

Les vaches perdant plus d'une unité sont prédisposées à de longs intervalles vêlage premières ovulations [429]. Si le pourcentage de matières grasses et le niveau de production laitière constituent des objectifs prioritaires, l'état d'embonpoint lors du vêlage pourra être supérieur aux valeurs recommandées, et inférieur si l'objectif est l'optimisation de la ration alimentaire [331].

L'influence de l'alimentation avant vêlage est un facteur majeur qui contrôle la longueur de temps entre le vêlage et le retour à l'œstrus [410].

Il semble que l'état corporel au vêlage est important dans l'apparition de l'œstrus [415]. Le maintien du score au cours de la période post-partum est également important pour assurer la cyclicité tôt dans la saison de reproduction

[430]. Beaucoup de vaches laitières ne manifestent des chaleurs que si elles sont dans un bilan énergétique positif [410].

Les notes d'état corporel élevées avant le vêlage, au vêlage, ou pendant la lactation sont associées à une plus grande probabilité de vaches non détectées en œstrus [430] ; [431]. Les vaches qui perdent plus de condition physique et de poids entre le vêlage et le point le plus faible de l'état corporel ont un risque significatif réduit d'être détectées en œstrus [288] ; [432].

Des études ont montré qu'une vache avec une NEC inférieure à 2,5 a une diminution de 10% de son taux de réussite en première insémination par rapport à celles ayant une NEC intermédiaire [205] ; [304].

#### 4.4.7. L'état d'embonpoint et la gestion de l'alimentation

Chez les vaches laitières, le fourrage et les aliments concentrés sont nécessaires pour une production importante de lait qui, généralement atteint le pic cinq à huit semaines après le vêlage. 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 [433] ; [434].

Lorsque le score de l'état corporel est pratiqué régulièrement, les informations peuvent être utilisées pour formuler des décisions de gestion et d'alimentation [410]. Cela permet aussi, d'alimenter des groupes de vaches en fonction de leur rendement en lait et de leur état corporel [435].

Le but de la période de tarissement est simplement de maintenir l'état corporel [404].

Une étude récente a permis de démontrer que la perte de poids durant le tarissement et un facteur prédisposant associant des problèmes de santé, et une réduction performances productive et reproductive sur des vaches Holstein [436].

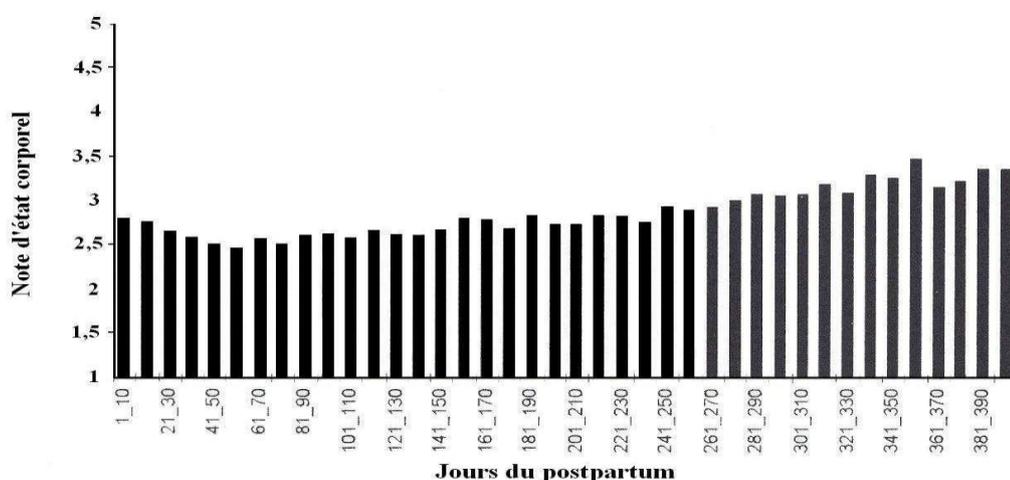
La période entre le sevrage et le vêlage est donc un moment où il est facile de modifier l'état corporel de la vache, puisqu'une vache tarie a seulement des besoins nutritionnels d'entretien et de développement du fœtus. Déterminer le statut

nutritionnel du troupeau par la notation de l'état d'embonpoint au moment du sevrage ou 100 jours avant le vêlage est cruciale. Il permet aux producteurs un temps pour élaborer des programmes nutritionnels qui permettent d'atteindre un état corporel optimal lors du vêlage [408] ; [409] ; [437] ; [438].

Pour les génisses, il est important de les contrôler deux mois environ avant le vêlage, ainsi les niveaux d'alimentation peuvent être changés afin d'éviter des difficultés de naissance et des problèmes métaboliques après la parturition [412].

Un état corporel insuffisant au vêlage est lui aussi défavorable à la reproduction avec une durée d'ancœstrus plus longue ou une fréquence plus élevée des rétentions placentaires et des métrites [335] ; [439] ; [338] ; [339].

L'état corporel de la vache laitière suit une évolution caractérisée par 2 grandes phases : l'une comprise entre le vêlage et le 60<sup>ème</sup> jour de lactation, l'autre au-delà du 60<sup>ème</sup> jour.



**Figure 4.12** : Evolution de l'état corporel moyen au cours du *postpartum* chez les vaches laitières [440]

Au cours de la première phase, une diminution significative de l'état corporel est observée avec une valeur moyenne diminuant de 2,8 à 2,5 points durant les 60 premiers jours de lactation [398] ; [440] ; [441]. 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 [442]. La diminution d'un point est tolérée par vache [405], au niveau du troupeau 0,5 point [433].

La production laitière moyenne augmente après le vêlage pour atteindre un pic dans les 4 à 8 premières semaines de lactation, tandis que la consommation alimentaire est maximale entre la 12<sup>ème</sup> et la 15<sup>ème</sup> semaine : la prise d'énergie reste plus faible que la quantité d'énergie nécessaire à la production laitière [239] ; [443] ; [444].

En compensation de ce déficit, la vache utilise ses réserves de graisse [445].

La seconde phase observée sur la courbe d'état corporel se situe au-delà du 60<sup>ème</sup> jour *postpartum*, avec une augmentation significative de 2,5 à 3,4 points. [440][446] Celle-ci traduit la reconstitution des réserves énergétiques de l'animal, liée au rétablissement de sa capacité d'ingestion de matière sèche ainsi qu'à l'activation de la lipogenèse au détriment de la lipolyse qui diminue. Les excédents de nutriments absorbés seront ainsi stockés dans les tissus de réserve, 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. [446] ; [447].

**DEUXIEME PARTIE**  
**ÉTUDE EXPERIMENTALE**

## **CHAPITRE 5**

# **EFFET DE L'ALIMENTATION SUR QUELQUES PARAMÈTRES DE FERTILITÉ DES VACHES LAIITIÈRES DANS LA MITIDJA**

## Introduction

L'élevage doit produire plus, mieux et à moindre coût afin de contribuer à assurer la sécurité alimentaire. L'alimentation des animaux est l'un des postes les plus importants des coûts d'élevage [448] ; [449].

Pour permettre une production laitière optimale, la vache doit remplir l'objectif de donner un veau par an. Pour cela elle doit être gestante 90 jours après son vêlage. Cela souligne l'importance d'avoir une fertilité maximale après celui-ci. C'est l'enjeu de tout élevage : avoir une bonne fertilité en ayant une production laitière suffisante pour subvenir aux besoins de l'éleveur.

Ce niveau de rentabilité est conditionné par un diagnostic des performances du cheptel en s'appuyant sur de critères objectifs d'évaluation, ce qui permettra de dresser un bilan moyen de fécondité et les actions visant à l'améliorer.

Le problème majeur que rencontre la production laitière est lié à l'alimentation du bétail qui constitue le premier poste de dépense pour les éleveurs [450] ; [451], ajouté à cela une maîtrise technique médiocre et une mauvaise conduite de la reproduction [452] ; [453].

Une alimentation correcte et rationnelle permet aux femelles d'extérioriser d'excellentes potentialités aussi bien du point de vue de la croissance que de la reproduction.

Un déséquilibre entre apports alimentaires et les besoins en métabolites qui sont nécessaires à la production de lait peut causer des états pathologiques [454]. Une mauvaise fertilité entraîne une augmentation des coûts directs, frais d'insémination, frais vétérinaires, ainsi que des coûts indirects liés notamment à la diminution de la longévité par la mise en réforme prématurée, à la diminution du nombre de veaux produits ou encore à la diminution de la capacité de sélection [236].

Le profil d'état corporel d'un animal dépend aussi des pratiques d'alimentation au sein d'un élevage La production laitière individuelle est donc également le reflet des pratiques d'alimentation de l'éleveur [382].

Ainsi pour mesurer l'impact de l'alimentation sur la reproduction, il est nécessaire d'étudier le bilan de la reproduction à partir de différents paramètres de fertilité et de fécondité [15]. La notation de l'état corporel des vaches, permet de

trier les animaux en différents groupes, pour gérer l'alimentation en fonction des besoins afin d'améliorer les performances de reproduction et laisser plus de temps pour une utilisation des compléments alimentaires [410].

### 5.1. Objectif

Notre travail s'est déroulé au niveau de la station bovine de l'ITELV, (Institut Technique Des Elevage) de Baba Ali et ce, pour faire un état des lieux et un suivi des pratiques alimentaires ainsi que leur effet sur les performances de reproduction notamment la fertilité des vaches laitières.

En vue d'atteindre cet objectif nous avons établis la démarche suivante :

- Collecte des informations relatives à la situation du cheptel bovin laitier de la station.
- Suivi des vaches laitières autour du part pour cerner les différentes causes de l'infertilité.
- Caractérisation chimique des fourrages cultivés en vert et en sec destinés à l'alimentation du troupeau.
- Evaluation de la note d'état corporel des vaches laitières durant les périodes critiques, pour l'évaluation de l'efficacité de la ration alimentaire.

La durée de l'expérimentation étant de 06 mois (décembre 2014-mai 2015), nous avons utilisés aussi les données de l'ITELV pour les deux années précédentes.

La combinaison enquête et suivi permet d'avoir une vision plus correcte du fonctionnement de l'exploitation.

### 5.2. Présentation de la région d'étude

l'ITELV est situé dans la plaine de la Mitidja, la station 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- Chebli .La station est limitée à l'est par Oued El Harrach , à l'ouest par la voie ferré Alger-Oran , au nord par la localité des Zouines et au sud par les habitations de la cité Baba Ali.

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 saturations , l'une destinée aux élevages des monogastriques (aviculture, cuniculture, apiculture et l'élevage des autruches) et celle des ruminants (bovins, ovins et caprins), lieu de notre essai.

Afin de pallier aux périodes de disettes et de rupture d'aliment concentré ; la ferme cultive des fourrages verts (Luzerne, Bersim, Sorgho, Ray-grass et Orge) assurant ainsi un stock alimentaire sous forme d'ensilage ou de fourrage fané.



**Figure 5.1** : Image par satellite de la station bovine de L' ITELV.

### 5.2.1. 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 %. [454].

### 5.2.2. 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 mensuelle (°C) de l'année 2014 [454]

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

### 5.2.3. Pluviométrie :

Pour l'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 [454].

**Tableau 5.2** : Répartition mensuelle moyenne des précipitations en mm de l'année 2014 [454]

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

### 5.3. Matériel et méthodes

#### 5.3.1 Matériel animal

La station expérimentale ruminant de l'ITELV de Baba Ali dispose de vaches laitières de différentes races, de race Prim Holstein, Brune des Alpes et Montbéliarde multipares, le suivi a été effectué sur un effectif global moyen de 31 vaches laitières. 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. Le dépistage prophylactique est permanent avec des vermifugations systématiques et des vitaminothérapies.

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

- VL indemne de toutes maladies ;
- VL à différents stades physiologiques ;
- VL à différents rang de mise bas.

### 5.3.2. 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 y a 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 pour l'année d'expérimentation

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec
Aliment												
Foin d'avoine												
Concentré												
Orge en vert												
Avoine en vert												
Sorgho en vert												
Ensilage d'avoine												

### 5.3.3. Mesures réalisées

#### 5.3.3.1. Evaluation de la composition chimique des fourrages de l'ITELV

##### 5.3.3.1.1. 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.

#### 5.3.3.1.2. 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 [456]. Les résultats sont rapportés à la matière sèche. Toutes les mesures ont été effectuées en trois répétitions au laboratoire d'analyse de L'ITELV.

##### 5.3.3.1.2.1 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

##### 5.3.3.1.2.2. Teneurs en matière minérale

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

##### 5.3.3.1.2.3 Teneurs en matière organique

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

La teneur en MO en % = 100 – MM

#### 5.3.3.1.2.4 Teneurs en cellulose brute :

Elle a été déterminée par la méthode de Weende. Après hydrolyse des constituants non cellulosiques respectivement par une solution acide (6,8 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> / 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

#### 5.3.3.1.2.5 Teneurs en matières azoté totale(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

#### 5.3.3.2. Mesure des performances zootechniques :

##### 5.3.3.2.1. Notation de l'état corporel :

Pour la notation de l'état corporel, l'observation s'est faite mensuellement selon la méthode décrite par Rodenburg [418] 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.

#### 5.3.3.2.2. Evaluation des performances de reproduction

L'expérimentation a porté sur les vaches laitières, plus précisément sur les vaches laitières en péripartum, le suivi s'est fait sur la période de tarissement, du vêlage et du post-partum (voir Appendice B : Tableau récapitulatif des vaches laitières de l'ITELV au titre de l'année 2014).

Les potentialités reproductrices du troupeau, à savoir fécondité et fertilité, ont été appréciées selon les formules suivantes. (Tableau 5.4.et 5.5)

**Tableau 5.4** : formule de calcul des paramètres de fertilité et les objectifs à atteindre [457]

Paramètres de fertilité	Formules	Objectifs
Taux de réussite en première insémination TRI1	$TRI1 = \frac{\text{nombre de VL avec une seule IAF}}{\text{le nombre de VL inséminées}}$	>60%
Pourcentage de vache laitières à trois IA et plus (%VL à 3 IA et plus)	$\% \text{ VL à 3 IA et plus} = \frac{\text{nombre de VL avec 3 IA et plus}}{\text{nombre de VL inséminées}}$	< 15%
Indice coïtal (indice de fertilité)	$\text{Indice coïtal} = \frac{\text{Nombre IA}}{\text{Nombre IAF} = \frac{\text{nombre total d'IA}}{\text{nombre d'IA fécondante}}}$	<1.6

**Tableau 5.5** : Les critères de fécondité et les objectifs prévus [458]

Critère de fécondité	Objectifs
Période d'attente (PA)= IV-IA1	<70 jours
Période de reproduction (PR)= IA1-IAF	30 jours
IV-IAF= PA +PR	<90 jours
IV-V	365 urs

#### 5.3.4. Analyses des données :

L'objectif premier de cette étude, est de faire un état des lieux des pratiques alimentaires, le traitement des résultats est effectué avec Microsoft EXCEL 2016 nous a permis de faire une analyse descriptive des données dans le but de discuter leur évolution. Les résultats sont confrontés aux grilles conventionnelles d'appréciation des paramètres de reproduction.

#### 5.4. Résultats et discussion

Au total 30 vaches laitières (V.A) tous rangs confondus sont prise en compte dans l'ensemble du troupeau (n=31).

##### 5.4.1. Les paramètres de fertilité

##### 5.4.1.1. Taux de réussite en première insémination et index d'insémination

Tous les paramètres de fertilité sont reportés dans le tableau 5.6

**Tableau 5.6** : Paramètres de fertilité des vaches laitières de l'ITELV

Paramètres de fertilité	Pourcentage	Norme
Taux de réussite en 1 <sup>ère</sup> IA(n= 14)	46.66	>60%
% VL à 3 IA (n=11)	36.66	<15%
Index d'IA	2.14	<1.6

Ces résultats sont loin des valeurs références décrites par Hagen et Gayrand [457], de même Zineddine et al. [459] au niveau de l'ITELV de sidi Belabbès, sur un effectif similaire de vaches Holstein canadienne Pie Noire ont obtenu un taux de réussite en 1<sup>ère</sup> IA de 66,7% et un IF de 1.5%. Nos résultats semblent meilleurs que ceux rapporté par Mefti et al. [460], qui ont obtenu des résultats inférieurs aux nôtres dans une étude faite dans la région de Médéa, un TRIA1 de 25,81% en moyenne et un IF de 2.38%.

Nos résultats semblent concorder avec ceux de Kalem [461], qui dans une méta analyse dans la région de Tizi Ouzou avance que quel que soit la race des

vaches (Abondance, Fleckvieh, Holstein Montbéliarde), le TRAI 1 ne dépasse pas 41.17% et l'IF est entre 2.124 et 2.51, avec des vaches à 3IA et plus de 35%.

La probabilité de gestation à la première IA est diminuée de moitié chez es multipares entre 30 et 50 kg de lait produit au pic de lactation [428].

Cheballah et Koudri [462], notent que le taux de fertilité à l'œstrus induit varie grandement entre les élevages mais aussi, au sein de même élevage, d'un lot à l'autre et d'une année à l'autre.

Ces résultats témoignent d'une fertilité assez médiocre qui peut résulter de plusieurs facteurs, imputables aux conditions d'élevage, l'âge des vaches et les difficultés financières.

#### 5.4.2. Les paramètres de Fécondité

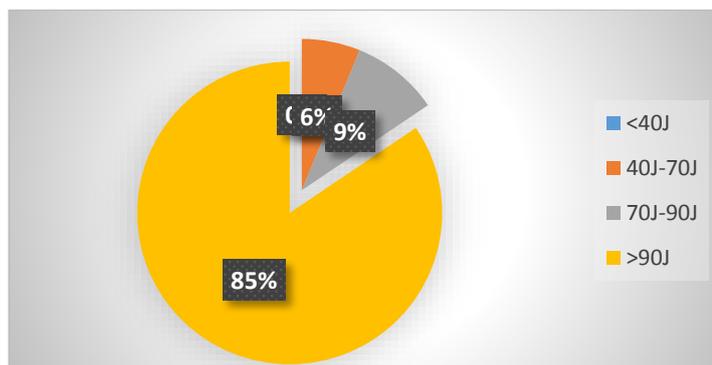
##### 5.4.2.1. Intervalle vêlage-1ere insémination (V-IA1) :

C'est le délai de la mise à la reproduction.

Le tableau 5.7 et la figure 5.2. montrent qu'aucune vache n'a un intervalle vêlage-1ere insémination < 40 jours, 2 vaches seulement ont un intervalle vêlage-1ere insémination situé entre 40 et 70 jours, ce qui représente un pourcentage de 6,45% de l'ensemble des animaux suivis. D'autre part, 9.68 %, ont un intervalle vêlage-1ere insémination entre 70-90 jours, 87,87%. ont un intervalle >90 jours.

**Tableau 5.7** : Répartition de l'intervalle vêlage- 1<sup>ère</sup> insémination :

Intervalle	Nombre de vache	Pourcentage (%)
<40j	0	0
40-70j	2	6,45
70-90j	3	9,68
>90j	26	83,87



**Figure 5.2\_:** Répartition de l'intervalle vêlage- 1<sup>ère</sup> insémination.

D'après les résultats de notre étude, l'intervalle vélage-1ère saillie a été de plus de 90journs, ce qui est proche à  $81,7 \text{ j} \pm 2,1$  rapporté pour la race Prime Holstein au Maroc [463].

On peut avoir une moyenne allant de  $97 \pm 30,4 \text{ j}$  à  $113,9 \pm 34,1 \text{ j}$  selon les exploitations [464].

Par contre l'intervalle ressorti par notre étude est supérieur à celui rapporté, par Allaoua [465], qui est de 72 j. Et Bouzebda et *al.* [466], qui ont rapporté une moyenne de 66,5j à El Taraf. Comme il est légèrement supérieur à l'objectif décrit par Gardner [467], qui est de 70-80 j. Des moyennes entre 70 et 90j ont été rapportées par Bencharif et Tainturier [468].

On a enregistré aussi que 83.87 % des vaches ont un IV-S1 supérieur à 90j, ce qui est conséquent à des retards d'involution utérine qui ont fait suite aux rétentions placentaires et des métrites [469].

Selon Ghozlane et *al* [470], cela est dû à une mise à la reproduction tardive ou des problèmes de détection de chaleurs qui est basée essentiellement sur le chevauchement.

Une sous-alimentation est suspectée d'être à l'origine de l'allongement de l'intervalle vêlage 1ère insémination [471]. D'après Enjalbert [360], lorsque 15% d'un troupeau laitier est en anœstrus 40 à 50 jours après le vêlage, il y a lieu de suspecter une origine alimentaire [354].

Une sous-alimentation énergétique durant le tarissement pourrait exercer un effet négatif sur la fertilité en augmentant la durée totale du déficit énergétique (prépartum et postpartum) et en augmentant le déficit maximal en début de lactation [422] ; [471].

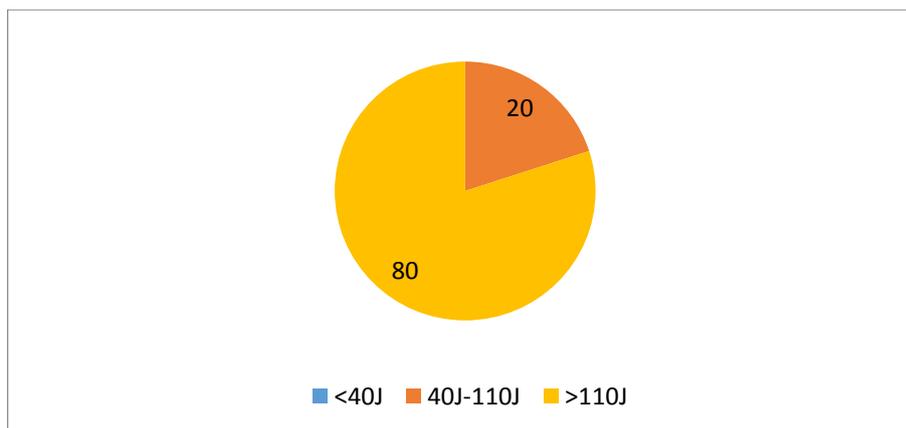
Les performances issues de la mesure de l'intervalle vêlage première-insémination reflètent la politique d'insémination adoptée au cours du post-partum. Elles montrent le peu d'intérêt accordé à la période d'attente volontaire avant de réaliser la première insémination, et l'absence d'examens post-partum avant la mise à la reproduction. En effet, au cours de cette période, il est impératif de contrôler l'involution utérine et la reprise de l'activité ovarienne. De plus, l'observation des chaleurs est indispensable pour améliorer cet indice.

#### 5.4.2.2. Intervalle vêlage-insémination fécondante (V- I1F)

Aucune vache n'a un intervalle vêlage-insémination fécondante < 40 jours, et que 20% du lot ont un intervalle vêlage-insémination fécondante situé entre 40 et 110 jours, 24 vaches ont un intervalle >100 jours ce qui présente 80%.(Tableau 5.8 et figure 5.3)

**Tableau 5.8** : répartition de l'intervalle vêlage –insémination fécondante

Répartition moy=172j	Nombre de vache	Pourcentage (%)
<40j	0	0
40_100j	6	20
>110j	24	80



**Figure 5.3** : répartition de l'intervalle vêlage –insémination fécondante

L'objectif est un intervalle IV-IF < 100j [473], seulement 20% des vaches de l'ITELV répondent aux normes.

D'après nos résultats, l'IV-ISF, est supérieur à 110 j, cet intervalle est donc proche de celui de Bouzebda et *al.* [466], qui ont trouvé au cours de 03 campagnes d'étude des intervalles de 174, 156 et 151 jours dans un élevage du nord est Algérien

Mefti et *al.* [460], quant à eux, dans la région de Médéa, ont enregistré des intervalles V-lf de 168,j pour la race Flevkvieh et 207,45j pour la race Montbéliarde.

Des niveaux d'alimentation faibles réduisent le poids au vêlage, la production laitière en première lactation et augmentent la durée de l'anoestrus postpartum après le premier vêlage. Des niveaux d'alimentation trop élevés entraînent de l'embonpoint, des difficultés de vêlage et en conséquence, de la mortalité des veaux [474].

Tout de même, l'IV-SF obtenu est loin de l'objectif visé pour les exploitations laitières qui est compris entre 89 et 116 j [248] ; et entre 85 à 130 jours [249].

On a noté aussi que 80 % des vaches ont des IV-SF supérieurs à 110js. Cet augmentation résulte des rétentions placentaires et des métrites, car en cas de ces troubles l'IV-SF peut augmenter jusqu'au 141 j [475].

D'autre part, l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante est allongé à 130 voire 140 jours selon les études, contre 108 jours en moyenne pour une vache n'ayant pas présenté de cétose sub-clinique [476]. Ceci représente donc la perte d'un à deux cycles de reproduction. De plus, ces mêmes vaches ne présenteront leurs premières chaleurs qu'après 50 jours postpartum [477].

En résumé, il est important, suite au vêlage, que l'ovaire, le foie et l'adénohypophyse reprennent leurs fonctions normales pour éviter un délai dans la reprise de la cyclicité normale [344]; [478]. Une vache ayant présentée une concentration sanguine en BHB supérieure à 1,400 mmol.L-1 dans les deux premières semaines postpartum voit son pourcentage de réussite à la première insémination artificielle (IA1) diminué de moitié [475].

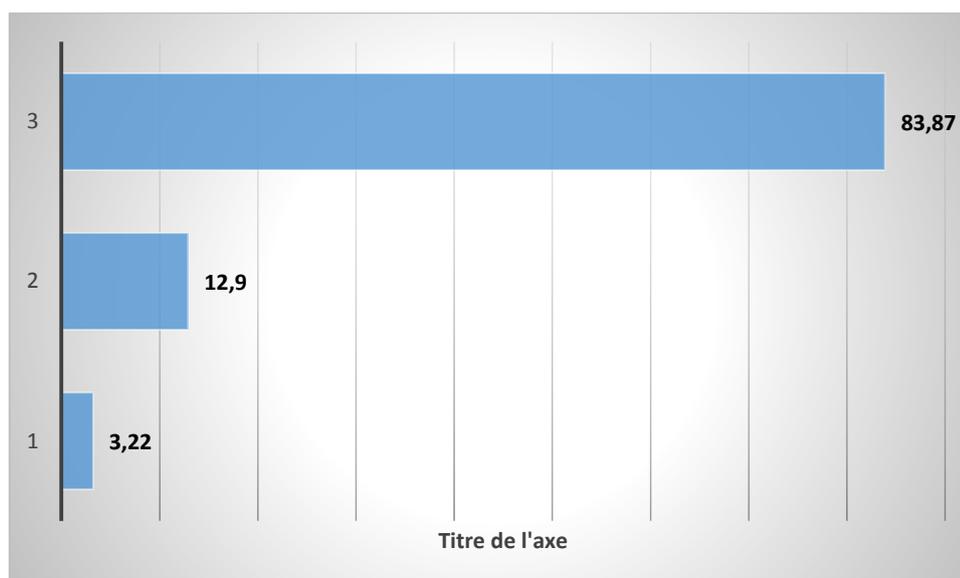
Le contrôle de l'alimentation péripartum est essentiel pour tenter de diminuer l'impact de la balance énergétique négative [471].

#### 5.4.2.3. Intervalle vêlage-vêlage

Les résultats montrent qu'aucune vache n'a un intervalle vêlage-vêlage < 400 jours, et que 12.90% des vaches ont un intervalle vêlage-vêlage situé entre 400 et 500 jours. D'autre part, 26 vaches ont un intervalle vêlage-vêlage >500 jours, ce qui représente un pourcentage de 83.87% de différents IVV. Il est à noter qu'il y a eu 6 cas de rétentions placentaires et 02 avortements. La moyenne IV-V du troupeau étant 476.03j. (Tableau 5.9)

**Tableau 5.9** : Répartition des Intervalles vêlage-vêlage

Durée Moy=476,03j	Nombre de vache	Pourcentage
<400j	1	3.22
400-500j	4	12.90
>500j	26	83.87



**Figure 5.4\_:** Répartition Intervalle vêlage-vêlage.

Nos valeurs se rapprochent de ceux de Mefti et *al.* [460], qui annoncent des intervalles V-V de 470,96j pour la race Fleckvieh et 493j pour la Montbéliarde dans la zone de Médéa.

L'allongement de l'intervalle V-V diminue la productivité laitière [479].

BOUZEBDA et *al.* [466], quant à eux ont rapportés des IVV variables selon fermes et plus élevés de 434,66 j à 461js. De même Allouche et *al.* [480], ont trouvé un intervalle V-V de 413,2 jours lors d'une étude sur des vaches montbéliardes dans la région de Sétif.

On a remarqué aussi que 82.87 % des vaches ont un IVV supérieur à plus de 500 j, cette augmentation peut être expliquée par le fait que ce sont des vaches qui ont souffert de rétentions placentaires et de métrites puerpérales, des troubles qui peuvent augmenter considérablement l'IVV [250].

Un IVV d'environ 13 mois correspond à une valeur acceptable, si on prend en considération les aléas climatiques telle la chaleur d'été et le manque de fourrage [481].

#### 5.4.3. Alimentation et Note d'état corporel et aux différents moments de reproduction

L'état corporel est dynamique et est strictement lié au cycle physiologique des vaches, il diminue en début de lactation, est rétabli en milieu de lactation et atteint un état d'équilibre en fin de lactation [482].

Les erreurs d'alimentation sont fréquemment à l'origine des difficultés de reproduction. Leurs conséquences dépendent du stade physiologique de la vache au moment où elles se produisent [305].

Nous exposons les disponibilités fourragères, la NEC (Appendice C) et la valeur énergétique de la ration au cours de l'année de l'expérimentation dans le tableau suivant à partir de la composition chimique et de la valeur nutritives des fourrages (Tableau 5.10) (La composition chimique des fourrages de l'ITELV et de leur valeur nutritive est exposée en AppendiceD )

**Tableau 5.10** : Disponibilité fourragère annuelle de l'ITELV

	NEC moy du troupeau	Aliments disponibles	Quantités en kg	Valeur UFL ration	PL Moy du troupeau
Janvier	2,60	Foin d'avoine Ensilage d'avoine Concentré VLB17	10 8 8	14,16	11379
Février	2,64	Foin d'avoine Concentré VLB17	12 8	9,48	10868
Mars	2,55	Foin d'avoine Avoine en vert Concentré VLB17	6 50 5	10,24	14174
Avril	2,60	Foin d'avoine Orge en vert Concentré VLB17	6 50 5	15,76	15662
Mai	2,62	Foin d'avoine Orge en vert Concentré VLB17	6 50 2	12,76	9920
Juin	2,66	Foin d'avoine Concentré VLB17	12 10	11,48	11589
Juillet	2,61	Foin d'avoine Concentré VLB17	12 10	11,48	10903
Août	2,68	Foin d'avoine Sorgho en vert Concentré VLB17	6 30 5	11,74	12525
Septembre	2,71	Foin d'avoine Sorgho en vert Concentré VLB17	6 30 5	11,74	12271
Octobre	2,57	Foin d'avoine Concentré VLB17	12 8	9,48	11192
Novembre	2,56	Foin d'avoine Concentré VLB17	12 8	9,48	10010
Décembre	2,68	Foin d'avoine Concentré VLB17	12 8	9,48	5577

Globalement, les fourrages utilisés à l'ITELV (Appendice D), ont des teneurs en MO comparables à celles annoncées par Arab et *al.* [16], en condition

Algériennes, quant aux teneurs MAT, faibles comparées à celles publiées par INRA [424], au stade de début épiaison, ceci est certainement dû aux conditions de récolte. Les teneurs en CB sont comparables à celles d'INRA [424].

La note d'état corporelle moyenne du troupeau varie entre 2,55 et 2,71 avec une valeur minimale de 1,75 et une valeur maximale de 3,75 (voir les NEC annuelles en Appendice C). Ces valeurs sont très hétérogènes.

Sur l'ensemble du troupeau, la note d'état corporel au vêlage doit être comprise entre 3,3 et 4 et diminuer de moins d'un point en début de lactation. L'état corporel devrait rester stable pendant le tarissement (sauf s'il est moyen ou insuffisant, auquel cas la restauration des réserves est souhaitable) [367] ; [411]. On est loin des normes requises.

La notation de l'état corporel des animaux permet d'appréhender l'importance du déficit a posteriori.

L'alimentation distribuée et quel que soit la saison ne tient pas compte des stades physiologiques des vaches, ceci démontre d'une mauvaise gestion de la reproduction découlant d'une absence de rationnement.

L'amélioration de la nutrition de la vache au cours de la période qui entoure le part (21 jours avant le part à 28 jours post-partum), peut réduire la mobilisation des tissus, améliorer l'ingestion de matière sèche, la santé et la production de lait [375].

Le tableau 5.11 présente l'évolution de la note d'état corporel durant les trois moments clés du cycle de reproduction.

**Tableau 5.11** : Résultats note d'état corporel durant les trois moments du cycle de reproduction

Moment d'évaluation	Note d'état corporel		
	Tarissement	Part	Mise à la reproduction
Nombre de vaches	30	30	30
NEC (moyenne)	2.74	2.60	2.70
Norme recommandée	3	2.5	2.5

La note d'état corporel décrit le mieux les manègements gras qui préparent la femelle à affronter les périodes difficiles [460].

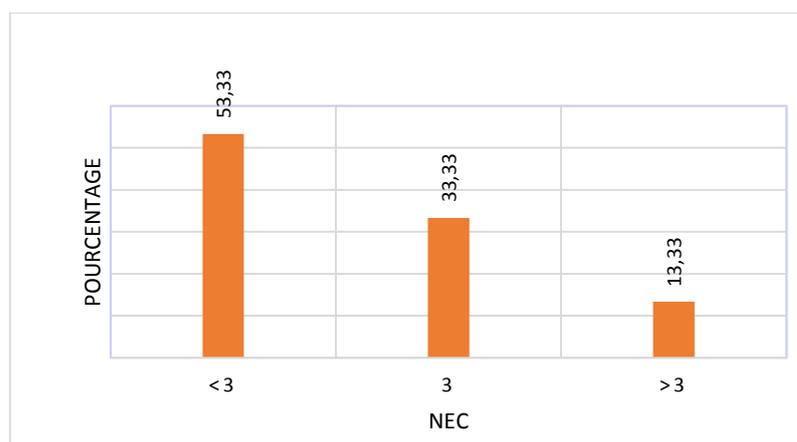
La note d'état corporelle ne varie pas beaucoup et elle est pratiquement stable pendant les périodes critiques de la reproduction, à savoir au moment du vêlage, du tarissement lors de la mise à la reproduction.

#### 5.4.3.1. Note d'état corporel au tarissement

Le tarissement est une période stratégique et déterminante quant à l'avenir nutritionnel de l'animal et du troupeau [313].

**Tableau 5.12** : note d'état corporel au tarissement

NEC	Nbre de vache	(%)
<3	16	53,33
=3	10	33,33
>3	4	13,33



**Figure 5.5** : Note d'état corporel au tarissement

Le tableau 5.12 et la figure 5.5 montrent que sur l'ensemble des vaches 33% ont eu un BCS qui répond aux normes recommandées alors que plus de la moitié ont eu des BCS inférieurs aux normes.

L'objectif retenu de note d'état au tarissement est situé entre 3 et 3,5 sur une échelle de 0 à 5 selon Hady et *al.* [406], ce qui correspond à la note d'état que représentent 30% de nos vaches.

Le contrôle du déficit énergétique *postpartum* doit commencer avant le vêlage, par l'utilisation de fourrages riches et/ou par l'introduction de concentrés dans la ration. Il s'agit de trouver un compromis entre une évolution trop rapide de la ration (prédisposant à l'acidose) et une insuffisance d'apports pouvant conduire à l'apparition d'une cétose primaire [483].

Aux moments du tarissement l'alimentation (*prepartum*) devra impérativement assurer la mise en place d'une flore microbienne intraruminale qui sera adaptée à la ration que les vaches laitières vont recevoir au cours de leur lactation [484].

Il est nécessaire de compléter la ration des vaches tarées avec le concentré qu'elles vont recevoir en début de lactation, mais à des doses inférieures. La fibrosité de la ration est également importante car elle permet le développement des papilles ruminales et ainsi augmente la surface d'échange [485].

Afin d'obtenir des densités énergétiques élevées, la quantité de concentrés doit être augmentée. Cette modification du substrat fermentaire entraîne au niveau ruminal une modification du profil de la flore bactérienne (flore amylolytique favorisée) ainsi que l'abaissement du pH ruminal par la production plus rapide d'acides gras et la diminution de la vitesse d'absorption, liée à une surface plus faible des papilles ruminales [486] ; [487].

Le déséquilibre entre les différents types de flore doit donc être limité par une augmentation modérée de la quantité de concentrés, n'excédant pas 1 kg par semaine *antepartum* et 2 kg par semaine *postpartum*.

Pratiquement, la nécessité d'une transition alimentaire sur 2 à 3 semaines n'est guère réalisable étant donné l'étalement des vêlages sur plusieurs semaines (voire plusieurs mois au niveau de l'ITELV), ce qui supposerait une distribution individuelle de la ration ou la mise en place de lots de vaches devant vêler dans les 3 semaines.

Les variations d'état corporel au tarissement, que ce soit amaigrissement ou reprise d'état, supérieures à un point sont sources de problèmes [14]. Le but d'un bon programme de nutrition est de minimiser la variation entre les scores extrêmes de la condition corporelle [408].

Wolter [314], indique que la gestion adéquate de l'alimentation durant cette période est aussi importante que durant la lactation.

Durant la période de transition, certaines erreurs de la gestion de l'alimentation provoquent certaines complications lors du vêlage, à savoir : (Syndrome de la vache grasse, Fièvre du lait, Déplacement de la caillette, Cétose ...) qui se traduisent par un retard de reprise de l'activité sexuelle de la vache.

#### 5.4.3.2. Note d'état corporel au moment du vêlage

Le tableau 5.13 montre que sur les 31 vaches suivies, 18 vaches sont en dessous de la norme requise, ce qui représente un pourcentage 58.06%, ainsi que 7 vaches ont un bon état corporel (= 3), ce qui représente un pourcentage de 22.58%, alors que le reste présente un état corporel légèrement supérieur, avec un pourcentage de 19.35%.

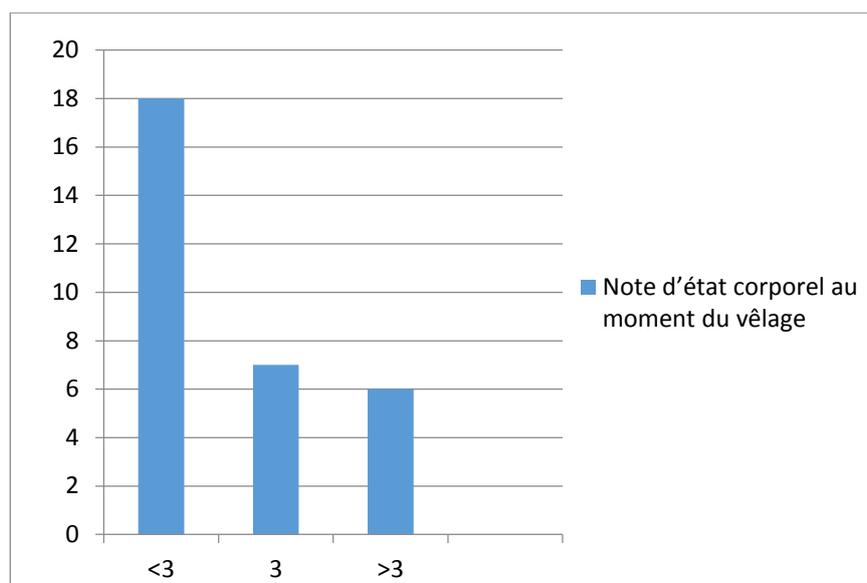
**Tableau 5.13** : Répartition note d'état corporel au moment du vêlage.

	Nombre de vaches	Pourcentage (%)
<3	18	58.06
=3	7	22.58
>3	6	19.35

Les recommandations pour la note d'état corporel au vêlage sont généralement comprises entre 3 et 3,5 sur une échelle allant de 0 à 5 [258] ; [405], et elle doit baisser de moins de un point en début de lactation [258] ; [438].

L'obtention d'un état corporel optimal au moment du vêlage doit constituer un objectif prioritaire [331].

Une méta-analyse effectuée par Bedere et *al.* [488], a montré que la cyclicité post partum des vaches laitières est principalement liée à la note d'état corporel au vêlage.



**Figure 5.6** : Répartition note d'état corporel au moment du vêlage.

Une note d'état basse au vêlage est associée à une sous-alimentation antepartum alors qu'une note d'état élevée au vêlage est associée à une mobilisation plus marquée des réserves adipeuses en début de lactation [489]. Une insuffisance d'état au vêlage se traduira par un retour tardif de la cyclicité après la mise bas [374].

Une NEC élevée est un facteur de risque de cétose. Avec une NEC supérieure à 3,5, la vache a 18 fois plus de risque de développer une cétose qu'avec une NEC de 3,25. Les vaches les plus grasses ont en effet un appétit moins important que les autres en début de lactation ; elles utilisent beaucoup leurs réserves corporelles [400] ; [405].

L'état corporel au vêlage conditionne aussi la fréquence des vêlages difficiles qui sont plus nombreux chez les vaches maigres ou grasses que chez les vaches dont l'état corporel est jugé satisfaisant comme le montrent les résultats de Steffan [439], qui confirme que la suralimentation et l'état d'engraissement excessif au vêlage favorise les dystocies et les métrites.

La durée de l'anœstrus postpartum est très liée à la note d'état corporel au vêlage [290] ; [401].

L'état corporel de la vache lors du vêlage constitue un indicateur des réserves

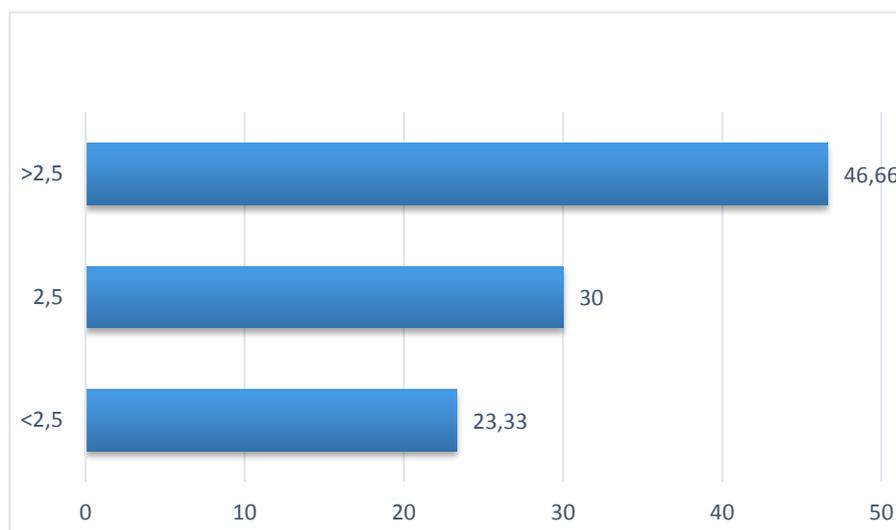
d'énergie susceptibles de compenser la différence entre les apports alimentaires et les besoins requis pour l'entretien de l'animal et la production laitière au cours des premières semaines de la lactation.

#### 5.4.3.3. Note d'état corporel à la mise à la reproduction :

Sur l'ensemble des vaches suivies 30% ont une note d'état corporel qui répond aux normes. Et plus de 23.33% ont une NEC inférieure à 2,5, alors que 46.66% présentent des NEC supérieure à la norme requise à la mise à la reproduction. (Tableau 5.14)

**Tableau 5.14** : Répartition note d'état corporel à la mise à la reproduction.

	Nombre de vaches	Pourcentage (%)
<2,5	7	23,33
=2,5	9	30
>2,5	14	46,66



**Figure 5.7** : Note d'état corporel à la mise à la reproduction

Nos résultats sont comparables à ceux de Mefti et *al.* [460], qui ont enregistré une régression de la NEC à la mise à la reproduction qui est de 2,18.

Niozas et *al.* [490], sur une étude de trois groupes de vaches (hautes

productrices) mises à la reproduction 46-120 et 180 jours après le part annoncent que la détection des chaleurs était plus faible chez les vaches avec un score corporel < à 3 comparées à celles avec un score > ou égal à 3.

Globalement, lorsque la perte d'état n'excède pas 1 point, sur une échelle de notation de 0 à 5, l'influence de l'amaigrissement sur les performances de reproduction reste modeste. Au-delà, l'effet devient important [355].

Les animaux présentant un profil de note d'état corporel constamment inférieur de près de 1,5 point au profil optimal, ou dont la perte d'état entre le vêlage et le 30ème jour *postpartum* est supérieure à 1,5 point, présentent un IVIA1 augmenté de près d'une vingtaine de jours. A 110 jours de lactation, la probabilité de fécondation est inférieure de 15 points par rapport à celle du profil optimal [382].

Les vaches normales perdent la plus grande partie de leurs états corporels au cours des 30 premiers jours de la lactation, période qui correspond au début de la reprise de l'activité œstrale et la première insémination [404].

Les résultats de Pedron and *al.* [491], Buckley and *al.* [399] et Roche et *al.* [415], rapportent une association négative entre l'état corporel en début de lactation et le nombre de jours de l'intervalle vêlage première saillie.

D'après Wolter, [314] ,c'est la deuxième phase critique du rationnement de la vache laitière où il importe de bien alimenter la vache laitière, c'est d'une alimentation correcte en début de lactation que résultera le bon démarrage de la production laitière et conditionnera la lactation entière et une reprise optimale de l'activité ovarienne.

En lactation, un fourrage plus riche que celui utilisé pendant la période sèche, insuffisamment énergétique, doit être distribué (herbe jeune, ensilage de maïs, bon ensilage d'herbe, foin récolté précocement).

En effet, le pic de lactation est habituellement atteint 5 à 8 semaines après le vêlage, tandis que celui de l'ingestion de matière sèche n'est observé qu'entre la 12ème et la 15ème semaine *postpartum*. Les valeurs minimales de l'état corporel sont en moyenne acquises vers le deuxième mois de lactation chez les primipares

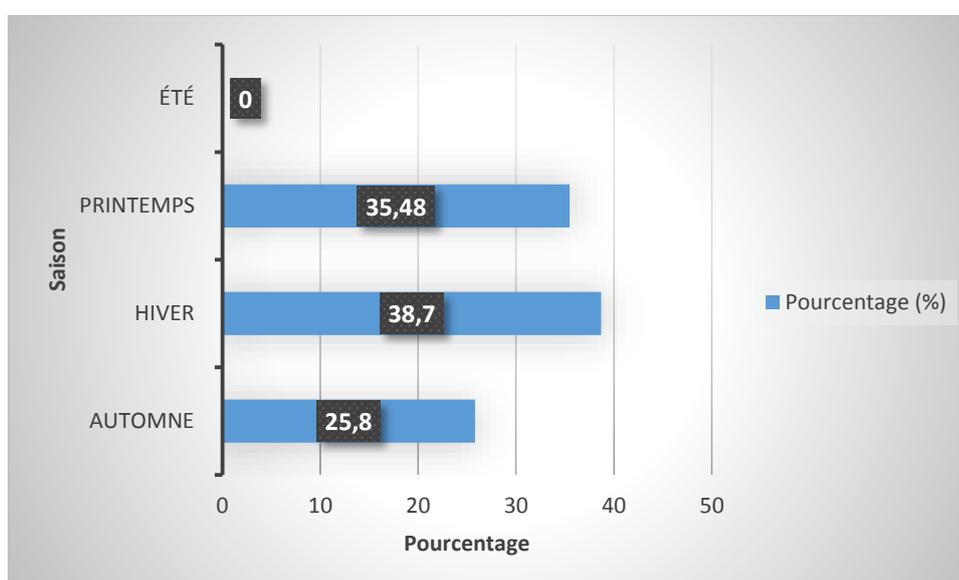
et les vaches en deuxième lactation et vers le quatrième mois chez les vaches plus âgées. Le retard du début de la reprise de l'équilibre énergétique après la parturition est en corrélation positive avec le retard de la première ovulation post-partum [492].

#### 5.4.3.4. Répartition des vêlages selon la saison

Les résultats de la présente étude montre que les vêlages sont répartis durant toute l'année sauf l'été.

**Tableau 5.15** : Répartition des vêlages selon la saison

Saison de vêlage	Nombre de vache	Pourcentage (%)
Automne	8	25.80
Hiver	12	38.70
Printemps	11	35.48
Été	0	0



**Figure 5.8** : Répartition des vêlages selon la saison de vêlage.

Le tableau 5.15 et la figure 5.8 montrent que 8 vaches ont vêlées en Automne , ce qui représente un pourcentage de 25.80 , et que 12 vaches ont vêlées en Hiver , ce qui représente un pourcentage de 38.70% de l'ensemble des animaux suivis ,et que 11 vache ont vêlées en Printemps ,ce qui représente 35.45%, et aucune vache n'a vêlée en été.

Cet étalement annuel des vêlages peut refléter l'absence d'une politique de mise à la reproduction [494].

DISENHAUS et *al.* [428], a aussi rapporté qu'en France les mises bas sont étalées durant toute l'année, et que ; 58% des vêlages sont répartis d'Août à Novembre.

Une note d'état corporel de 3 au vêlage et de 2,5 à la mise à la reproduction est recommandée pour les vaches qui vêlent à l'automne ou en début d'hiver et qui sont mises à la reproduction en stabulation.

Les travaux de Nguyen-Kien et Hanzen [494], sur des vaches Holstein confirment l'effet de l'année de vêlage et de la saison sur les risque de dystocies, de rétention placentaires et que ces derniers sont la cause majeure des endométrites cliniques.

Durant la saison chaude, il y'a une réduction de la capacité d'ingestion qui peut compromettre la balance énergétique de la vache et déséquilibrer l'axe hypothalamo-hypophysaire. Cela réduit les performances de reproduction de la vache en affectant la qualité des ovocytes, des embryons et même du corps jaune [495].

Le taux de conception chez les Holstein baisse de 52% en hivers et de 24 % en été [496].

Le retour en chaleurs est plus précoce lors de vêlage d'automne que lors de vêlage d'hiver (70 à 80% de vaches cyclées 60-70 jours après un vêlage d'automne [434]. [497]. [498] contre 25 à 65% après un vêlage d'hiver [291]. [499]. Pour les vêlages d'hiver et de printemps, plus le vêlage est tardif, plus l'intervalle entre le vêlage et la reprise de cyclicité est court [500] ; [501].

## 5.5. Conclusion

Les mauvais résultats obtenus sont la conséquence d'une sous-alimentation et d'une mauvaise détection des chaleurs. Par ailleurs, il existe un étalement des vêlages pendant toute l'année, ce qui prouve qu'il y a un manque dans le suivi de la reproduction.

Des stratégies génétiques et nutritionnelles visant un BCS de 3.10 en limitant la perte de point au pic de lactation pourrait constituer un moyen efficace pour l'amélioration de la reproduction [488].

Les maladies d'origine métabolique pendant le tarissement et qui peuvent fortement influencer sur la reproduction sont associées à l'élévation des risques d'abattage dans les 120 premiers jours de lactation en Allemagne [502].

Dans le système de production bovin laitier, la fertilité joue un rôle majeur. La gestation est longue (280-290 jours) de sorte que lactation et gestation se superposent généralement pendant près de 7 mois et interagissent largement. A partir du 4ème mois, la gestation a un effet dépressif sur la persistance et elle peut limiter la durée de lactation. Au contraire, au post partum, c'est la lactation, associée au déficit énergétique et à la mobilisation corporelle, qui perturbe la reprise de cyclicité d'abord.

Parmi les facteurs de risque de la dégradation actuelle de la fertilité chez les vaches laitières, le niveau du déficit énergétique *postpartum* des femelles reproductrices occupe une place prépondérante.

L'intensité et la durée de ce déficit, inévitable après la mise bas, dépendent du niveau de production laitière, mais également des réserves corporelles au moment du vêlage et des apports alimentaires.

L'évaluation du déséquilibre énergétique, permise par la méthode de la notation de l'état corporel, laisse apparaître globalement qu'au cours du *postpartum*, une perte d'état exagérée (supérieure à un point), serait préjudiciable aux performances de reproduction, et ceci davantage que la valeur absolue de l'état corporel au vêlage, en affectant le délai nécessaire à l'obtention d'une gestation.

## **CHAPITRE 6**

# **VALEUR NUTRITIVE ET RENDEMENT DE PLUSIEURS VARIÉTÉS DE LUZERNE PÉRENNE CULTIVÉES EN SEC ET EN IRRIGUÉ DANS LA ZONE DE MITIDJA**

## Introduction

Le déficit hydrique et les périodes de disette sont aussi considérés comme le frein majeur pour le développement des cultures fourragères en Algérie.[6] indiquent que notre pays connaît une faible pluviométrie annuelle, combinée à une mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace ; tout cela nous amène à chercher un matériel végétal qui s'adapte le plus à ces conditions.

La solution aux problèmes de l'alimentation réside dans la production quantitative et qualitative de fourrages. Parmi les légumineuses, la luzerne a vraiment bien mérité l'appellation de « reine des cultures fourragères », car elle fournit un fourrage riche en éléments nutritifs [3].

Waligora [157], rapporte qu'une luzerne peut suffire, à elle seule à fertiliser tout un système cultural sans apport d'azote.

Elle peut, également utiliser de l'eau pendant l'année entière, restaurer la fertilité du s

ol et rehausser la production fourragère, en contribuant de ce fait à une plus grande durabilité de systèmes agricoles pluviaux [175]. C'est l'une des solutions pour réduire la dépendance en protéines en offrant ainsi aux éleveurs une alternative économique pérenne au concentré importé.

L'utilisation de nouvelles espèces ou cultivars fourragers, graminées et légumineuses adaptées aux conditions algériennes, peut-être d'un apport déterminant et donc couvrir les besoins des animaux durant toute l'année [6]. La luzerne pérenne occupe une place de choix sur le plan quantitatif et qualitatif, vu sa haute qualité nutritionnelle, son rendement végétatif et sa capacité à fixer l'azote de l'air et à piéger le nitrate ce qui justifie le regain d'intérêt que semble lui porter certains pays [7].

Ce travail porte sur l'évaluation de la composition chimique et du rendement de 16 variétés de luzerne pérennes (*Medicago sativa L.*) menées en irrigué et en sec (pluvial).

## 6.1. Matériel et méthodes

### 6.1.1. Matériel végétal

Dans notre travail, une espèce de la famille des Fabacées a fait l'objet d'étude : la luzerne ou *Medicago sativa* L. avec 16 cultivars.

Le matériel végétal mis en essai 16 variétés (cultivars) de luzerne fournies par différents partenaires dans le cadre du réseau du projet PERMED (PL 509140) sur « Amélioration des plantes fourragères pérennes locales pour la durabilité des systèmes agricoles méditerranéens », financé par l'Union Européenne (Projet INRAA-UE).

Les différentes caractéristiques et origines des cultivars étudiés sont présentées dans ce qui suit :

- ❖ Prosementi : cultivar amélioré par une compagnie privée (Produttori Sementi, Bologna) dans la région d'Emilia-Romagna à partir d'un germoplasme local. Il est enregistré dans la liste nationale des variétés. Il n'existe pas d'information exacte concernant sa base génétique, probablement une sélection massale ; l'estimation de la dormance automnale est de 6 ; il est connu pour sa très bonne adaptation aux conditions pédoclimatiques du Nord et Centre de l'Italie.
- ❖ Ecotipo siciliano : population locale originaire de la région intérieure de la Sicile ; l'estimation de la dormance automnale est de 6.
- ❖ Ameristand 801s : variété synthétique issue de 250 parents, sélectionnée par sélection récurrente (après 10 cycles) pour augmenter la germination et la production fourragère dans les conditions de stress salin (NaCl) ; la dernière sélection a été effectuée sur des essais pour la résistance au sel en Arizona et Californie. Elle est issue 100% du cultivar Salado, (dormance automnale de 8). En plus de la tolérance au sel, elle est très résistante au flétrissement causé par le *Fusarium*, les pucerons bleus de la luzerne, pucerons tachetés de la luzerne et aux nématodes à nœud des racines. Elle est commercialisée par une compagnie américaine du nom "Americ's Alfalfa Seed Company".

- ❖ ABT 805 : très récemment nommé Bulldog 805 ; c'est une variété synthétique issue de 90 parents ; elle est sélectionnée à l'Université de Georgie, Athens, USA, pour la tolérance au pâturage d'après les tests standards de la NAAIC, qui a considéré que cette variété peut être utilisée pour le stockage continu et le pâturage intensif ; elle a une faible dormance (estimation de dormance automnale 8) ; sélectionnée pour la tolérance au pâturage en comparaison au cultivar Florida 77 qui est utilisé comme foin elle peut être récoltée pour faire du foin. Elle a montré aussi (d'après les améliorateurs) une résistance aux nématodes à nœud des racines, au flétrissement causé par le Fusarium et à la pourriture racinaire causée par le Phytophthora. Elle a été commercialisée par une compagnie Américaine du nom "Agro Biotech Seed Company" ; il n'y a pas d'information concernant sa commercialisation sous le nouveau nom.
- ❖ Sardi 10 : commercialisé sous le nom SardiTen par "Heritage Seeds Company" (Australie) ; c'est une variété hautement active en hiver (l'estimation de dormance automnale est de 10) ; sélectionnée par South Australia Research and Development Institute (Sardi, d'où son nom) Adélaïde ; améliorée dans des exploitations de type extensif et des essais dans le Sud-Ouest de l'Australie, dans les conditions réelles d'une exploitation.
- ❖ Siriver : cultivar très actif en hiver (estimation de dormance automnal : 9+) ; créé en 1980 par CSIRO en Australie, il est commercialisé par "Heritage Seeds Company". Les plants parents ont été sélectionnés juste pour leur résistance aux pucerons, donc cette variété est très résistante aux pucerons
- ❖ Magali : variété sélectionnée par l'INRA Montpellier (France) et enregistrée dans la liste française (et européenne) des variétés. Elle a été améliorée à partir d'un matériel du type Provence originaire de tout le Sud-Ouest français. C'est une variété classique à port érigé, plus adaptée aux coupes qu'au pâturage. Son estimation de dormance automnale- hivernale est entre 5.5 et 6.0. Largement adaptée au climat méditerranéen subhumide, aussi bien en pluvial qu'en irrigué, cette variété représente le type méditerranéen de luzerne classique pour le sud de la France. Elle fût longtemps la variété de référence pour ces régions. Commercialisée par "Agri-Obtentions" et la Compagnie de production de semences "Plan-Semences" à Avignon (France).

- ❖ **Melissa** : variété sélectionnée par l'INRA Montpellier (France) et enregistrée dans la liste française (et européenne) des variétés comme une variété de type méditerranéen, possédant une dormance automne-hiver estimée à 6.5 ; elle a une dormance hivernale moindre que celle de Magali, mais elle est proche de Magali pour d'autres caractères ; cette variété est adaptée aux régions chaudes du Sud de la France, de larges régions d'Italie, d'Espagne ou d'Afrique du nord. Port érigé, comme la plupart des luzernes, elle n'est pas très bien adaptée aux coupes fréquentes et au pâturage continu. Cette variété est commercialisée par "Agro-Obtentions".
- ❖ **Coussouls** : variété sélectionnée par l'INRA Montpellier (France) et enregistrée dans la liste française (et européenne) des variétés. Améliorée à partir d'un matériel de type Provence originaire de la vallée du Rhône. Elle représente le type méditerranéen de luzerne classique pour le Sud de la France (climat subhumide) où elle peut être cultivée en pluvial ou en irriguée. De type semi érigé. Elle est relativement adaptée aux coupes fréquentes ou au pâturage. Son estimation de dormance automnale est entre 5.0 et 5.5. Elle est relativement proche de Magali avec de légères différences : légèrement plus dormante en hiver, les tiges plus fines, moins productives, plus adaptées aux coupes et au pâturage. Commercialisée par "Agro-Obtentions". Mais elle a été retirée de la liste officielle des variétés (France et Europe) en 2006.
- ❖ **Mamuntanas**:cultivar Italien.
- ❖ **Rich2**: population locale originaire du Sud Est du Maroc de l'Oasis de la vallée Ziz ; améliorée à l'INRA Maroc. elle est active en hiver (estimation de dormance automnale : 8) ; elle est très adaptée aux conditions pédoclimatiques des oasis (stress hydrique et salin).
- ❖ **Efroud** : population locale originaire du Sud Est du Maroc de l'Oasis de la vallée Ziz. Elle est tolérante au sel au stade de germination et élongation. Elle a une activité hivernale moyenne (estimation de dormance automnale : 6) ; très productive dans les conditions de stress hydrique et salin.
- ❖ **Demnat** : population locale originaire des montagnes de l'Atlas du Maroc, elle est active en hiver (estimation de dormance automnale : 9) ; elle est très productive dans les véritables conditions de fermes et aussi durant la

sécheresse.

- ❖ Gabès 2355 : ce nom correspond à un lot de semences introduit comme étant la variété Gabes part INRA-Tunisie en 1987 à l'INRA Lusignan. Pour PERMED, cette variété a été définie comme la variété de référence pour toutes les études sur les luzernes de type oasisien. Elle fut introduite en France peu de temps après la sélection et l'enregistrement de la variété Gabes à l'INRAT, on suppose qu'elle représente vraiment la variété Gabes. En Tunisie, Gabes est le nom d'une population oasisien bien connue, originaire de l'oasis de Gabès dans le sud tunisien, mais il peut être aussi le nom d'une variété créée à partir de la population locale Gabès, d'une collection faite par Gachet (INRAT) dans le Sud de la Tunisie dans la fin des années soixantes et soixante-dix. Il est très probable qu'il y a une importante variation génétique entre les échantillons et les lots de semences que l'on peut acheter sous cette appellation en Tunisie car Gabes est un cultivar du type oasisien relativement résistant au sel, avec un taux de dormance probable entre 8 et 10 (à confirmer).
- ❖ Africaine : originaire du Maroc et de la Tunisie.
- ❖ Tamantit : population d'Oasis cultivée dans le village de Tamantit situé à environ 10 km au Sud de la ville d'Adrar (Sud-Ouest de l'Algérie) ; luzernière fauchée de façon très fréquente. Au Nord de l'Algérie, cette population s'est montrée relativement sensible à différents ravageurs et agents pathogènes.

### 6.1.2. Conditions expérimentales

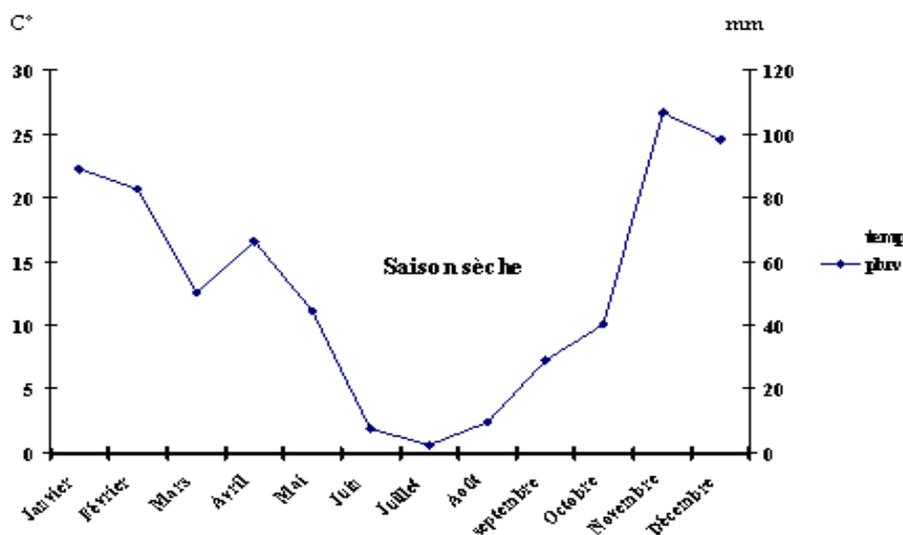
#### 6.1.2.1. Localisation

Pour notre étude, l'essai luzerne pérenne (un en irrigué et l'autre en pluvial) sont installés à la station expérimentale de l'Institut National Agronomique (INA) d'El Harrach (Alger) situé à :

- Site : El Harrach
- Latitude : 36° 43' nord.
- Longitude : 30° 8' Est.
- Altitude : 50 m.
- Etage bioclimatique : Sub-humide à hiver doux

### 6.1.2.2. Conditions climatiques de la campagne d'étude

Les données climatiques essentielles de la campagne figurent dans le tableau 7.1 La courbe du diagramme ombrothermique de GUASSEN pour la période est représentée au niveau de la figure 7.1 .



**Figure 6.1** : Diagramme ombrothermique de GUASSEN de la station expérimentale de l'ENSA

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN montre que le climat de la station expérimentale est caractérisé par une saison sèche qui dure du mois de mai au mois d'octobre.

**Tableau 6.1** : Conditions climatiques de la campagne culturale

Caractère	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Août
Moy. Pluviométrie.(mm)	9.4	34.6	108.5	114.2	100.0	146.4	73.6	39.4	0	0	0	0
Moy.Température	18.4	15.0	8.2	7.3	2.1	4.2	7.1	9.9	13.9	17.9	20.5	19.4
Moy.Température	30.6	28.1	18.9	15.6	12.9	13.6	16.5	21.1	24.8	28.4	31.3	31.3
Moy. Température(°C)	24.5	21.6	13.6	11.4	7.5	8.9	11.8	15.5	19.3	23.2	31.3	25.3

Source : Station météorologique INA, El-Harrach

On peut remarquer que la campagne a connu une période de froid plus ou moins longue, car les températures étaient autour de 10°C durant six mois (de octobre à avril), et, que la période sèche a commencé à partir de du mois de mai.

### 6.1.2.3. Caractéristiques du sol

Le comportement des plantes est fonction, outre le climat, de la nature du sol dans lequel elles se développent. Ainsi, un excès ou une carence des minéraux et de la matière organique, ou le type de texture du sol, modifie le comportement de la plante ce qui nous incite à mentionner les caractéristiques chimiques et physiques pour bien interpréter les résultats ; les analyses du sol du site indique les résultats mentionnés ci-après (Tableau 6.2)

**Tableau 6.2** : Caractéristiques physico-chimiques essentielles de la parcelle d'El Harrach

Granulométrie	irrigué	pluvial
Argile %	28	28
Limon Fin %	20	20
Limon grossier %	9	9
Sable fin %	14	14
Sable grossier %	26	26
Complexe absorbant		
Ca en méq/100g	10.93	10.65
Mg en méq/100g	1.33	1.29
Na en méq/100g	Trace	0.28
K en méq/100g	0.66	0.64
T en méq/100g	10.14	11.67
Autres éléments		
pH	7.7	7.63
Conductivité mmhos/cm à 25 °C	1.95	1.75
Carbone en %	11.9	11.5
Phosphore Assimilable P2O5 en	150.34	124.42

Les données du tableau montre que le site présente un sol Argio-limoneux d'une fertilité moyenne, car ce sol n'est pas très fourni en phosphore, qui est considéré comme un élément très important dans les cultures des légumineuses fourragères et notamment la luzerne.

### 6.1.3. Gestion de l'essai

#### 6.1.3.1. Travail du sol

Un labour a été réalisé avec une charrue à soc réversible fin d'octobre ; juste

après, un passage croisé de cover crop, afin de reprendre le sol et de casser les grosses mottes, a été entrepris, et en fin, pour avoir un meilleur lit de semence un passage d'une herse rotative a été effectué.

En plus des opérations de préparations du sol une fertilisation de fond à l'aide du Tri Super Phosphate (TSP) avec une dose de 2 q/ ha a été effectuée après le labour.

#### 6.1.3.2. Le semis

Le semis était réalisé le 29/11/2004 avec une dose de 0.5g/m<sup>2</sup>pour l'ensemble des cultivars.

La procédure était de faire d'abord un traçage de la parcelle afin d'avoir des angles droits ; puis les limites des micro-parcelles et des bordures ont été déterminées ; les dimensions suivantes des micro- parcelles sont 2,5 m de longueur et 2 m de largeur.

Pour les deux essais de luzerne (en sec et en irrigué), nous avons mis en place un dispositif de quatre blocs identiques, chaque bloc est constitué de seize micro-parcelles avec les dimensions citées précédemment et qui correspondent au nombre de cultivars à mettre en place dans chaque bloc. (Appendice E).

Par la suite, un billonnage a été effectué à l'aide de petites binettes, nous avons mis dix lignes pour chaque micro-parcelle et qui sont distantes de 20 cm entre elles, ce qui correspond à une répétition d'une variété dans chaque bloc ; seules les six lignes médianes ont été exploitées, les deux lignes de part et d'autre servaient de bordures.

On a laissé des distances de 40 cm entre les micro-parcelles, et des distances de 60 cm 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).

Enfin, un semis à la main a été réalisé, nous avons réparti les graines des différents cultivars à l'intérieur des sillons de la manière la plus homogène ; pour

terminer le semis la couverture des graines est venue en dernier.

Pour les essais de luzernes, on a choisi la variété Altiva pour la mettre dans les lignes de bordures

#### 6.1.3.3. Le désherbage

Des opérations de désherbage fréquentes ont été réalisées sur les essais (chaque fois qu'on remarque un envahissement par les adventices) ; pas moins de dix chantiers de désherbage ont eu lieu et les adventices les plus rencontrées sont : *Medicago polymorpha* , *Medicago ciliaris* , *Medicago intertexta* , *Medicago scutellata* , *Medicago orbicularis* , des repouces d'orge *Hordeum vulgare* , la Chicoré amère *Cichorium intybus*, le ray grass *Lolium multiflorum*, la renouée des oiseaux *Polygonum avicular*, le lyseron *Convolvulus arvensis* et le chiendent *Cynodon dactylon*.

#### 6.1.3.4. Contrôle des ravageurs

Dans notre expérimentation, on a observé principalement les attaques des cinq ravageurs suivants, les fourmis qui nous ont causés des dommages, juste après le semis, en emportant des graines avant la germination. Ce qui nous a poussés à utiliser le Pychlorex pour lutter contre ces attaques ; le Pychlorex est un insecticide total utilisé avec une dose de 17 ml par 10 litres d'eau.

Juste après la levée des plantules, on a constaté les attaques des limaces, des escargots et des pigeons, pour les deux premiers on a procédé à un épandage de Mythaldéhyde sous forme de granulés avec 250g pour chaque essai, alors que pour les pigeons on a eu recours à un canon qui faisait un bruit à des intervalles réguliers pour les effrayer.

Enfin, au printemps, on a remarqué l'apparition des pucerons et un traitement avec le Pychlorex était nécessaire avec la même dose indiquée précédemment.

#### 6.1.4. Irrigation

Dans notre travail nous avons opté pour deux régimes hydriques, le premier concerne l'essai de luzerne, où la conduite est en pluviale, sur lequel les irrigations n'interviennent qu'en cas de sécheresse qui compromettrait la survie des essais (sécheresse printanière en première et deuxième année, retard des pluies automnales en début de la deuxième année).

Le deuxième régime qui est appliqué pour le deuxième essai de luzerne est une conduite en ETM pour assurer à la plante un bon confort hydrique, nous avons procédé à des irrigations chaque fois que le déficit pluviométrique ( $ETP - P$ ) avoisiné les 20 mm. Sachant que la réserve utile du sol (RU) est de 1,9 mm/cm, ce déficit correspond à une variation de l'ordre de 16% de la RU.

Donc, afin de pouvoir bien déterminer les quantités d'eau apporté aux plantes de chaque micro-parcelle et vue la disponibilité du matériel, on a choisi le mode d'aspersion pour l'irrigation de nos essais.

Les asperseurs utilisée ont une portée de jet de 12 m et un débit horaire de 8 mm/h, pour les deux essais de luzerne ; nous avons installé le système d'irrigation le en avril.

Les quantités d'eau apportées pour chaque essai sont reportées sur le tableau 5.3. , et cela pour les campagnes 2004/2005 et 2005/2006.

**Tableau 6.3.** : Les quantités d'eau apportée et le nombre d'irrigations pour chaque essai durant les 2 campagnes

Essai	1 <sup>ère</sup> année	
	Quantité d'eau apportée	Nombre d'irrigations
Luzerne	240mm	9
Luzerne Pluvial	88mm	3

Il est à noter qu'à partir du mois d'avril, une baisse spectaculaire de la moyenne pluviométrique a été enregistrée, une sécheresse a sévi et pour subvenir aux besoins des plantes, une irrigation par aspersion a été effectuée 2 fois par semaine au mois de mai (56 mm).

#### 6.1.5. La fauche

La date de la fauche est déterminée par deux manières, la première est appliquée lorsque les plants sont en phase reproductive (coupes de la période printanière et estivale) ; ainsi pour les trois essais, la date est déterminée lorsque 50% des cultivars auront fleuri, et la floraison d'un cultivar est notée lorsque 50% de ses plants auront fleuri ; c'est-à-dire lorsque 8 cultivars d'un essai de luzerne ont fleuri, ce dernier est fauché.

La deuxième est appliquée lorsque les plants sont en phase végétative (coupes de la période hivernale) la date de la fauche est déterminée lorsque la hauteur moyenne est de 30 cm pour la majorité des cultivars

#### 6.1.6. Le dispositif expérimental

Toutes les variétés de luzerne, ont été semées à une profondeur de 0.5 cm, selon le dispositif expérimental bloc aléatoire complet avec 04 répétitions. Nous avons obtenu donc un dispositif de quatre blocs identiques (Appendice E). Chaque bloc est constitué de 16 micro-parcelles avec les dimensions citées plus haut et qui correspondent au nombre de variétés à mettre en place dans chaque bloc. Il faut mentionner que les essais de luzerne (en « sec » et « en irrigué ») sont disposés l'un à côté de l'autre, et les mêmes opérations sont faites dans les deux essais.

#### 6.2. Rendements

Le rendement en matière verte (RDTV), exprimé en t/ha, est déterminé par pesée de la biomasse récoltée. Un échantillon de 1 000 g est mis à l'étuve à 60°C pendant 36h pour déterminer la matière sèche (MS) et le rendement en matière sèche en t/ha (RDTs). Ce même échantillon est séché à 60°C, finement broyé à une grille de 2 mm de diamètre puis conservé dans des sachets en papier à l'abri

de la lumière et de l'humidité pour les analyses fourragères.

### 6.3. Analyses chimiques

La détermination de la composition chimique à savoir, les teneurs en matière sèche (MS), matières azotées totales (MAT), cellulose brute (CB) et matière minérale (MM). La teneur en matière organique (MO) est déduite par soustraction de la matière minérale ( $MO = 100 - MM$ ) a été réalisée en trois répétitions au laboratoire d'analyses fourragères du Département d'Agronomie (Université de Blida) et les résultats sont exprimés en pourcentage de MS. les méthodes d'analyses chimiques utilisées sont celles de l'AOAC [456]. Toutes les mesures ont été faites en trois répétitions.

### 6.4. Calculs

#### 6.4.1. Calculs de la valeur nutritive

Pour pouvoir apprécier les variétés étudiées, le calcul de la valeur nutritive est nécessaire si l'on veut un rationnement pratique et efficace des vaches laitières.

Vu la quantité restreinte de fourrage obtenu et dans l'impossibilité de pouvoir faire des tests in vivo ou enzymatique, le calcul par le système d'équations à partir de la composition chimique était un moyen efficace et le plus fiable.

Les valeurs énergétiques et azotées des variétés de luzerne, 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 [76].

#### 6.4.1.1. 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 :

**UFL / kg 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.

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

avec

EM = énergie métabolisable en kcal / kg de MS

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

$$\text{KI} = 0,60 + 0,24 (q - 0,57)$$

avec

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

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

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.

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

avec

$$\text{Kmf} = (\text{Km} \times \text{Kf} \times 1,5) / (\text{Kf} + 0,5 \text{ Km})$$

avec

$\text{Km} = 0,287 q + 0,554$  = rendement de EM en EN pour l'entretien.

$\text{Kf} = 0,78 q + 0,006$  = rendement de EM en EN pour la production de viande.

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

6.4.1.2. Valeurs azotés 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 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)

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

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

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

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

MAT = matières azotées totales en g/kg de MS

$\Delta_1 = - 1,9$  au 1<sup>er</sup> 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 %.

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

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 donné ci-dessus.

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

Avec

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

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

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

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

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

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 %

#### 6.4.2. Calculs 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 et des 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 chimiques et les rendements variables, permettant ainsi de classer les potentialités des variétés étudiées en terme de couverture des besoins de la vache laitière. Par la suite des présentations sont consolidées par un test de comparaison par paire dans l'esprit de faire sortir les variétés qui ont participé à la signification des différences.

## 6.5. RÉSULTATS Et DISCUSSION

### 6.5.1. Essai Luzerne irriguée

Le tableau 6.4 présente la composition chimique et les rendements en vert et en sec des différentes variétés étudiées de l'essai irrigué

**Tableau 6.4** : Composition chimique et rendements des variétés de luzerne étudiées menées en irrigué

Variétés	MS( %)	MM(% MS)	MO(%MS)	CB(% MS)	MAT(% MS)	RDTV (t/ha)	RDTs(t/ha)
Ecotiposici	23,25±2,79	10,99±0,26d	89,00±0,26a	21,39±1,27	19,65±1,05c	10,97±1,74c	2,41±0,21c
Prosementi	24,35±2,46	11,29±0,44d	88,70±0,44a	21,00±1,22	19,85±0,71b	10,90±1,99c	2,49±0,27c
ABT	22,66±0,99	11,98±0,42d	88,01±0,42a	20,30±0,54	20,69±0,15a	10,92±2,30c	2,46±0,53c
Amerist	23,85±0,90	10,76±0,45e	89,15±0,52a	24,72±1,61	19,31±0,76c	11,51±1,07b	2,68±0,33b
Mamuntanas	22,85±0,72	11,56±0,51d	88,43±0,51a	22,21±1,94	19,88±0,82b	14,41±1,03a	3,08±0,19a
Tamantit	23,85±2,31	12,11±0,35b	87,78±0,40b	22,18±1,32	17,71±0,17d	3,83±0,28d	1,02±0,11d
Sardi 10	23,4±0,53	11,08±0,34d	88,91±0,34b	23,42±1,33	18,08±0,32d	9,97±1,21c	2,34±0,32c
Siriver	23,2±2,79	11,13±0,35d	88,86±0,35a	22,79±0,97	20,14±0,36a	9,85±1,91c	2,21±0,37c
Africaine	21,25±1,98	11,32±0,27d	88,85±0,25a	23,97±1,85	19,86±0,69b	8,96±0,90c	1,85±0,05c
Gabès	19,2±0,42	12,11±0,51b	87,88±0,51b	22,09±1,47	19,04±0,64c	8,12±1,12c	1,55±0,19c
Magali	21,1±2,41	12,47±0,42b	87,52±0,42c	22,17±1,14	20,41±0,61a	11,97±1,67c	2,41±0,29c
Melissa	26,7±1,90	11,13±0,30d	88,86±0,30a	23,27±2,17	18,75±0,90c	8,26±1,48c	2,12±0,29c
Coussouls	18,66±1,29	11,10±0,23d	88,89±0,23a	24,11±1,69	20,73±0,36a	12,89±3,02b	2,33±0,48b
Rich 2	22,14±2,86	12,71±0,60a	87,28±0,60c	22,07±1,34	17,41±0,97d	9,62±1,24c	2,07±0,15c
Erfoud	24,35±0,37	11,25±0,11d	88,73±0,11a	21,29±1,24	18,45±0,99c	6,92±0,74c	1,66±0,17c
Demnat	23,2±1,00	11,82±0,30c	87,68±0,40c	20,36±2,14	18,66±0,83c	6,94±1,82c	1,63±0,46c
<i>p</i>	0.388 <sup>NS</sup>	0.017*	0.012*	0.654 <sup>NS</sup>	0.049*	0.007**	0.005**
<i>f</i>	1.092	2.258	2.370	0.817	1.884	2.577	2.668

MS : Matière sèche, MO : Matière organique, MAT : Matière azotée totale, CB : Cellulose brute, RDTV : Rendement en matière verte, RDTs : Rendement en matière sèche, NS : non significative, \* : significative à 5%, \*\* : significative à 1%.

#### 6.5.1.1. Teneurs en Matières sèches

Aucune différence significative n'est révélée entre les différentes variétés. La teneur en matière sèche varie en fonction du stade de développement de la plante ; elle évolue aussi en fonction de la composition morphologique et la croissance de l'herbe [170]. Galvano et Polidori [503], observent une augmentation régulière de la teneur en matière sèche de la première à la dernière coupe, elle est de l'ordre de 8 à 12% en novembre décembre et de 20 à 25% en mai-juin.

D'après INRA [424], la luzerne au stade début floraison a des teneurs en MS de 18.9 et 24.9% respectivement pour le 1<sup>er</sup> cycle et la repousse de 08 semaines en 3<sup>ème</sup> cycle qui correspond à la date de notre 3<sup>ème</sup> coupe. Nos résultats semblent concorder avec ceux de Kerbaa [504], qui enregistre une MS de 24.5% en 1<sup>er</sup> cycle et de 33.5% en 3<sup>ème</sup> cycle. Et proche de 21,3% enregistrés par Demarquilly et Andrieu [160],

L'élévation du taux de MS est due principalement à la sécheresse étalée entre le mois de Mai et Juillet.

#### 6.5.1.2. Teneurs en Matières minérales :

Selon Jordan et Müller [505], la variation intra spécifique des teneurs en substances minérales peut être attribuée à la capacité pour chaque cultivar de puiser des nutriments plus ou moins profondément.

On enregistre une différence significative entre les différents cultivars, les valeurs sont comprises entre 10,71 % pour la plus faible et 12,71% pour la valeur la plus importante.

Ces résultats sont analogues à ceux trouvés par Chibani et *al.* [506], soit de 10.7% et 10.5% de MS respectivement pour le foin de luzerne et la luzerne déshydratée.

Et à ceux rapportés par Ballard [200], qui enregistre une teneur Maximum de 12% et une teneur Minimum de 9% pour la variété Marshal en 2<sup>ème</sup> coupe.

Chaabena et Abdelguerfi [507], affichent une teneur en MM totales similaire à la nôtre, soit 12% de MS avec le cultivar Magali contre une moyenne de 12,47 pour le même cultivar dans nos analyses.

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

Il est à remarquer que les cultivars ayant une grande teneur en matière sèche, présentent le taux le plus faible en MM ce qui concorde avec Meschy et Corrias [310] ; qui admettent que plus la plante accumule de la matière sèche plus la teneur en minéraux diminue, ce qui confirme les variations déjà observées.

#### 6.5.1.3. Teneurs en matière organique

Les teneurs en matière organique sont comprises entre 87.28% et 89.% respectivement pour les variétés Rich2 et Ameristand.

L'analyse de la variance présente une différence très hautement significative d'une variété à une autre. Erfoud, Siriver, Magali et Africaine ont la teneur en MO la plus importante, les variétés Demnat et Gabès ont les teneurs en matières organiques les plus faibles. Ces valeurs concordent avec ceux de Chibani et *al.* [506], qui annoncent une valeur de 87,5% MS.

Néanmoins les teneurs obtenues sont comparables à celles annoncées par Ciheam [508], 87 et 89.6% respectivement au stade début floraison, plante entière du 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> cycle ; elles sont supérieures aux valeurs énoncées par INRA [424], où la matière organique en 1<sup>er</sup> cycle est de 89.1% alors qu'en 2<sup>ème</sup> cycle, pour des repousses à tiges de 08 semaines la matière organique est de 89.6%.

Chibani et *al.* [506] enregistrent des teneurs en matière organique inférieures aux nôtres, soit 77.8% MS pour le foin de luzerne et 80.7% MS pour la luzerne déshydratée.

#### 6.5.1.4. Teneurs en cellulose brute

Les teneurs en CB sont comprises entre 19.55 et 25.24%. La teneur la plus élevée caractérise la variété Mamuntanas, valeur légèrement inférieure à celle trouvée par Ciheam [508] (26.4%) et de Demarquilly et Andrieu [160] (27,8%). La valeur la plus faible correspond à la variété Gabès, résultat inférieur à la valeur enregistrée par INRA [424]. (31.5%).

L'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les différentes variétés.

Toujours est-il, la cellulose, comme l'indique Sheovic [509], est la source principale d'énergie pour la population microbienne du rumen, pour autant que l'action cellulolytique de celle-ci ne soit pas entravée par la présence de lignine. Cette lignification des tissus augmente avec la température ce qui cause la diminution de la digestibilité du fourrage [151].

Ainsi, plus la plante est âgée plus le rapport feuille/tige diminue, plus la teneur en cellulose brute augmente et moins la plante est digestible [510].

#### 6.5.1.5. Teneurs en matières azotées totales

L'analyse de la variance a montré une différence significative entre les variétés, le test de Newman et Keuls a fait ressortir quatre groupes homogènes.

Le taux le plus élevé caractérise la variété du 1<sup>er</sup> groupe Coussouls avec 20,73% de Mat, valeur égale à celle publiée par Ciheam [508], 20.7% pour la même espèce et au stade début floraison, de même pour Kerbaa [504] qui enregistre une valeur de 21.6%. La teneur la plus faible caractérise la variété Sardi10 (17,41%) et la variété locale Tamantit (17,71%), valeur comparable à celle de INRA [424] (17.8%) au même stade, et légèrement supérieure à celle publiée par Davolio et *al.*, [511], qui est de 18% en culture pure et de 12 ,3% de MAT pour une luzerne en association. La valeur moyenne étant de 19,28% valeur supérieure à la teneur

azotée trouvée par Naydenova et Vasileva [512], pour la luzerne de 18.28% de MAT.

#### 6.5.1.6. Rendement en vert

L'analyse de la variance a donné une différence très hautement significative entre les différentes variétés. Les rendements en matière verte sont compris entre 3.82 et 14.41 t/ha. La production la plus élevée est attribuée à la variété Mamuntanas et la valeur la plus faible caractérise la variété locale, Tamantit.

Les rendements les plus élevés sont comparables à ceux enregistrés par Bouazamma et *al.* au Maroc [513] pour une luzerne sous différents régimes hydriques.

Cinq variétés appartenant au 1<sup>er</sup> groupe se distinguent avec le rendement en vert le plus élevé à savoir, Mamuntanas, Ameristand, Coussouls, Magali et Gabès. Tamantit avec 2.12t/ha constitue la moyenne extrême et la plus faible, supérieure à celle enregistré par Fourie [514], ne dépassant pas 1,8t/ha pour une luzerne irriguée avec de l'eau saline.

Dans l'ensemble, nos variétés ont donné un rendement en vert relativement satisfaisant. Des résultats similaires (10 à 13t/ha) ont été observés par Chaabena [515] sur des variétés de luzerne menées en irriguée en zone saharienne. Et similaires à ceux de Bouazzama et *al.*, [513], qui ont enregistré des rendements en vert de 12t/ha et de 4,7T/ha pour des doses d'irrigation de 804 et 1009 mm.

Il est à noter que l'année de notre essai est l'année d'installation, c'est pour cela que l'on note cette grande variabilité au niveau du rendement. Il faut rappeler que, l'alimentation des herbivores est assurée essentiellement par la biomasse verte de la plante et pour cela, il faut penser à maximiser les feuilles et les tiges tant en quantité qu'en qualité [516].

#### 6.5.1.7. Rendement en sec

Une différence significative entre les différentes variétés est observée. Mamuntanas se distingue légèrement des autres alors que Tamantit donne le plus faible rendement en sec. Dans l'ensemble, nos variétés ont enregistré des rendements en matière sèche faibles, la moyenne étant de 2,14 T/ha, valeur proche de la moyenne de 2.93 t/ha d'une variété de luzerne pérenne Russe [517].

Le rendement en matière sèche de la luzerne dans la région de la Mitidja est selon Kerbaa [504] de 4.74 et 3.74 t/ha respectivement pour le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> cycle de la luzerne en début de floraison.

Çoruh et Tan [518] obtiennent un rendement en sec de 4,08t/ha la 1<sup>ère</sup> année d'implantation et de 8,73 t/ha la 2<sup>ème</sup> année dans une étude menée sur la luzerne en Turquie.

Bélanger et al. [519], quant à eux, observent un rendement en sec moyen sur trois ans de 5,14t/ha pour une luzerne de prairies en associations avec des graminées.

La tendance à la baisse du rendement en matière sèche de la luzerne d'une coupe à l'autre est observée également par Mauriès et al. [98], qui note 4.5 t MS/ha en 1<sup>er</sup> cycle contre 3 t MS/ha en 2<sup>ème</sup> cycle.

#### 6.5.2. Essai Luzerne menée en sec 'pluvial'

Le tableau 6.5 présente la composition chimique et les rendements en vert et en sec des différentes variétés étudiées.

**Tableau 6.5.** : Composition chimique et rendements des variétés de légumineuses étudiées menées en sec

	MS(%)	MM (% MS)	MO (%MS)	CB (% MS)	MAT (% MS)	RDTV(t/ha)	RDTS(t/ha)
Ecotiposici	23,55±2,20b	11,86±1,63c	88,20±1,65b	24,18±1,06c	17,62±0,13c	2,48±0,22bc	0,98±0,09c
Prosementi	19,35±1,63c	11,99±0,57b	88,01±0,57b	24,12±0,59c	18,09±1,20c	1,76±0,30c	0,70±0,12c
ABT	29,7±4,70a	11,03±0,53c	88,96±0,53b	23,43±0,82c	17,14±0,54c	3,62±0,37a	1,23±0,19a
Amerist	26,65±2,73ab	8,70±0,48e	91,29±0,48ab	28,59±1,75a	17,25±0,91c	3,02±0,33b	1,11±0,11b
Mamuntanas	27,9±2,35ab	10,14±0,37d	89,85±0,37ab	24,87±0,51c	18,38±0,17c	2,88±0,34b	1,16±0,09b
Tamantit	12,55±1,55e	12,40±1,18a	87,59±1,18c	24,56±1,56c	17,62±0,18c	1,04±0,29d	0,31±0,09d
Sardi 10	31,45±2,17a	9,73±0,26d	90,27±0,25ab	25,79±0,43ab	19,24±0,97b	3,72±0,29a	1,31±0,09a
Siriver	28±2,60ab	9,83±0,26d	90,17±0,26ab	25,85±0,71ab	19,34±0,72b	3,72±0,86a	1,16±0,10a
Africaine	16,6±2,01d	8,55±0,62e	91,44±0,62a	27,75±1,29a	18,79±0,38b	2,04±0,24c	0,69±0,08c
Gabès	11,95±1,28 <sup>e</sup>	11,57±0,81d	88,41±0,81b	26,95±1,69b	18,79±0,42b	1,45±0,16c	0,50±0,05c
Magali	22±3,48b	12,66±1,39a	87,33±1,39b	21,03±0,46d	20,46±0,23a	2,54±0,40bc	0,91±0,14c
Melissa	17,25±2,36d	10,85±1,17c	89,14±1,17c	27,04±1,96b	17,34±0,69c	3,02±1,29b	0,91±0,24b
Coussouls	15,5±1,52d	9,49±0,15d	90,58±0,16ab	24,23±0,50c	18,08±0,38c	2,03±0,22c	0,64±0,06c
Rich 2	16±2,89d	10,47±0,41c	89,54±0,42b	26,78±1,34b	16,75±0,48c	1,82±0,63c	0,56±0,12c
Erfoud	18,75±2,68c	9,79±0,25d	90,20±0,25ab	23,11±0,42c	16,01±1,26d	1,80±0,30c	0,66±0,12c
Demnat	15,1±1,10d	11,14±1,02b	88,96±1,01b	28,02±0,93a	17,18±0,78c	1,60±0,10c	0,63±0,046c
<i>P</i>	0.000***	0.027*	0.027*	0.002**	0.006**	0.014*	0.000***
<i>F</i>	5.194	2.120	2.108	3.140	2.619	2.354	4.714

MS : Matière sèche, MO : Matière organique, MAT : Matière azotée totale, CB : Cellulose brut , RDTV : Rendement en matière verte, RDTS : Rendement en matière sèche  
 NS : Non significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%, \*\*\* : Significative à 0,01%

#### 6.5.2.1. Teneurs en Matières sèches

Comme pour l'essai en irrigué, l'analyse de la variance a montré une différence non significative entre les différentes variétés. Les teneurs en MS varient entre 12.57% pour la plus faible valeur, et 27.79% pour la plus grande valeur, respectivement pour la variété Tamantit et Mamuntanas.

Une nette différence entre les variétés a été notée, ceci peut s'expliquer d'une part, par la lenteur de la croissance suite au déficit hydrique, mais aussi car la fauche a été faite vers la fin du cycle quand les teneurs en matière sèche ont tendance à augmenter.

#### 6.5.2.2. Teneurs en matières organiques

Les variétés qui enregistrent la teneur la plus élevée en MO sont Africaine et Ameristand avec plus de 91 % similaire à ceux trouvés par Lebas et Goby [520] pour une luzerne séchée à froid. alors que la teneur la plus faible est pour la variété Magali avec 87.33%. Ces résultats semblent cohérent avec ceux de Ciheam [508] pour une luzerne en début de floraison (87.0% MO).

#### 6.5.2.3. Teneurs en cellulose brute

La valeur la plus élevée correspond à la variété Ameristand (28,59%), valeur similaire à celle trouvée par Kizekova et *al.*[521], sur une luzerne conduite en sec (28,49%) et par Naydenova et Vasileva [512] qui ont trouvé 28,16% légèrement comparable (28%) à celle indiquée par l'INRA [424] pour des repousses à tiges de 7 semaine d'une luzerne en troisième cycle ; la plus faible valeur est pour la variété Magali (21.03%), valeur proche de celle publiée par Ciheam [508] qui est de 20.7%.

#### 6.5.2.4. Teneur en matières azotées totales

L'analyse de la variance a montré une différence significative entre les variétés.

Les valeurs en MAT sont comprises entre 20.46% correspondant à la variété Magali, et 16.751% pour la variété Rich2 ; nos valeurs se rapprochent de celles de Kizekova et *al.* [521], dont la teneur en MAT varie entre 14,4 et 19,2% pour une luzerne en condition de sécheresse.

Notons que ces valeurs se rapprochent de celles de l'INRA [\*98] et de Ciheam [508]. Nos résultats semblent supérieurs à ceux trouvés par Pelletier 2015 qui sont de 11,7% pour une luzerne de prairie.

Les teneurs en azote des tiges et des feuilles peuvent être significativement réduites en cas de déficit hydrique [522].

#### 6.5.2.5. Rendements en vert

Les rendements en vert varient entre 1.04/ha, valeur la plus faible correspondant à la variété Tamantit, et 3.72t /ha pour les variétés Sardi 10 et Siriver. Les rendements en vert pour l'essai luzerne en sec sont faibles par rapport à ceux

enregistrés par Kerbaa [504], ceci est certainement dû au stress hydrique. Ce qui est confirmé par les résultats de Bouazamma et *al.* [513], qui affirment que l'accommodation à la restriction d'eau se traduit par une diminution de la biomasse sèche aérienne (la croissance foliaire et la perte des pieds de luzerne). Cette diminution est d'autant plus importante que le stress est plus sévère [523].

#### 6.5.2.6. Rendement en sec

Les rendements en sec pour cet essai sont faibles, il est à noter que l'année de l'essai est l'année d'installation, qui a été par ailleurs une année sèche, ce qui influe sur le rendement en sec.

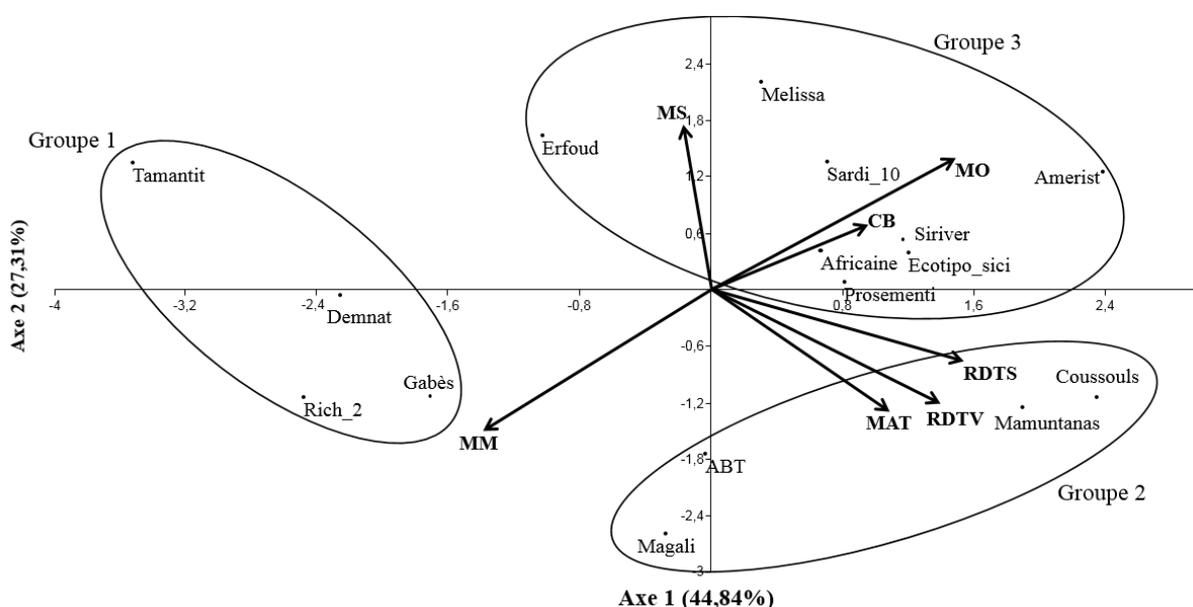
Toutefois, nos valeurs concordent avec ceux de Kerbaa [504] pour une luzerne conduite en Mitidja en cinquième cycle au stade végétatif (1.92t/ha) et de Kizekova et *al.* [521], qui obtiennent des rendements en sec de 1,09 T/ha et 1,41t/Ha de deux monocultures de luzerne en 1<sup>ère</sup> coupe lors d'une année sèche. Nos résultats concordent avec ceux de Remacle et *al.* [524], qui, sur deux ans ont remarqué une perte de rendement en matière sèche de 56% sur une culture de luzerne en condition de déficit hydrique.

### 6.6. Tendance de la composition chimique et du rendement des variétés étudiées dans une optique intra variétale en irrigué et en sec

Afin d'appréhender toute interaction de composition, qui peut relier la composition chimique aux variétés de Luzerne. Pour une meilleure visualisation des variances dues à la fluctuation des teneurs des différents composés chimiques dépistés aux niveaux des différentes variétés étudiées selon le mode de culture (irrigué et en sec). Nous avons appliqué une analyse en composante principale sur la totalité des données. L'information de l'ACP était projetée sur une trame factorielle bidimensionnelle. Le choix des deux axes de l'intrigue était basé sur les composants principaux les plus pertinents. Ceux-ci concernent les axes F1 et F2, qui donnent spécifiquement les pourcentages d'inertie les plus élevés avec respectivement 44,84% et 27,31%, donnant au total 72,15% d'inertie pour les variétés de Luzerne irriguée, et 47,87% et 31,72%, donnant au total 79,59% d'inertie pour les variétés de Luzerne menée en sec, ce qui reflète une qualité de

représentation très acceptable des variables étudiées sur la carte de projection.

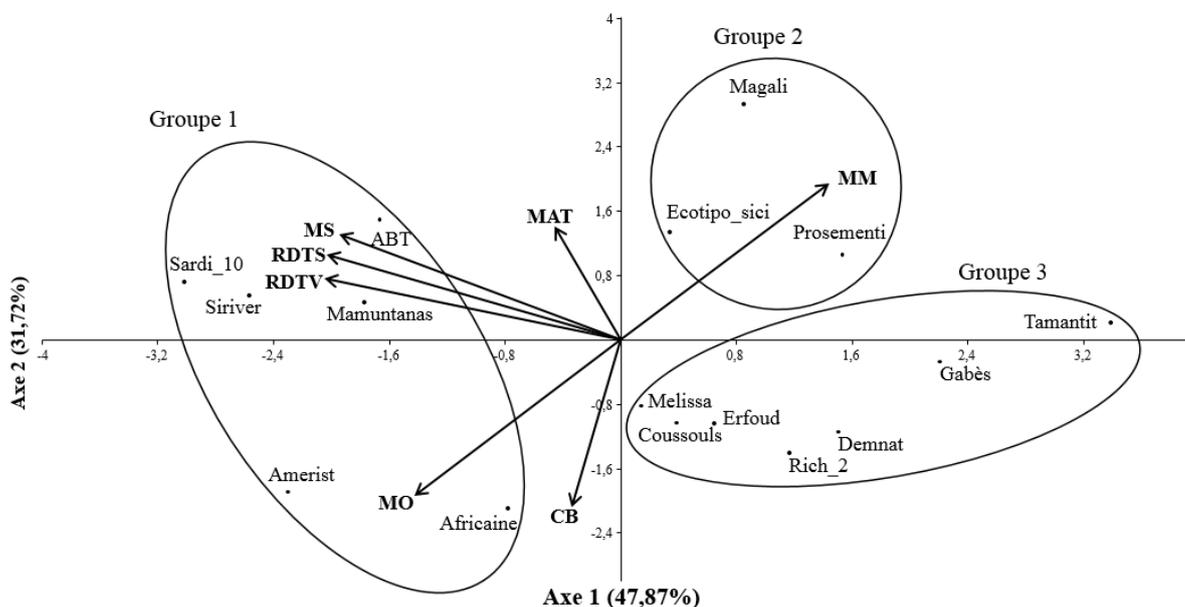
Concernant les variétés de Luzerne conduite en irriguée, sur la base d'une similarité de -2,8, la CHA nous renseigne la présence de trois groupes à savoir : (i) le groupe 1, désigne la richesse des variétés de Tamantit, Demnat, Rich\_2 et Gabès en matières minérales, (ii) le groupe 2, informe que les variétés Coussouls, Mamuntanas, ABT et Magali s'individualisent par de fortes quantités en matières azotées totales, et en rendement sec et vert, (iii) le groupe 3, désigne la suprématie des variétés Melissa, Amerist, Sardi\_10, Siriver, Ecotipo\_sici, Africaine, Erfoud et Prosementi en matière de MS, MO et CB (Fig. 7.2).



**Figure 6.2** : Projection des valeurs de la composition chimique et du rendement des différentes variétés de Luzerne irriguée sur les deux axes de l'ACP

En revanche, les variétés de Luzerne conduite en sec, sur la base d'une similarité de -4,5, la CHA nous expose également trois groupes à savoir : (i) le groupe 1, montre que les variétés de Sardi\_10, Siriver, Amerist, Africaine, Mamuntanas et ABT renferment plus de MO et de MS et enregistrent les plus haut rendement en vert et en sec, (ii) le groupe 2, annonce que les variétés Magali, Ecotipo\_sici et Prosementi accumulent des quantités très importantes en MM, (iii) le groupe 3 renferme les variétés Tamantit, Demnat, Rich\_2, Gabès, Coussouls,

Melissa et Erfoud dont la composition chimique demeure la plus faible (Fig.02).



**Figure 6.3** : Projection des valeurs de la composition chimique et du rendement des 16 variétés de Luzerne menée en sec sur les deux axes de l'ACP

Les variations d'états hydriques du végétal induites par le déficit hydrique entraînent des modifications de l'ensemble du fonctionnement de la plante [201].

Le rapport feuille-tige est le principal paramètre qui met en évidence les variations qualitatives de la plante, d'où l'intérêt de la date de coupe qui joue un rôle aussi bien, sur le rendement en sec que sur la qualité. Plus l'herbe avance en âge, moins elle devient feuillue.

La moyenne générale de la teneur en MAT de l'essai irrigué est de 19.09%, celle de l'essai en sec est de 18.12% de MAT, valeur comparable, ce qui confirme les résultats de Lemaire et Allirand [134] qui montrent, qu'à une même date de récolte, la différence de teneur en N entre "sec" et "irrigué" est en général faible.

Le stress hydrique des plantes joue un rôle important sur la teneur en azote en réduisant la production de biomasse et la fixation symbiotique, ce qui pénalise fortement la teneur en azote [525].

L'augmentation de la teneur en azote avec l'irrigation pourrait s'expliquer par l'augmentation du rapport feuille/tige car la teneur est étroitement liée à ce rapport et l'irrigation contribue à l'augmentation de la proportion de la surface foliaire (riche en azote).

Toutefois Remacle et *al.* [524], indiquent que mise à part la teneur en cendre, les conditions de stress hydriques n'affectent pas significativement les autres variables comme la teneur en protéine, en carbohydrates ni même la fibrosité de la luzerne.

Les travaux de Ouchai [526], montrent une surface foliaire de 239cm<sup>2</sup> par pot contre 674 cm<sup>2</sup> par pot respectivement de 15g dans 100g MS contre 19g dans 100g MS. Ce même phénomène est rapporté par Vidal et *al.* [527].

Par rapport au maïs ensilage, la luzerne affiche indéniablement de meilleures productions en situation sèche et est surtout plus régulière d'une année à l'autre ; elle produit davantage que les graminées durant les années sèches (13.4 t/ha MS pour la luzerne contre 9.9 t/ha pour le Ray-grass anglais) [528]. Ces résultats obtenus nous permettraient de choisir les populations les plus adaptées au déficit hydrique pour les planter dans des zones où les périodes de sécheresse sont longues et où il y a un déficit en eau d'irrigation [529].

Les rendements en vert enregistrés pour l'essai luzerne en irrigué sont nettement supérieurs à ceux de l'essai en sec. Les espèces fourragères diminuent leur production en situation de déficit hydrique du fait d'une réduction de la croissance foliaire et d'une restriction de la nutrition azotée, la biomasse produite sera très limitée [119] ; [121]. Ceci est certifié par les résultats de Robert et *al.* [203], qui affirment que l'accommodation à la restriction d'eau se traduit par une diminution de la biomasse sèche aérienne. Cette diminution est d'autant plus importante que le stress est plus sévère.

La variété qui enregistre un rendement très intéressant et élevé dans l'essai en irrigué, à savoir Mamuntanas, occupe une place satisfaisante dans l'essai en sec, pour les autres variétés les rendements sont nettement inférieurs ; ce qui rejoint les résultats de Itier et Seguin [530], qui affirment que la production fourragère est

au premier rang des production agricoles touchées par la sécheresse, avec des baisses de production qui peuvent atteindre et dépasser les 50% dans certains cas.

Cependant, selon Schoutteten [198]. L'augmentation de la fréquence de coupes réduit le tonnage produit en matière sèche sans pénaliser la production de protéines à l'hectare.

Durand [119], affirme que la sécheresse est à priori susceptible de sélectionner les individus les plus aptes à lui résister. Ce qui est confirmé par Klabi et *al.* [531] qui annoncent des rendements en matière sèche de la luzerne de 8 t/ha en saison pluvieuse et de 2t/ha en saison sèche.

Frick et *al.* [532], dans un essai de trois ans sur 36 variétés de luzerne en Suisse, annoncent un rendement moyen de 5,1t /ha et affirment que c'est un critère de choix avec la digestibilité de la matière organique.

La réduction de la disponibilité en eau affecte fortement le développement des plantules. Le développement de l'appareil végétatif et celui des racines sont apparemment affectés : hauteur des tiges, leur nombre, le poids des racines et celui de l'ensemble feuilles, tiges sont diminués. La sélection permet d'améliorer la résistance au stress hydrique chez la luzerne [121].

Pelletier [533], démontre dans un essai sur cinq ans sur la composition des prairies, que la luzerne a permis de maintenir la productivité des prairies multi-espèces grâce à son fort potentiel de production en conditions chaudes et irriguées.

Dans les situations de sécheresse récurrente, des irrigations d'appoints régularisent les rendements. Elles stabilisent les rendements entre 12 à 16 t MS alors qu'en sec les rendements varient de 6.5 à 13 t MS/ha [534].

### 6.7. Valeur nutritive et digestibilité des variétés de luzerne étudiées menées « en irrigué »

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau 6.6, ce qui est remarquable, c'est que pour toutes les valeurs étudiées il n'y a pas de différence significative intra variétale des potentialités en régime hydrique. Toutes les variétés sont comparables entre elles, à savoir pour les valeurs énergétiques et azotées ainsi que pour la digestibilité de la matière organique.

**Tableau 6.6.** : Valeurs nutritives des variétés de luzerne « essai irrigué »

Variétés	UFL	UFV	PDIN	PDIE	dMO%
Ecotipo sici	0,90±0,01	0,84±0,02	125,77±6,95	96,11±2,07	73,89±1,28
Prosementi	0,90±0,01	0,84±0,02	127,01±4,72	96,46±1,60	74,28±1,23
ABT	0,88±0,028	0,82±0,03	127,23±5,38	95,29±2,30	73,06±1,96
Amerist	0,84±0,02	0,77±0,02	123,46±5,04	93,00±1,63	70,53±1,62
Mamuntanas	0,83±0,01	0,76±0,01	126,69±1,73	92,74±0,76	70,01±0,86
Tamantit	0,87±0,02	0,81±0,02	113,01±1,15	92,33±1,21	73,09±1,34
Sardi 10	0,86±0,01	0,80±0,02	115,44±2,11	92,50±1,12	71,84±1,35
Sriver	0,87±0,01	0,81±0,01	128,92±2,41	95,44±0,93	72,47±0,98
Africaine	0,85±0,02	0,79±0,03	127,12±4,56	94,11±2,20	71,28±1,87
Gabès	0,87±0,02	0,81±0,03	121,70±4,25	94,07±2,21	73,18±1,48
Magali	0,87±0,02	0,81±0,02	130,73±4,08	95,38±1,40	73,10±1,15
Melissa	0,86±0,03	0,80±0,03	119,83±5,88	93,36±2,52	71,99±2,19
Coussouls	0,85±0,02	0,78±0,03	132,84±2,41	95,05±1,13	71,14±1,71
Rich2	0,87±0,01	0,81±0,02	111,06±6,40	91,64±1,59	73,20±1,35
Erfoud	0,90±0,01	0,84±0,02	117,85±6,51	94,56±2,03	73,99±1,25
Demnat	0,90±0,03	0,85±0,04	119,20±5,44	94,86±1,91	74,93±2,16
<i>f</i>	0,772	0,801	1,884	0,686	0,817
<i>p</i>	0,700 <sup>NS</sup>	0,670 <sup>NS</sup>	0,049 <sup>NS</sup>	0,785 <sup>NS</sup>	0,654 <sup>NS</sup>

NS : non significatif

### 6.7.1. Valeurs énergétiques UFL et UFV

Toutes les variétés sont comparables entre elles, l'analyse de la variance ne montre aucune différence significative.

Les valeurs énergétiques UFL sont comprises entre 0.83 et 0.90, la plus petite valeur est attribuée à la variété mamuntanas et la plus grande est répartie entre Ecotipo sici et Prosementi ; Erfoud et Demnat. Ces résultats sont comparables à ceux d'une luzerne en début de bougeonnement ou à un stade végétatif de 60cm [424].

Les UFV sont compris entre 0,76 et 0,85. La plus grande valeur est attribuée à la variété Demnat alors que Mamuntanas affiche la valeur la plus faible. Néanmoins nos résultats ne sont pas très différents de ceux de CIHEAM [504]et INRA[424].

Nos résultats sont comparables à ceux rapportés par Mauriès [117] et Jarrige [143], qui enregistrent une teneur en énergie des luzernes déshydratées de 0,95 et 0,88 UFL /kg de MS et de 0,87 et 0,82 UFV /kg de MS.

### 6.7.2. Valeurs azotées en g de PDIN et g de PDIE par Kg de matière sèche

La luzerne sécurise la ration par son apport de fibres, de matière azotée et de calcium. Favorise la fertilité grâce à sa richesse en bêta carotène. Maintien de la valeur azotée.

Les valeurs PDIN des variétés mises en essai sont très satisfaisantes et s'accordent avec la littérature.

La valeur PDIN moyenne est de 122,99 valeurs comparables à celles de INRA [424] et de Cişmileanu et *al.* [535] qui sont respectivement de 123 au stade de bourgeonnement et 122 pour la variété Cezara en foin.

La valeur PDIE moyenne est de 94,18, valeur supérieure à celle donnée par INRA 2010 qui est de 86 pour une luzerne en début de floraison et 87g/kg MS en deuxième cycle de végétation au stade repousse 8 semaines.

### 6.7.3. Digestibilité de la Matière organique

Il n'y a pas de différence significative entre les différentes variétés étudiées. La digestibilité de la matière organique

En effet, Demarquilly et Andrieu [160], confirment que les différences de digestibilité entre variétés à l'intérieur d'une même espèce sont très faibles.

Secker [536] explique quant à lui, qu'il y a faible digestibilité si on a une mauvaise qualité de la luzerne avec une faible teneur en protéines (<13,6%).

Nos valeurs semblent largement supérieure à ceux trouvés par Lebas et Goby [520] (50,8%) et Frick et *al.* [532]( 67%)

La luzerne présente une dMO élevée mais qui diminue avec le temps, c'est pour cela qu'elle devrait être récoltée au moment optimal pour éviter la perte de nutriments [537] ; [538] ; [539].

### 6.8. Valeurs énergétiques et azotées des variétés de luzerne étudiées » essai en sec »

Les valeurs énergétiques et azotées sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 6.7** : Valeurs nutritives des variétés de luzerne « essai en sec »

Variétés	UFL	UFV	PDIN	PDIE	dMO%
Ecotipo sici	0,84±0,00 abcd	0,78±0,01 Abc	112,39±0,88 ab	90,80±0,47 ab	71,07±1,07 Ab
Prosementi	0,84±0,00 abcd	0,78±0,00 Abc	115,53±7,89 ab	91,26±1,33 ab	71,13±0,59 Ab
ABT	0,86±0,00 abc	0,80±0,01 Abc	109,30±3,54 ab	91,36±0,88 ab	71,83±0,83 Ab
Amerist	0,80±0,02 cd	0,72±0,02 C	110,01±5,97 ab	88,59±2,38 b	66,61±1,76 B
Mamuntanas	0,85±0,00 abcd	0,78±0,00 Abc	117,35±1,17 ab	92,27±0,37 ab	70,37±0,52 Ab
Tamantit	0,83±0,01 abcd	0,76±0,02 Abc	112,39±1,23 ab	90,09±0,91 ab	70,68±1,57 Ab
Sardi 10	0,84±0,00 abcd	0,76±0,00 Abc	123,02±6,41 ab	92,76±1,39 ab	69,44±0,43 Ab
Siriver	0,83±0,00 abcd	0,76±0,01 Abc	123,68±4,79 ab	92,78±1,10 ab	69,38±0,72 Ab
Africaine	0,82±0,01 bcd	0,74±0,02 Bc	120,09±2,53 ab	91,32±1,32 ab	67,47±1,30 B
Gabès	0,80±0,01 cd	0,73±0,02 C	120,04±2,80 ab	90,06±1,23 ab	68,28±1,71 B
Magali	0,89±0,01 a	0,83±0,01 A	131,01±1,56 a	96,24±1,13 a	74,25±0,46 A
Melissa	0,80±0,02 cd	0,73±0,02 Bc	110,60±4,53 ab	88,64±1,48 b	68,18±1,98 B
Coussouls	0,87±0,00 abc	0,80±0,00	115,39±2,50 ab	92,93±0,71 ab	71,02±0,51 Ab
Rich2	0,81±0,01 bcd	0,74±0,02 Bc	106,72±3,12 b	88,43±1,13 b	68,44±1,36 Ab
Erfoud	0,88±0,00 ab	0,82±0,00 Ab	101,96±8,24 b	90,9±1,64 ab	72,15±0,42 Ab
Demnat	0,79±0,00 d	0,71±0,00 C	109,53±5,11 ab	87,54±0,99 b	67,19±0,94 B
<i>f</i>	4,276	4,135	2,658	3,043	3,326
<i>p</i>	< 0,0001***	< 0,0001***	0,005**	0,002**	0,001**

\* : significative à 1%, \*\* : significative à 5%, \*\*\* : significative à 0,01%

### 6.8.1. Valeurs énergétiques UFL ET UFV

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 7 groupes de moyennes pour les UFL et les UFV.

La variété Magali est la variété qui a la valeur UFL et UFV la plus importante de 0,89 et 0,83 respectivement, tandis que Demnat occupe le dernier groupe avec une valeur UFL de 0,79 et une valeur UFV de 0,71.

Le groupe qui comporte le plus grand nombre de variétés à savoir Ecotiposici, mamuntanas, Prosementi, Sardi 10, Siriver et Tamantit affiche une teneur UFL moyenne 0,84 et de 0,77 UFV.

Les valeurs énergétiques des luzernes augmentent avec des teneurs élevées en protéines et des valeurs plus faibles en cellulose.

Nos résultats concordent avec ceux de INRA [424]. Nos valeurs sont largement supérieures à ceux trouvés par Naydenova et Vasileva [512] qui sont 0,69 UFL et 0,58 UFV pour une culture pure de luzerne et de 0,72 UFL et 0,60 UFV pour une luzerne menée en association.

### 6.8.2. Valeurs azotées en g de PDIN par Kg de matière sèche

Le test de Newman et Keuls fait ressortir 03 groupes homogènes, l'analyse de la variance a révélé une différence intra variétal hautement significative.

Magali occupe la 1<sup>ère</sup> place avec 131,01 g PDIN/kg MS, valeur égale à celle donnée par la variété Roumaine Teodora conduite en ensilage [534].

Le deuxième groupe compte le plus grand nombre de variétés (13), avec une moyenne de 115,33g PDIN valeur comparable à celle trouvé par Naydenova et Vasileva [512] qui est de  $118 \pm 9,2$  et à celle de 119,9 PDIN trouvée par Nikolova et al. [540], pour une luzerne traitée avec un insecticide biologique.

Les teneurs en azote des tiges et des feuilles peuvent être significativement réduites en cas de déficit hydrique, cela n'a pas d'influence notable sur la

digestibilité, car celle-ci dépend peu de la teneur en azote [522].

#### 6.8.3. Valeurs azotées en g de PDIE par Kg de matière sèche

Comme pour les PDIN, le test de Newman et Keuls fait ressortir 03 groupes homogènes, la différence intra variétal est hautement significative.

Magali a une teneur de 96,24 g de PDIE, valeur comparable à celle rapportée par Nikolova et *al.* [540] qui est de 96g de PDIE

Nos résultats sont supérieurs à ceux de Naydenova et Vasileva [512], (93) et de Cismeleanu et *al.* [534] qui sur 6 variétés de luzernes conduites en foin ont obtenu des PDIE de 73 à 77g.

#### 6.8.4. Digestibilité de la MO

L'analyse de la variance a présenté une différence hautement significative d'une variété à une autre. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% nous a permis de faire ressortir 3 groupes de moyennes.

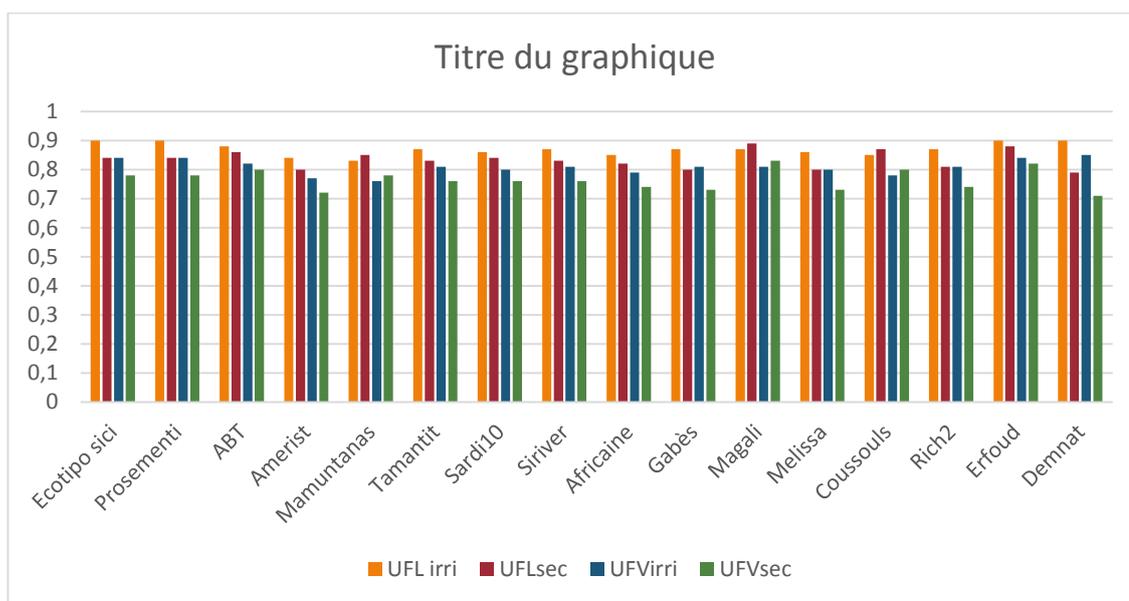
Les valeurs les plus faibles sont supérieures à celles de la DMO trouvé par Naydenova et Vasileva [512] est de 61,41%

Aufrère et *al.* [149], rapportent que la digestibilité de la matière organique varie avec la teneur en parois. Lorsque le taux de ces derniers augmente la digestibilité décroît. Effectivement la teneur en cellulose est plus importante dans l'essai en sec d'où une légère diminution de la digestibilité de la MO.

## 6.9. Effet du stress hydrique sur la valeur nutritive de la luzerne

### 6.9.1. Comparaison des valeurs énergétique UFL et UFV de l'essai en sec et de l'essai en irrigué.

Que ce soit en sec ou en irrigué pour les valeurs énergétiques UFL et UFV, la figure 7.4 ne montre pas de grande différences entre les différentes variétés



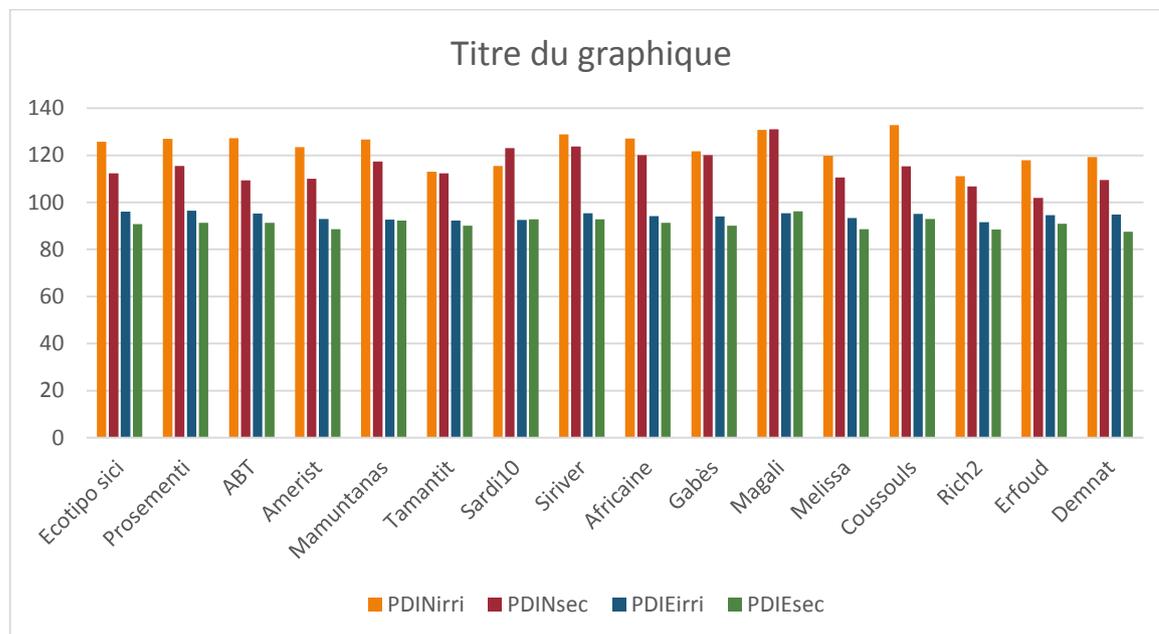
**Figure 6. 4 :** Valeurs UFL et UFV des variétés de luzerne en irrigué et en sec

Mise à part les variétés Ecotipo sici, Prosementi, Siriver, Gabès, Rich2 et Demnat, aucune différence significative n'est révélée pour les autres variétés par l'analyse de la variance au seuil de 5%, pour les valeur UFL et Les UFV.

La valeur énergétique UFL et UFV ne semble pas être affectée par le déficit hydrique, pour la majorité des cultivars que ce soit en mode irrigué ou en sec, un total de 10 variétés sont dans le même groupe

Les variétés ont toutes une bonne valeur énergétique indépendamment du régime hydrique

### 6.9.2. Comparaison des valeurs Azotées PDIN PDIE des deux essais



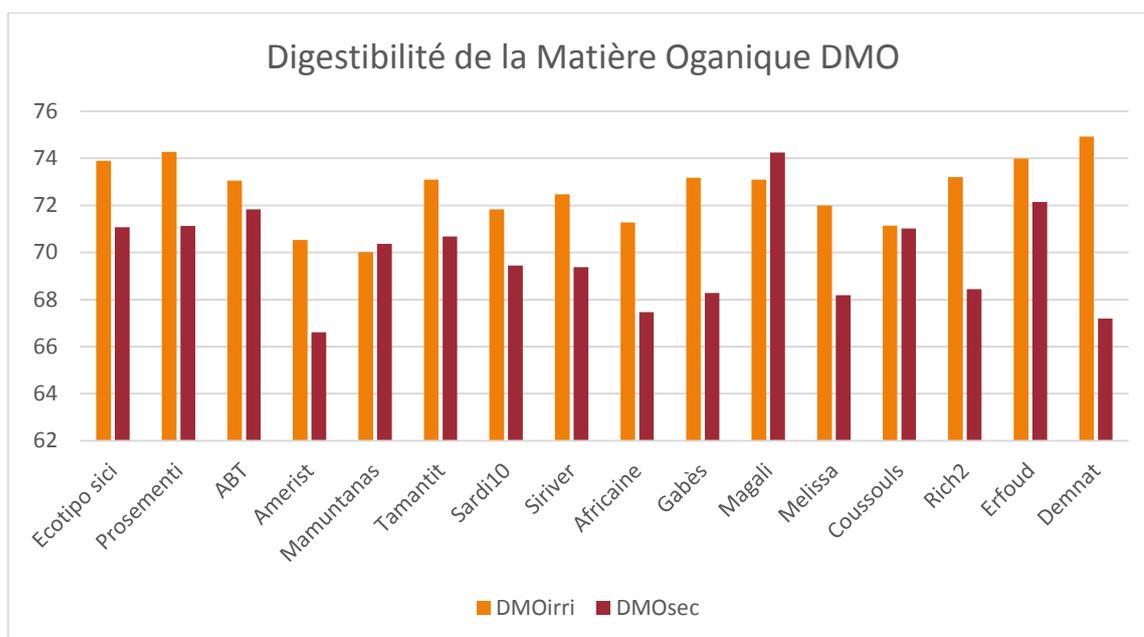
**Figure 6.5 :** Valeurs PDIN et PDIE des variétés de luzerne en sec et en irrigué

L'analyse de la variance et le test de comparaison n'ont montré aucune différence significative entre la luzerne menée en sec et celle menée en irrigué.

Férard et al. [541] dans un essai sur vache laitière, affirment que l'introduction de 15 à 30% (sur la base de la MS totale ingéré) de luzerne de très bonne valeur nutritive ( UFL= 0.82, PDIN= 125g ; PDIE= 78g), dans une ration à base de maïs ensilage et de tourteau de colza ont permis de maintenir les niveaux de production de lait brut et les taux butyreux et protéiques.

### 6.9.3. Comparaison de la digestibilité de la MO des deux essais

La figure 7, représente la comparaison entre la digestibilité entre les deux modes de conduite en irrigué et en sec



**Figure 6.6** : Comparaison de la digestibilité de la matière organique entre « essai en irrigué » et « essai en sec »

L'analyse de la variance n'a pas montré de différence significative entre 11 variétés à savoir, les deux essais, la digestibilité de la matière organique ne semble pas modifiée par le stress hydrique. Ceci rejoint les travaux de Hug et Luthy [542], qui affirment qu'en terrain sec, une production fourragère ne peut réussir qu'avec des une population végétale adapté au terrain. En effet Buxton [543], annonce que le stade de développement phénologique et la fréquence de coupe sont les principaux facteurs qui influent sur la valeur nutritive du fourrage.

D'après Mc Dowell [535], le minimum de digestibilité requis pour couvrir les besoins de l'animal est de 42 à 45%, au-dessous de cet intervalle, l'animal commence à perdre du poids. D'après nos résultats, tous les cultivars présentent des valeurs supérieures et remplissent donc, largement cette condition.

Les variétés Prosementi, Siriver, Gabès, Rich2 et Demnat, appartiennent au même groupe, avec la meilleure digestibilité de la matière organique.

La luzerne sécurise la ration par son apport de fibres, de matière azotée et de calcium. Favorise la fertilité grâce à sa richesse en bêta carotène. Maintien de la valeur azotée avec le stade [545].

Les variétés étudiées peuvent être utilisées en prairie permanente, la diversité variétale permet un plus grand équilibre entre espèces, un meilleur maintien de la luzerne et une plus grande stabilité spatiale et temporelle de la production de biomasse [546] ; [547].

### Conclusion

Nous pouvons conclure que l'essai luzerne a montré un bon comportement des variétés introduites, ce qui confirme la bonne adaptation de ces espèces aux conditions pédoclimatiques de la Mitidja.

La Mitidja est une zone où nous pouvons faire de l'élevage en intensif si nous introduisons des légumineuses pérennes conduites en sec ; toutefois, elles expriment mieux leur potentiel en irrigué. L'exploitation des légumineuses fourragères se fait durant une grande partie de l'année par des coupes successives entre lesquelles la plante repousse.

Les meilleurs résultats pour l'ensemble des caractères étudiés sont obtenus dans les conditions où l'eau n'est pas un facteur limitant.

Il serait intéressant de choisir les variétés qui ont donné les meilleurs résultats de la composition chimique et du rendement et les rentabiliser dans les régions difficiles avec des conditions hydriques sévères.

La luzerne est une ressource fourragère assez négligée en Algérie. Ses qualités agronomiques (économie d'azote) devraient lui donner un regain d'intérêt, pour sa production intéressante, notamment en culture sèche grâce à son enracinement puissant en sol profond, et, qui présente une très bonne qualité fourragère, surtout en matière azotée digestible qui est à prendre en considération.

L'irrigation peut prolonger la production en été, ceci est possible avec les différentes variétés mises en essai lors de cette étude qui ont montré une très bonne adaptation aux conditions de stress hydrique. [548] ; [549].

L'introduction de la luzerne dans les prairies fourragères peut augmenter l'absorption de l'azote et le rendement surtout lorsque l'eau est un facteur limitant donc elle est plus compétitive dans les zones semi-aride, de plus, elle contribue à améliorer la valeur nutritive des herbes de mélanges [550] ; [551].

# **CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES**

L'alimentation reste un facteur déterminant dans un troupeau laitier et toute perturbation a des conséquences directes sur le rendement des vaches laitières. La conduite alimentaire des élevages laitiers telle qu'elle est pratiquée (mauvaise utilisation des fourrages, non maîtrise de la conduite alimentaire des vaches se traduisant par une complémentation inadaptée à la physiologie des animaux), conjuguée à l'insuffisance de l'offre fourragère constitue un frein au développement de la production laitière et aux performances de reproduction.

Une bonne fertilité représente un facteur important pour le succès de la production laitière.

Les résultats obtenus lors de la 1<sup>ère</sup> étude menée à l'ITEV, nous permettent de tirer quelques enseignements quant à la gestion de la reproduction des vaches laitières dans cette institution vu qu'elle sert de modèle pour les éleveurs de la région.

L'analyse des critères de reproduction a montré que l'intervalle vêlage – insémination fécondante est largement au-dessus des normes admises ; cela s'est traduit par un intervalle vêlage – vêlage dépassant l'année. Cet intervalle est tributaire d'une part de l'intervalle V- IA1 et d'autre part du nombre d'inséminations pour une IA fécondante.

L'appréciation de la fertilité au niveau de cet élevage montre des résultats médiocres, en effet ce paramètre est mesuré par le TRIA1 et le nombre de vaches à 3IA et plus.

L'évaluation des différents paramètres de reproduction a révélé que l'infécondité est due à des faibles taux de conception et à un nombre élevé d'inséminations par gestation ce qui a engendré un allongement de l'intervalle IA1-IAf.

L'infertilité de ce troupeau résulte principalement de la mauvaise détection des chaleurs et du moment d'insémination par rapport à celle-ci. Un autre facteur non moins important peut être aussi suspecté à savoir l'alimentation essentiellement au cours de la période de tarissement et de celle allant du tarissement à la mise en reproduction.

Pour cela nous avons estimés les BCS aux différentes périodes, de tarissement, du vêlage et de la mise à la reproduction.

Les résultats obtenus démontrent clairement que la note d'état corporel moyenne du troupeau reste stationnaire tout le long de l'année ne dépasse pas 2,76, il est à noter aussi que la même ration est distribuée à l'ensemble des vaches laitières indépendamment du stade physiologique. Ce n'est pas normal !

Pointer les problèmes étant une chose, en trouver les causes et apporter des solutions en étant une autre....

Les résultats démontrent clairement que les vaches ne profitent pas de la ration car la production laitière ne dépasse pas les 15Kg de lait par vache et par jour, le déficit énergétique est clair, les vache sont en acidose et ne comblent pas pleinement leurs besoins.

L'intensité et la durée de ce déficit, inévitable après la mise bas, dépendent du niveau de production laitière, mais également des réserves corporelles au moment du vêlage et des apports alimentaires.

L'évaluation du déséquilibre énergétique, permise par la méthode de la notation de l'état corporel, laisse apparaître globalement qu'au cours du *postpartum*, une perte d'état exagérée (supérieure à un point), serait préjudiciable aux performances de reproduction, et ceci davantage que la valeur absolue de l'état corporel au vêlage, en affectant le délai nécessaire à l'obtention d'une gestation.

L'estimation régulière de la note d'état corporel, en vue de l'obtention de profils, dès avant le vêlage, constitue un outil d'intérêt non seulement dans une approche individuelle par la détection des sujets à risque, mais aussi à l'échelle du troupeau pour l'évaluation, et sa correction éventuelle, de l'alimentation énergétique distribuée aux vaches laitières.

Le contrôle de l'implication du statut énergétique dans l'infertilité des vaches laitières s'inscrit dans la nécessité d'une approche globale du troupeau, en vue d'identifier les facteurs de risque de l'infertilité dans l'élevage : contrôle de l'alimentation, de l'efficacité de la détection des chaleurs et des délais de mise à la

reproduction, de l'implication des affections péri et *postpartum* ainsi que de l'environnement des animaux.

Vu l'importance de la prévision de la valeur alimentaire des fourrages en amont de toute étude zootechnique, permettant ainsi d'établir le potentiel nutritionnel de tout substrat végétal avant son intégration éventuelle à une formule alimentaire en production animale, la deuxième partie de notre travail a porté sur l'estimation de la composition chimique et l'évaluation de la valeur nutritive par la méthode des équations, de 16 variétés de luzerne, sous deux régimes, l'un en irrigué et l'autre en sec « pluvial »

Les résultats obtenus sont plus que probants, effectivement les résultats de la composition chimique sont très intéressants et parfois même supérieurs aux résultats de la littérature, les rendements sont intéressants surtout en système irrigué dépassant les 14 T/ha pour la variété Mamuntanas. Par sa richesse en UFL (>0,87 et jusqu'à 0,90) et en PDI, la luzerne affiche une très bonne valeur nutritive, que ce soit en irrigué ou en sec, nos variétés ont montré une très bonne adaptation même en condition de stress hydrique

La luzerne est une plante majeure pour le foin, elle est traditionnelle dans les oasis en étant la culture majeure, cet essai a montré qu'on peut l'utiliser aussi dans les régions d'Algérie où le déficit en eau est marqué, notamment en zone steppique, où les contraintes de la sécheresse sont marquées.

Par sa pérennité, elle convient très bien en système de pâture là où les sols et l'humidité le permettent. La luzerne est l'espèce idéale dans les situations où l'eau est un facteur limitant. [549][550]

Le matériel végétal d'origine méditerranéenne devient crucial comme modèle dans l'objectif de créer des variétés combinant une gamme de stratégies d'adaptation au changement climatique tout en préservant de bonnes performances agronomiques. [551]

Depuis plusieurs années, les politiques agricoles ont plutôt privilégié le secteur céréalier au dépend du secteur fourrager. Ce n'est qu'une fois que les cultures fourragères seraient considérées comme une production stratégique que

l'on peut espérer un essor au secteur de l'élevage en général.

Les bovins laitiers possèdent l'extraordinaire aptitude de transformer les fourrages en lait. Ils valorisent des surfaces et des productions de biomasses herbacées, qui autrement, n'auraient ni valeur agronomiques ni valeur nutritive intéressantes.

Il serait intéressant d'approfondir les résultats en poussant la recherche :

- Le milieu ruminal étant un écosystème complexe qui met en jeu différents paramètres interférant les uns avec les autres, sa détermination est essentielle pour la compréhension des nombreux phénomènes s'y déroulant. Ce travail doit être complété par une détermination quantitative et qualitative des AGV produits lors de la fermentation.
- Par des essais dans différentes zones d'élevage et étages bioclimatiques pour voir le comportement de ces variétés.
- Il serait intéressants pour assurer des stocks fourrager en quantité et de qualité, à la fois riches en énergie et en azote de mener ces variétés en culture d'association avec des graminées, ce qui permettra l'autonomie fourragère des élevages.
- Des essais sur animaux pour la détermination de l'ingestibilité et de la digestibilité *in vivo*, à différents stades phénologiques seraient intéressants et permettront de compléter les résultats obtenus dans notre étude

# **APPENDICES**

## APPENDICE A

### Méthode d'évaluation du score corporel

Observer de côté la région du bassin. Contrôler la ligne hanche-trochanterischion

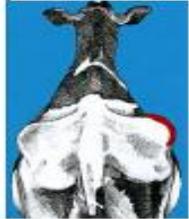


**V** Ligne formant un V ouvert BCS  $\leq 3.0$

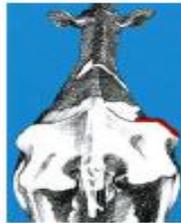


**U** Ligne formant un croissant ou un U ouvert BCS  $\geq 3.25$

Vue de derrière



**1** Pointe de la hanche arrondie BCS = 3.0



**2** Pointe de la hanche angulaire BCS  $< 3.0$   
Contrôler les ischiens  
Ischiens couverts BCS = 2.75



**3** Ischiens angulaires  
BCS  $< 2.75$   
Boutrelet gras sur les ischiens  
BCS = 2.50



**1** Crête iliaque et ligament sacro-tubéral apparents  
BCS = 3.25



**2** Crête iliaque apparente et ligament sacro-tubéral à peine visible BCS = 3.50



**3** Crête iliaque à peine apparente et ligament sacro-tubéral non apparent  
BCS = 3.75  
Crête iliaque et ligament sacro-tubéral non apparents BCS = 4.0

**4** Absence de boutrelet de gras sur les ischiens BCS  $< 2.50$   
Observer l'ondulation formée par les apophyses transverses  
Ondulation visible sur la  $\frac{1}{2}$  de la longueur des apophyses BCS = 2.25  
Ondulation visible sur les  $\frac{3}{4}$  de la longueur BCS = 2.0  
Trochanter préminent et apophyses épineuses en dents de scie BCS  $< 2.0$



**4** Trochanter plat BCS  $> 4.0$   
Pointe des apophyses transverses à peine apparentes BCS = 4.25  
Trochanter plat et ischiens recouverts BCS = 4.5  
Pointe de la hanche à peine apparente BCS = 4.75  
Totalité des prééminences osseuses bien arrondies BCS = 5.0

## APPENDICE B

Tableau récapitulatif des vaches laitières de l'ITELV au titre de l'année 2014

N° Identification ancien		date du dernier vêlage	naissance sexe		dates des insémination		Dates et diagnostic de gestation		
			<i>M</i>	<i>F</i>	dates	Nom du père	Date	+	-
26004	PR	09/11/2013	<i>M</i>		19/06/2014		25/07/2014	*	
		29/03/2015							
26024	Br	10/08/2013	<i>M</i>		03/12/2013	Thibault	22/01/2014	*	
		17/09/2014		<i>F</i>					
27008	PN	14/10/2012	<i>M</i>		08/05/2013	babelle	25/06/2013	*	
		21/02/2014		<i>F</i>					
27009	PN	03/10/2012			11/02/2013	silent	23/04/2013		*
					06/03/2014		16/04/2014		*
27018	PN	31/12/2011	<i>M</i>		08/05/2013	babelle	25/06/2013	*	
		18/02/2014		<i>F</i>					
27021	PR	21/02/2013	<i>M</i>		14/08/2013	Katib	03/11/2013	*	
		24/05/2014		<i>F</i>	14/10/2014		20/11/2014	*	
27023	Br	31/12/2013			17/09/2014	Thibault			
28001	Br	05/05/2011			08/05/2013	Thibault	25/06/2013	*	
		27/02/2014	<i>M</i>		17/09/2014				
28016	PN	13/11/2013		<i>F</i>	14/10/2014				
28017	PN	18/09/2011	<i>M</i>		13/06/2013		29/07/2013	*	
		26/03/2014	<i>M</i>						
28021	PR	02/01/2014		<i>F</i>	17/09/2014				
29001	PR	10/11/2013		<i>F</i>	19/06/2014		25/07/2014	*	
		05/04/2015	<i>M</i>						
29004	PN	23/12/2012		<i>F</i>	14/08/2013	Galaga	22/01/2014	*	

		17/05/2014	<i>M</i>						
29014	PN	05/01/2012	<i>M</i>		18/08/2013	silent	29/07/2013	*	
		18/05/2014		<i>F</i>	03/08/2014		15/09/2014	*	
29016	PR	25/10/2012			06/03/2014		16/04/2014	*	
		20/12/2014	<i>M</i>						
29017	PR	15/02/2012	<i>M</i>		08/05/2013	chopy	25/06/2013	*	
		17/02/2014		<i>F</i>					
29018	PN	03/11/2012	<i>M</i>		08/05/2013	Galaga	25/06/2013	*	
		18/02/2014	<i>M</i>						
29019	PN	22/02/2012		<i>F</i>	13/06/2013		29/07/2013	*	
		03/12/2013			19/06/2014		25/07/2014	*	
		25/03/2015		<i>F</i>					
29021	PR	29/01/2012	<i>M</i>		30/12/2013	Katib	23/02/2014	*	
		14/10/2014	<i>M</i>						
29022	Br	09/09/2013		<i>F</i>					
					06/03/2014		16/04/2014	*	
29024	Br	03/06/2012		<i>F</i>	13/06/2013	Thibault	29/07/2013	*	
		20/03/2014	<i>2M</i>						
29025	Br	26/10/2013	<i>M</i>		17/09/2014	Thibault	20/11/2014	*	
10002	PR	12/02/2013	<i>M</i>		13/06/2013		29/07/2013		*
					06/03/2014		16/04/2014		*
					17/09/2014		20/11/2014		*
10004	PN	29/01/2012		<i>F</i>	13/06/2013		29/07/2013	*	
		25/03/2014		<i>F</i>					
10008	Br	11/02/2013		<i>F</i>	21/05/2013	thibault	25/06/2013	*	
		05/03/2014		<i>F</i>	10/06/2014	Thibault	25/07/2014	*	
		31/03/2015	<i>M</i>						
10009	PN	05/02/2013	<i>M</i>		13/06/2013		29/07/2013		*
					06/03/2014		16/04/2014		*

10010	PN	15/10/2013		<i>F</i>					
10011	PN	20/05/2013			28/11/2013	silent	22/01/2014	*	
		30/09/2014		<i>F</i>					
10012	PN	20/09/2013	<i>M</i>		17/09/2014		20/11/2014		*
10016	PN	26/08/2013		<i>F</i>	06/03/2014	Babelle	16/04/2014	*	
		18/12/2014	<i>M</i>						
10018	Br	12/09/2013	<i>M</i>		06/03/2014		16/04/2014		*
		30/03/2015	<i>M</i>	<i>F</i>	19/06/2014		01/08/2014	*	

## APPENDICE C

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 D

Appendice D1 : Composition chimique des fourrages distribués 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	0,21
Avoine	19,17	87,09	12,57	30,4	0,92	0,21
Sorgho	28,32	92,06	6,06	31,5	0,63	0,15
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

Appendice D2 : Valeur nutritive des fourrages distribués à l'ITELV

	UFL	PDIN	PDIE
Orge	0,72	37,15	71,95
Avoine	0,73	80,77	80,12
Sorgho	0,70	38,74	69,37
Foin d'avoine	0,54	52,64	61,71
Ensilage d'avoine	0,72	34,35	66,12
Concentré	1	116	116

## APPENDICE E

### Essai expérimental en bloc aléatoire complet

Essai irrigué				Essai pluvial			
<b>Bloc 1</b>				<b>Bloc 1</b>			
Ecotipo sici	Prosementi	Melissa	Siriver	ABT 805	Ecotipo sici	Prosementi	Tamantit
Rich 2	ABT 805	Magali	Tamantit	Siriver	Africaine	Rich 2	Mamuntanas
Mamuntanas	Amerist	Demnat	Africaine	Demnat	Amerist 801s	Erfoud 1	Sardi 10
Gabes	Coussouls	Sardi 10	Erfoud	Melissa	Coussouls	Gabes-2355	Magali
<b>Bloc 2</b>				<b>Bloc 2</b>			
Magali	Amerist 801 s	Melissa	Erfoud	Prosementi	Amerist 801 s	Africaine	Magali
ABT 805	Mamuntanas	Ecotipo sici	Sardi 10	Gabes-2355	Demnat	Mamuntanas	ABT 805
Coussouls	Africaine	Tamantit	Prosementi	Erfoud	Siriver	Melissa	Tamantit
Gabes-2355	Siriver	Rich 2	Demnat	Coussouls	Rich 2	Ecotipo sici	Sardi 10
<b>Bloc 3</b>				<b>Bloc 3</b>			
Sardi 10	Magali	Siriver	Africaine	Africaine	Melissa	Sardi 10	ABT 805
Gabes-2355	Amerist 801 s	Ecotipo sici	Tamantit	Coussouls	Prosementi	Erfoud 1	Mamuntanas
Coussouls	Melissa	Rich 2	Mamuntanas	Ecotipo sici	Demnat	Siriver	Magali
ABT 805	Erfoud	Prosementi	Demnat	Amerist 801 s	Rich 2	Tamantit	Gabes-2355
<b>Bloc 4</b>				<b>Bloc 4</b>			
Gabes-2355	Mamuntanas	Prosementi	Magali	Siriver	Prosementi	Gabes-2355	Sardi 10
Africaine	Ecotipo sici	Rich 2	Erfoud	Africaine	Demnat	Coussouls	Tamantit
Siriver	Amerist 801s	Coussouls	ABT 805	Erfoud 1	Magali	Rich 2	ABT 805
Demnat	Sardi 10	Tamantit	Melissa	Ecotipo sici	Mamuntanas	melissa	Amerist 801 s

## APPENDICE F

### 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

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

m<sup>2</sup> : mètre carré

ml : millilitre

mm : millimètre

t : tonnes

% : pourcentage

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Mezlani, M, Laouar, M., Abbas, K., Mebarkia, A., Madani, A. et Abdelguerfi, A. "Etude de comportement de quelques populations d'une Luzerne annuelle : MEDICAGO ACUELEATA, dans une zone semi aride d'Algérie". Workshop International "Diversité des Fabaceae Fourragères et de leurs symbiotes", Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév, (2006), 270-273.
  
2. Tisserand J.L. "Présentation des tables de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous produits d'origine méditerranéenne". Option Méditerranéenne – Série Séminaires, n°16, (1991), 23-25.
  
3. Abdelguerfi A., Abdelguerfi-Laouar M., M'HammediBouzina M., Guittonneau G.G., Huguet T., Abbas K., Mebarkia A., Aouani M.E., Madani T. "Distribution et écologie de quelques fabaceae spontanées d'intérêt pastoral et/ou Fourrager en Algérie", In « Workshop international sur : Diversité des Fabacées fourragères et de leur symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales », Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév. (2006), 27-36
  
- 4 .Abdelguerfi A., "Quelques réflexions sur la situation des fourrages en Algérie. Revue Céréaliculture " n°16, (1987), 1-5.
  
5. Abdelguerfi, A. " L'utilisation des luzernes annuelles dans les systèmes de pâturage en Algérie ". Herba, 5, (1992), 45-51.
  
6. Caputa, J. " Les plantes fourragères"3ème ed. Payot Lausanne. LA MAISON RUSTIQUE paris. (1967), 128-142.
  
7. Benyoucef, M, T. "Valeur alimentaire comparée de fourrages verts et conservés au stade floraison (Luzerne, Ray-grass) et au stade pateux (mais)". Thèse Ing. ENSA. Alger. ITGC. (1972)
  
8. Abbas, K., Abdelguerfi-Laouar, M., Madani, T., M'Hammedi Bouzina, M. et Abdelguerfi, A. " Place des légumineuses dans la valorisation de l'espace agricole

et pastoral en region nord d'Algérie ". in « Workshop international sur : Diversité des Fabacées fourragères et de leur symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales », Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév. (2006), 27-36

9. Boulaacheb, N., Djellouli, Y. et Gharzouli, R. " les Fabaceae du Djebel Megriss (Nord de Sétif, Algérie)", Workshop International "Diversité des Fabaceae Fourragères et de leurs symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales », Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév. (2006), 37-41

10. Tchoketch-Kebir, S. "Contribution à l'étude du comportement des espèces de légumineuses à grosses grains : Féverole, Fennugrec, Lupin, Gesse, Pois. Thèse Ing. ENSA. Alger, (1987), 80pp.

11. Abd El MoneimBD, A, M. ET Cocks, P, S. "Adaptation of *Medicago rigidula* to a cereal pasture rotation in north-west Syria". Agriculture. Science. Camb, (1986), 107-286.

12. Mebarkia, A. et Abdelguerfi, A. " Etude du potential agronomique de trios espèces de vesces (*VISCIA SPP.*) sous les conditions pluviométrique d'une region semi-aride de Setif". Workshop International "Diversité des Fabaceae Fourragères et de leurs symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales », Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév. (2006), 264-269.

13. Mhadhbi, H., Jebara, M., Limam, F., Huguet, T. et Aouani, M, E. "Reponse de l'avtivité fixatrice d'azote et du système antioxydant des nodules de *Medicago truncatula* au stress salin » Workshop International "Diversité des Fabaceae Fourragères et de leurs symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales », Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév. (2006), 154-156.

14. Ait Salah, N. et Sadouki.Y. "Effet de l'alimentation et de l'insémination sur la fertilité ".Thèse, doct, vétér, (2007), I.N.S.V.Blida.

15. Brisson, J., "Nutrition, alimentation et reproduction" .Symposium sur les bovins laitiers, Quebec 30 oct. (2003), QRRAQ.

16. Arab, H., Haddi, M, L., et Mehannaou, S. “ Evaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des principaux fourrages des zones arides et semi-arides en Algérie ”, *Revue Sciences & Technologie*, C-(30), (2009), 50-58.
17. Poncet, J. “Etude Des Facteurs De Risque De L’infertilité Dans Les Elevages ; Bovis Laitiers De L’île De La Réunion : Influence De L’alimentation Sur La Reproduction” *Thèse Med. Vét. Toulouse*, (2002), 26-49p.
18. Veillet, X. “ Etude des problèmes de reproduction dans les élevages bovins lait vendéens ”. *ESA Angers*, (1995), 185 p.
19. Huyghe C. Place des légumineuses fourragères à grosses graines dans les systèmes de production en France. *Workshop international sur « Diversité des Fabacées fourragères et de leur symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales »*, Edt. A. Abdelguerfi, Alger 19-22 fév. (2006), 163-173.
20. Le couteux, M. “Anomalie de reprise de cyclicité post-partum chez la vache laitière” *Ed.Quae*, (2005), 90p
21. MADR, “Annuaire statistiques agricoles, superficies et production-série B” *Ministère de l’agriculture et du développement rural d’Algérie* (2016).
22. 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), 79 p.
23. Lapeyronie, A., « Les productions fourragères méditerranéennes. Tome-1- Généralité, caractères botaniques et biologiques ». *Techniques agricoles et productions méditerranéennes*. Ed. G.P. Maisonneuve et la rose, Paris, France, (1982), 425p.
24. Abdelguerfi A. et Laouar M., “Les espèces fourragères et pastorales. Leurs utilisations au Maghreb. Algérie, Maroc, Tunisie”, *FAO Regional Office for the Near East*. (2002).

25. Aissaoui ; C., Benkahla, A. et Aouadi, H. « Caractérisation du bovin race lovale dans l'est Algérien : Etude biométrique et structurale du troupeau », Renc.Rech.Ruminants, (2003), 10,111.
26. Chellig,R., "Les races ovines algériennes"(1993).2èmeédition OPU, Alger, 98p
27. Laoun, A., Harkat, R., Benali, R., Yabrir, B., Hakem, D., Ranebi, A., Maftah, T., Madani, A., Da Silva, et Lafri, M. « Caractérisation phénotypique de la race Rembi d'Algérie ».Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, vol. 68, n°01. (2015), 35-37.
28. Ouchène-khelifi, N.A., Ouchène, N., Maftah, A., Da Silva A, B., et Lafri, M. « Assessing admixture by multivariate analyses of phenotypic variation in the Algerian goat livestock. Trop.. Anim.. Health prod. 47, (2015), 1343-1350.
29. Meyer, C.,2018, « dictionnaire des sciences animales ». ed., sci., .Montpellier, France, Cirad. < URL : [http:// dico-sciences-animales.cirad.fr/](http://dico-sciences-animales.cirad.fr/)>
30. Bencherchali, M., " Valorisation des especes fourragères spontanées de la région centre de l'Algérie dans l'alimentation des animaux ", Thèse doct, dépt,biote, Université Blida 1. (2018).
31. Mouhous, A. Kadi, S, A. et Brabez, F. " Stratégie d'adaptation des éleveurs en zone montagneuse de Tizi-Ouzou (Algérie)". European Scientific Journal ed. vol.11, n°2. (January, 2015).
32. Ben Aissa R. " Le dromadaire en Algérie ". Option méditerranéenes.-Série Séminaires- n°2, (1989), 19-28.
33. Chehma, A., et Faye, B., " Facultés digestives du dromadaire face aux contraintes alimentaires du milieu saharien ". Revue des Bio Ressources : vol.1 N°1. ; (2011). 26-30.
34. Faye, B., Chaibou, M., et Vias, G."Integrated impact of climate change and socioeconomic development on the evolution of camel farming system". British J. Environ. Clim. Change, 2 (3) ,(2012) 227-244.

35. Houmani, M., "Situation alimentaire du bétail en Algérie", Ann. Agron. 4. (1999), 35 -41.
36. Adem, R. et Ferrah, A., "Les ressources fourragères en Algérie : déficit structurel et disparité régionale. Analyse du bilan fourrager pour l'année 2001 ", Revue de web environnement et écologie en Algérie.(2001).
37. Abdelguerfi, A., Laouar, M et M'Hammedi Bouzina, M. " Les productions fourragères et pastorales : Situation et Possibilités d'Amélioration ". Revue Semestrielle « Agriculture & développement » (INRA, Alger), n°6 (2008) : 14-25.
38. Ait Abdalah-Djennadi, F., Dekkiche, N., Ghalem-Djender, Z., Oumedjkane, K. et Zaghouane-Boufenar, F., " Cultures et cout de production des grandes cultures ", ed. ITGC, Alger, (2010), 4-22
39. Amellal, R. " La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance ". in Allaya M. (ed.) « Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000 », Montpellier : CIHEAM, Option méditerranéennes : Série B. Etude et Recherches ; n°14 ,(1995) .
40. Kali ; S., Benidir, M., Ait Kaci, K., Belkheir,B. et Benyoucef, M.T."Situation de la filière lait en Algérie : Approche analytique d'amont en aval ". Livestock Research for Rural Development, 23 (8) (2011),1-12.
41. Makhlouf, M; Montaigne, E; Tessa, A.. " La politique laitière algérienne : entre sécurité alimentaire et soutien différentiel de la consommation ". NEW MEDIT N. 1/(2015)
42. Hamrit, S. (1995), "Situation des fourrages en Algérie ". Revue Al Awamia (MA) ISSN : 0572-2721, n° 89, (1995), 97-108.
43. Djebbara, M. " Durabilité et politique de l'élevage en Algérie. Le cas du bovin laitier. Colloque international. Développement durable des productions animales : Enjeux, évaluation et perspectives ", Alger, (Avril 2008), 20-21.

44. Zirmi-Zembri, N. et Kadi, S, A. "Valeur nutritive des principaux ressources fourragères utilisées en Algérie. 1. Les fourrages naturels herbacés" *Livestock Research for Rural Development*. 28 (8). (2016), 1-10.
45. Greuter, G., Burdet, H. et Long, G. « Med Chek List. » *Conservatoire et Jardins Botaniques de la ville de Genève*. Vol. 4, 448, (1989)128 pp.
46. Le Houerou H. N "The isoclimatic Mediterranean Biomes: Bioclimatology, Diversity and Phytogeography", *Copymania, Montpellier*. 2 vol. (2005), 765pp.
47. Ferreyrolle, J. et Pierre, P. "Exploiter la diversité des légumineuses annuelles et pérennes pour des mélanges fourragers adaptés aux contraintes climatiques du Sud de la France ". *Revue Fourrage* 226, (2016), 103-110.
48. Le Houerou H.N. "Les légumineuses fourragères dans la flore de la zone isoclimatique Méditerranéenne". *Workshop international sur « Diversité des Fabacées fourragères et de leur symbiotes : Application biotechnologiques, agronomiques et environnementales »*, Edt. A.Abdelguerfi, Alger, 19-22 fév, (2006), 15-20.
49. Duc, G., Mignolet, G. Carrouée, B. et Huyghe, C. " Importance économique passée et présente des légumineuses : Role historique dans les assolements et facteurs d'évolution" *Innovations agronomiques* 11 (2010), 1-24.
50. Peyraud, J, L., Dourmad,J,Y., Lessire, M., Médale, F. et Peyronnet, C. "Utilisation des légumineuses dans les systèmes de production animale", *Colloque Légumineuse, Chapitre 5- Conséquences zootechniques*,14 décembre (2015), 1-8.
51. Mohamed-Saleem, M,A., Ostynia, R. et Kaufmann, V. « Méthodes d'amélioration du fourrage par l'intégration des légumineuses fourragères au système de culture céréalière dans la zone sub-humide du Nigeria », In : *Contribution Potentielle des Légumineuses Fourragères aux Systèmes Agraires de L'Afrique au sud du Sahara »*. Séminaire du 16-19 sept.(1985), 19-20.

52. Prosperi J.M., Delgado I., Angevain M. (1989). Prospection de genre *Medicago* en Espagne. *Plant Genetic Resources News Letter*, 78, 27-30.
53. Prosperi, J.M., Jenczewski, E et Ronfort, J. « The Mielga : Wild Spanish Populations of Alfalfa. Results of ten years of researchs. Invited Paper », Proc. XIIIth Eucarpia *Medicago* spp. Perugia, Italy September 13-16, (1995), 1-10.
54. D.G.R.A.A. Direction générale de la recherche agriculture et agroalimentaire. "Les maladies dans la région des terres à parc", Centre de recherche de Lacombe, Direction générale de la recherche, Agriculture et agroalimentaire Canada, (1997), 2 p.
55. Berg, P. P., Majak, W., McAllister, T, A., Hall, J, W., McCartney, D., Coulman, B, E., Goplen, B, P. , Acharya, S, N., Tait, R, M. et Cheng, K, J. " Bloat in cattle grazing alfalf cultivar selected for low initial rate of digestion : A review". *Revue canadienne des sciences animale* 80, (2000), 493-502.
56. Niezen J,H. Charleston, W,A,G., Robertson, H,A., Shelton, D., Waghorn, G,C. and Green, R."The effect of feeding Sulla (*Hedysarum coronarium*) or lucerne (*Medicago sativa*) on lamb parasite burdens and developement of immunity to gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology* 105, (2002),229-245.
57. Neals, J,S., Fulkerson, W,J., Lawrie, R. et Barchia, I,M."Difference in yield and persistance among perrenial forage used by the dairy industry under optimum and deficit iirigation", *Crop and Pasture science*, 60, (2009), 1071-1087. <http://www.publish.sciro.au/nid/40.htm>
58. Reiss, D., Onana, J., Klein, H,D. et Djoumessi, M. " Introduction des légumineuses fourragères dans les assolements : gestion des pâturages naturels" In : *Agriculture des Savanes du Nord-Cameroun, vers un développement solidaire des savanes d'Afrique centrale : Acte de l'atelier d'échange*, 25-29 novembre, Garoua Cameroun, Cirad,19(1996), 5-209.
59. Guillou, M.," Vers des agricultures doublement performantes qui concilient compétitivité et respect de l'environnement", *Journées nouvelles orientations recherches agronomiques, agropolis*,(10 sept.2013), 1-28

60. Vertès, F., Jeuffroy, M.H., Louarn, G., Voisin, A.S. et Justes, E. " Légumineuses et prairies temporaires : les fournitures d'azote pour les rotations", *Fourrage*, 223, (2015), 221-232.
61. Maltas, A., Charles, R., Bovet, V. et Sinj, S. " Effet a long des engrais organiques sur le rendement et la fertilisation azotée des cultures ". *Recherches Agronomiques Suisse* 3, (2012b), 156-163.
62. Ouandogo, N., Ouattara, B., Pouya, M.B., Gnankambary, Z, Nacro, H.B. et Sedogo, P.M " Effets des fumures organo-minerale et des rotations culturales sur la qualité des sols " *Int. J. Biol.Chem.Sci.* 10 (2), (2016), 904-918.
63. Cotte A. Les légumineuses fourragères dans les Causses et la Camare. *Revue Fourrage* n°12, (1962), 12-24.
64. Bennani, K. « Agriculture Biosaline ; Importance Des Légumineuses Fourragères », *International Book Market Service Limited*, (2013). 168p.
65. Arshad, M., Gruber, M.Y., Wall, K. and Hannoufa, A. An Insight into microRNA156 Role in Salinity Stress Responses of Alfalfa". *Front. Plant Sci.* (2017), 8, 356.
66. Glachant, C et Garnier, J, F. « Luzerne et fertilisation : mise en place d'un réseau d'experimentation », *Journées techniques Grandes Cultures biologiques, ITAB/ARVALIS- Institut du Végétal*, 13 juin (2012), 19-29.
67. Comifer, "Calcul de la fertilisation azotée : guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales pour les cultures annuelles et les prairies " (2013) . <http://www.comifer.asso.fr>.
68. Abdelguerfi-Berrekia R., Abdelguerfi A., Bounaga N., Guittonneau G.G., "Répartition des espèces spontanées du genre *Hedysarum* selon certains facteurs du milieu en Algérie" *Revue Fourrages*, n°126, (1991), 187-207.
69. Justes, E., Beaudoin ; N., Bertuzzi, P., Charles, R., Constantin, J., Durr, C., Hermon, C., Joannon, A., Le Bas, C., Mary, B., Mignolet, C. Monfort, F., Ruiz, L., Sarthou, J.P., Souchère, V., Tournebize, J., Savini, I. et Réchauchère O. "Réduire

les fuites de nitrates au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur le bilan d'eau et d'azote, autres services, écosystèmes." Rapport d'étude , (2012) INRA ( France).

70. Servais, L. " Légumineuses et écologie " Revue, Wallonie Elevage, (avril 2017),5-7.

71. Julier,B., Flajoulot,S., Barre, P, Cardinet,G, Santoni,S. Huguet,T. et Huyghe, C. "Construction of two genetic linkage maps in cultivated tetraploid (*Medicago sativa*) using microsatellite and AFLP markers" BMC Plant Biology, 3, (2003), 9p.

72. Bellon, S. "Mieux connaître la place des légumineuses fourragères. L'expérience méditerranéenne". Fourrage 135, (1993), 289-310.

73. Yuan,Z,Q., Yu, K,L., Wang,B,X.,Zhang,W,Y.,Zhang, X,L, Kadambot,H.M,S, Stefanova,K,Turner, N,C et Min li, F. " Cutting improves the productivity of lucerne-rich stands used in the revegetation of degraded arable land in semi-arid environment" Sci.Rep. 5,(2015),12130 ; doi : 10.1038/srep12130.

74. Yuan,Z,Q., Yu, KL., Epstein,H., Fang, C., Li,JT., LIU,QQ., Liu,XW.,Gao,WJ. Et Li, FM. "Effets of legume species introduction on vegetation and soil nutrient development on abandoned crop ". Sci Total Environ. 15, (Jan 2016), 541, 692-700.

75. Schneider, A. et Huyghe, C. " Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables », Ed. Quae, RD 10,78026 Cedex, (2015), 199pp.

76. Crespo, J, P., Freire, J et Barradas, A. « La biodiversité au service des éleveurs ; une nouvelle approche des fourrages au Portugal », Revue Fourrage, 226, (2016), 153-155.

77. Thiébeau,P.,Badenhausser,I., Meiss, H., Bretagnolle, V., Carrère, P., Chagué, J., Decourte, A., Maleplate, T., Médiène, S., Lecompte, P., Plantureux, S. et Vertès, F. "Contribution des légumineuses à la biodiversité des paysages ruraux".Innovations Agronomiques 11 (2010), 187-204.

78. Le Chatelier, D., Joya, R. et Martinet, Y. "Les légumineuses alliées d'une agriculture écologiquement intensive. L'exemple de la luzerne" *Pollution atmosphérique- numéro spécial-* (2016), 220-224.
79. Scherer-Lorenzo, M., Palmberg, C., Prinz, A. et Detlef, S.E. " The role of plant diversity and composition for Nitrate Leaching in Grasslands" *Ecology*, 84 (6), (2003), 1539-1552.
80. Carvell, C., Meek, W.R., Pywell, R.F., Goulson, D. et Nowakowski, M." Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity in arable field margins. *J. Appl. Ecol.* 44, (2007), 29-40.
81. Woodcock, B.A., Potts, S.G., Pilgrim, E., Ramsey, A., Tscheulin, J.T., Parkinson, A., Smith, R.E.N., Gundrey, A.L., Brown, V.K. et Tallwin, J.R."The potential of grass field margin management for enhancing beetle diversity in intensive livestock farms" *Journal of Applied Ecology* 44, (2007), 60-69.
82. Charles, J.P. et Lehmann, J. « Interet des mélanges de graminées et de légumineuses pour la production fourragère en Suisse », *Fourrages*, 119, (1989), 311-320.
83. Knoden, D., » Les alternatives offertes par les légumineuses » ,Actes de la journées fourrages actualités du 20 sept. Fourrage Mieux ASBL. Rue du carmel, i.6900 Marloie. (2007).
84. Louarn, G., Corre-Hellou, G., Fustec, J., Lô-Pelzer, E., Julier, B., Litrico, I., Hinsinger, P. et LeComye, C. " Déterminants écologiques et physiologique de la productivité et de la stabilité des associations graminées-légumineuse". *Alimentation. Agriculture. Environnement.* (INRA., 2010). 1-34.
85. Pontaillet, S., "Les engrais et la qualité des fourrages", *Revue, Elevage ovins bovins caprins*, n°58, (1977), 20-26.
86. Huguet, L. et Guy, P., "L'association graminée légumineuse", *Revue, Elevage bovin*, n°126, (1982), 16-24.

87. Seuret, J.M., Guillois, F et Le Cœur, P. « Produire de l'herbe » -guide-Chambred 'agriculture de Bretagne et des Pays-de-la Loire- (2011), 68p.
88. Mossiman E., "Place des légumineuses dans les mélanges fourragers en Suisse", *Revue Fourrages*, n°134, (1993), 159-164.
89. Borowiecki J., "Comparison of seeding systems of grasses and legumes mixtures for forage production", *Revue Pam. Pul.*, n° 103,(1993), 26-34
90. Capitaine, M., Pelletier, P. et Hubert,F. " Les prairies multispécifiques en France : Histoire, réalités et valeurs attendues." *Fourrage* 194, (2008),123-136
91. Finn,J,A. , Kirwan, L., Connolly, J., Debastia, M,T., Helgadottir, A., Baadshaug O,H. et Cop, J."Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively managed grassland mixtures : a3-year continental- scale field experiment" *Journal of applied Ecology*, 50 (2), 2013, 365-375.
92. Le Gall A., "Les grandes légumineuses : situation actuelles, atouts et perspectives dans le nouveau paysage français", *Revue Fourrages*, n°134, (1993) ,121-144.
93. Protin, P, V., Corre-Hellou, G., Naudin, C. et Trochard,R." Impact des pratiques de fertilisation sur la productivité des prairies de mélanges céréales-protéagineux et la qualité du fourrage", *Fourrages*, 198,( 2009),115-130.
94. De Montard F.X., "Raisonnement de la fertilisation des prairies et du plan de fumure dans les exploitations d'élevage", *Forum de l'élevage Auvergne*. (1986).
95. Guy P. "Essais multilocaux d'association trèfle violet-graminées", *Revue Fourrages*, n°117, (1989) ,29-48.
96. Julier, B., Louarn, G., Gastal, F., Surault, F., Sampoux, J,P., Maamouri, A. et Fernandez,L." Les associations graminées-légumineuses prairiales. Comment sélectionner des variétés adaptées pour accroître leur productivité et faciliter leur conduite ?" . *Innovation Agronomiques* 40 ,(2014), 61-72.

97. Jelinowska A., Magnuszewka K., "Evaluation of some grasses species for cultivation in mixture with lucerne", Zesz. Probl., post. Naukrol., n°293, (1985), 191-198.
98. Mauriès M., Potier J., Violleau S., "Conduite et utilisation de la luzerne dans des systèmes laitiers de moyenne montagne." Revue Fourrages, n°134, (1993), 171-176.
99. Mauriès, M. et Paillat, J. "Culture et utilisation de la luzerne : pratique des éleveurs du centre de la Charente. Fourrage, 149, (1997), 69-79.
100. Hnatyszyn, M. et Guais, A. "les fourrages et l'éleveur" Ed. Lavoisier/TEC et DOC. Collection Agriculture d'aujourd'hui. (1988), 472p
101. Giovanni, R. "Valeur alimentaire des associations graminées/trèfle blanc" INRA Production animales. 1 (3) , (1988), 193-200.
102. Borowiecki, J. « Utilisation des légumineuses pour une production fourragère extensive en Pologne », Fourrage, 134, (1993), 165-169..
103. Gayrand P., "Quelques exemples de prairies graminées-légumineuses adaptées aux zones de climat océanique." Revue Fourrages, n°119, (1989), 350-393.
104. Andrieu, J. "Valeur alimentaire des associations graminées-trèfle blanc et prévision de leur valeur nutritive. Fourrage, 93, (1983), 145-160.
105. ITGC : Institut des grandes cultures INA EL Harrach (1989).
106. Ruel, D. "Potentiel fourrager d'un mélange de graminées" agri.Réseau. MAPAQ Centre du Québec. (2012), 1-12.
107. Mauriès, M. "Luzerne : Culture, récolte, conservation, utilisation", Edition France Agricole, Cité Paradis, 75010 Paris, (2003).

108. Lesin, K. et Gillies, C, B."Taxonomy and cytogenetics of Medicago" In Alfalfa Science and Technology. American Society of Agronomy Inc. Publishers, Madison, Wisconsin. USA. (1972), 53-86.
109. Brummer, E,C., Kochert, G. et Bouton, J,H. "Variation in diploide and tetraploid alfalfa" Theor. Apl. Genet. 83,(1991),89-96
110. Childers,W.R.,.Encyclopédie Canadienne.(2008).  
(<http://www.thecanadianencyclopedia.com>).
111. Barnes, D,K., Bingham, E,T., Axtell, J,D. et Davis, W,H." The flower, sterility mechanisms and pollinisation control." Alfalfa Science and Technology, American Society of Agronomy Inc. Publishers. Madison, Wisconsin. USA. (1972), 123-142.
112. Teuber, I, R. et Brick, M, A."Morphology and anatomy, Alfalfa and Alfalfa Improvement" American Society of Agronomy Inc Publishers, Madison, Wisconsin,, USA. (1988), 125-162.
113. INRA Maroc, "Les cultures fourragères irriguées au Maroc", INRA Rabat, (1965), 28p.
114. Sinskaya E.N. "Flora of cultivated plants of the USSR. XIII Perennial Legumes plants. Part I. Medic, sweet clover, and fenugreek." Scientific Translation, Jerusalem,(1950).
115. Michaud R., Lehman, W.F. et Rumbaugh, M.D. "World distribution and Historical development. In Alfalfa and alfalfa Improvement". American society of Agronomy n°29. USA, (1988), 259-291.
116. Klinkowski,M."Lucerne : its ecological position and distribution in the world" Bull. Imp. Bur. Pl.Genet. Herb Pl., 12, (1933), 61p.
117. Mauriès, M. "Cultural Practices and yielding of lucerne in the milking farms of the Rhone-Alps region. Culture, Exploitation et Sélection de la Luzerne Pérenne pour Différentes Utilisations", Lusignan (France), 4-8 septembre 1994. Publication FAO- REUR Technical Series, 36, (1994b). 38-40 p

118. Entz, M.H., Bullied, W.J., Forster, D.A., Gulden, R. et Vesey, K. "Extraction of subsoil nitrogen by alfalfa, alfalfa-wheat, and perennial grass system ". *Agron. J.* 93. (2001), 495-503.

119. Durand J.L., Lemaire G., Gosse G., Chartier M., "Analyse de la conversion de l'énergie solaire en matière sèche par un peuplement de luzerne (*Medicago sativa* L.) soumis à un déficit hydrique." *Revue Agronomie*, 9, (6), (1989), 599-607.

120. Durand J.L., Castal F., Etchebest S., Bonnet A.C., Chesquière M., "Interspecific variability of plant water status and leaf morphogenesis in temperate forage grasses under summer water deficit." *Eur. J. Agronomy*, n°7, (1997), 99-107.

121. Durand J.L. "les effets du déficit hydriques sur la plante : aspects physiologiques" *Revue Fourrages*, n° 190 (2007), 181-195.

122. Janati A. "Les cultures fourragères dans les oasis" *Options méditerranéennes. Série A : Séminaires méditerranéens* n°11, (1990). 163-169.

123. Bourgeois, S., "La luzerne, reine des fourragères ", *Réussir Bovins Viandes*, janvier n° 167, (2010) , 1-15.

124. Moreaud, J, C. "Les systèmes d'élevage d'herbivores face au changement climatique en France : quelques conclusion d'une série d'étude menée de 2006 à 2009" (projet ACTA/MIRES), *Bull. Acad Vét. France*, n°02, tome 168, (2015).

[http// www.academia-veterinaire-defrance.org/](http://www.academia-veterinaire-defrance.org/)

125. Zhang, X., Humphries, A. and Auricht, G. « Plant parameters identified for evaluating varietal performance of acid tolerance in lucerne ». *South Australian Research and Development Institute*, GPO Box 397, Adelaide 5001. (2017).

126. Farissi, M., Ghoulam, C. et Bouizgaren, A. " Variabilité de la tolérance à la salinité de la luzerne : évaluation au stade de germination de populations issues de différents agro-écosystèmes marocains" *Fourrages*, 216, (2013), 329-332.

127. Laouar, M. et Abdelguerfi, A., "Le stress abiotique chez les légumineuses : quelques recherches menées en Algérie et perspectives" *Conférences*

Internationale sur « Les symbioses Végétales et leur Applications Biotechnologiques Agronomiques et Environnementales » Conférences plénières. Univ. Khemis Miliana, (Avril 2016), 19-20.

128. Bolton J. L., "Alfalfa-botany cultivation and fertilisation", Interscience Publ., New York, (1962), 474p.

129. Amouri, A.A. Etude de la tolérance à la salinité chez la luzerne « Medicago » Identification in Silico de la proline déshydrogénase en relation avec le stress salin., Editions. Universitaires Européennes. ISBN : 978-620-2-26146-3. (2017).

130. Allard, G., Pellerin, D., Michaud, R. et Perron, M. « Les fourrages : quelque chose à ne pas manquer La luzerne, culture et fertilisation » Symposium sur les bovins laitiers. CPAG- (1998).

131. Pfitzenmeyer, C. "La luzerne : culture et fertilisation", (1963).Ed. Seda. Paris

132. Chaabena A., Abdelguerfi A., "Situation de la luzerne pérenne dans le Sahara et comportement de quelques populations locales et variétés introduites dans le sud-est du Sahara algérien." XIVe Réunion Eucarpia du Groupe Medicago spp. Zaragoza et Lleida. Espagne, 12 au 12.09. (2001), 57-60.

133. Birouk A., Bouizgaren A. et Baya B. "Luzerne (Medicago sativa L.)" In: "Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc", Edt. G. Jaritz et M. Bounejmate, INRA Maroc, (1997), 126-139.

134. Lemaire G., Allirand J.M., "Relation entre croissance et qualité de luzerne : Interaction génotype-mode d'emploi." Revue Fourrages, n°134, (1993), 121-144.

135. Boussad M., Hammadache A., "Essai de comportement de 11 variétés de luzerne pérenne (Medicago sativa L) en zone sub-humide." Revue Céréaliculture, n°24, (1991), 25-30.

136. Demarquilly C. et Weiss, P.H., "La valeur alimentaire des fourrages verts", Revue, Fourrage, n°43, (1970), 30p.

137. Lemaire G., Cruz P., Goss G., Chartier M., "Etude des relations entre la dynamique de prélèvement d'azote et la dynamique de croissance en matière sèche d'un peuplement de luzerne ", *Revue Agronomie*, n°5(8), (1985), 685-692.
138. Grenier G., Huguet L., Guy P., Sauvion A., Traineau R., "Influence du rythme d'exploitation et du génotype sur la qualité de la luzerne" *Revue Fourrages*, n°76, (1978), 73-83.
139. Picard J. "Les légumineuses dans la production fourragère française ; évolution au cours des vingt dernières années", *Revue Fourrages*, n°90, (1982), 17-26.
140. Thiébeau, P."En absorbant l'azote minéral du sol, la luzerne permet de réduire les fuites de nitrates" *Réussir lait/élevage* , (2001), 121-122.
141. Baumont, R., Phache,S., Meuret, M. et Mohand-Fehr, P."How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants" *Livestock Prod. Sci.* 64, (2000), 15-28.
142. Chenost, M. "Utilisation de la technique de digestibilité in vitro pour prévoir la valeur alimentaire des fourrages", *Ann. Zootech.* 19 (3), (1970), 243-253.
143. Jarrige R., "Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins" Ed. INRA. Paris. (1988).
144. Demarquilly C., Faverdin P., Geay Y., Verité R., Vermorel M. Bases rationnelle de l'alimentation des ruminants. *Revue INRA Prod. Anim.*, hors série, (1996), 71-80.
145. Demarquilly, C, Dulphy, J.P. et Andrieu, J.P."Valeurs nutritives et alimentaires des fourrages selon les techniques de conservation: Foin, ensilage, enrubannage." *Fourrage*.155. (1998), 349-369.
146. Demarquilly, C."Valeurs énergétique des luzernes déshydratées" *INRA. Prod. Anim.* 6 (2), (1993),137-138.

147. Aufrère J., "Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique ", *Ann. Zoot*, 31(2), (1982), 111.
148. Baumont, R., Dulphy,J,P., Doreau,M., Peyraud, J,L., Nozières, M,O., Andueza, D. et Meshy, F." La valeur des fourrages pour les ruminants: comment synthétiser et diffuser les nouvelles connaissances, comment répondre aux nouvelles questions?" *Rencontres Rech. Ruminants.*, 12, (2005), 85-92.
149. Aufrère, J., Carrère, P.,Dudilieu, M. et Baumont, R."Estimation of nutritive value of grsses from semi-natural grasslands, by biological, chemical and enzymatic methods" *Grassl. Sci. in Europe*,13, (2008).
150. Baumont, R., Aufrère, J., Niderkorn, V., Andueza, D., Surault, F, Pecatte, J-R., Delaby,L. et Pelletier, P. " La diversité spécifique dans le fourrage: consequence sur la valeur alimentaire" *Fourrage*,194, (2008),189-206.
151. Duru, M., "Digestibilité des espèces et communautés prairiales en fonction de la masse surfacique des limbes", *Revue Fourrages*, n°149, (1997), 55-67.
152. Duru, M. "Leaf and stem in vitro digestibility for grasses and dicotyledons of meadow plant communities in spring" *J. Sci. Food Agric.*, 74, (1997), 175-185.
153. Russelle,M,"Alfalfa" *Ann. Sci.*89, (2001), 252-259.
154. Schlegel, P. et Wyss, U."Teneur en oligo-éléments des fourrages" *Renc. Rech. Ruminants.* (2013), 20p.
155. Rekik F. "Détermination quantitative et qualitative des potentialités fourragères des prairies naturelles de basse et moyenne altitude au niveau de la région de Batna", *Thèse de Magister, INA El Harrach*, (2005), 100p.
156. Baumont, R., Aufrère, J. et Meshy, F."La valeur alimentaire des fourrages : role des pratiques de culture, de récolte et de conservation" *Fourrages.*, 198, (2009), 153-173.
157. Waligora, C."Introduire la luzerne. De l'azote en quantités industrielles".*Technique. Cultivar-* mars (2010). 42-45.

158. Demarquilly, C. et Jarrige, R., "The composition nutritive value of grass and legumes", *Revue L'axtodling*, n°28, (1973), 33-48.
159. Carrère, P., Pontes, L.daS., Andueza, D., Louault, F., Rosseel, D., Taini, E., Pons, B., Toillon, S., Soussana, J-F., "Evolution de la valeur nutritive de graminées prairiale au cours de leur cycle de développement" *Fourrage*, 201, (2010), 27-35.
160. Demarquilly, C. et Andrieu., "Composition chimique digestibilité et ingestibilités des fourrages européens exploités en vert», *INRA, Prod. Anim*, 5 (3) (1992), 213-221.
161. Demarquilly, C. et Jarrige, R. " Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages ", Ed, INRA, Publ, Paris, (1981), 41-59.
162. Moule, C., " Phytotechnie spéciale", *Revue Fourrages*, n°75, (1971), 28-57.
163. Cordesse, K., *Valeur nutritive des aliments des ruminants*, *Revue, INSA Zootech, Montpellier*, (1980), 40p.
164. Aerts J.V., DeBrabander D.L., Cottyn B.G., Buysse F.X., "Comparison de différentes techniques de laboratoires utilisées en vue de l'estimation de la valeur amidon." *Revue de L'Agric.* 5, (1977), 1209-1227.
165. Chenost M., Andrieu J., Aufrène J., Demarquilly C., "Some methodological for predicting whole plant maize digestibility from the "gas-test" technique. In: Lindberg J.E. Edit, *Recent small ruminant nutrition*, Zaragoza: CIHEAM, IAMZ, (1997), 137-141.
166. 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 Fourrages*, n°114, (1988), 143-165.
167. Mehenni R., "Recherche du stade optimum de coupe des associations vesce-avoine et pois-avoine et amélioration de la valeur alimentaire du foin de vesce-avoine par traitement chimique" *Thèse de Magister, INESA Blida, Algérie*, (1999),.

168. Coppenet J.M., "Les variations de la composition minérale des graminées fourragères exploitées en régime de pâture" *Fourrages*, n°25, (1974), 36-41.
169. Akrouf, H., "Essai expérimental à différents stades phénologiques. Influence du rythme de coupe sur le comportement et rendement fourrager de *Trifolium Alexandrinum* conduit en sec et en irrigué", Thèse de Magister, INA, El-Harrach, Alger, (1983), 100p.
170. Gillet M., "Les Graminées fourragères : Description, fonctionnement, application à la culture de l'herbe", Ed. Gauthier Villard, (1980), 306p.
171. Deinum, B. et Diriven, J.G., "Climate nitrophile and grass : Comparaison of production and chemical composition ; *Brachiaruziziensis* and *Setariasphacelatagrowth* that différent température", *Neth. J. Agric. Sci*, n°24, (1976), 67p.
172. Duru M., "Diagnostic de la nutrition minérale de prairies permanentes au printemps, Etablissement de références", *Revue Agronomie*, n°12, (1992), 219-233.
173. Lemaire, G., Salette, J. et Laissus, R. "Analyse de la croissance d'une prairie naturelle normande au printemps. II La dynamique d'absorption de l'azote et son efficacité" *Fourrages*, 92, (1982), 51-65.
174. Duru, M. Cruz, P. et Theau, J.P. "Un modèle générique de digestibilité des graminées des prairies semées et permanentes pour raisonner les pratiques agricoles", *Fourrages*, 193, (2008), 79-102.
175. Demarquilly, C., "Influence de la fertilisation azotée sur la valeur alimentaire des fourrages verts", *Ann. Zoot*, n° 19, (1970), 423-437.
176. Demarquilly C., "Digestibilité, valeur nutritive et ingestion des betteraves et luzerne à différents teneurs en matière sèche." *Ann. Zootech.*, n°21, (1972), 415p.
177. Peyraud, J.L. "Comparaison de la digestion du trèfle blanc et des graminées prairiales chez la vache laitière", *Fourrages*, 135, (1993), 465-473.

178. Minson, D.J."Forage in ruminant nutrition" Academic Press, New York, NY. (1990)
179. Demarquilly, C." Fertilisation et qualité du fourrage", Fourrages, 69, (1977), 61-81.
180. Amnay, L. "Fertilisation phosphate des légumineuses alimentaires : dose et methods d'application du phosphore", Al Awamia, n° 92, (1996), 93-100.
181. El Mzouri,E., Thami Alami, I. et Ryan, J." Phosphorus fertilization of forage and pasture legumes in Morocco: Comparison of statation on-farm trials", Al Awamia, n° 121-122, (2007), 17-33.
182. Journet, M. "La luzerne dans l'alimentation des Ruminants". station de Recherche sur la vache laitière, INRA, st. GILLES, France. Avenue du Recteur Pineare 86022 Poitiers, (1992), 15-20.
183. Renault, J-C.»La luzerne : culture- utilisation". Coédité par le GNIS, Aravalis – institut du végétal et l'élevage. (2003).
184. Demarquilly C. "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation" Ed. INRA, Paris, (1987), 335-360.
185. Dulphy J.P., "Utilisation des foin par les vaches laitières" In C. Demarquilly Ed. "Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation" INRA, Paris, (1987), 335-360.
186. Demarquilly, C., "Valeur alimentaire de l'herbe du pâturage ", Revue Fourrages, n°85, (1981), 59-72.
187. Chenais F., Le Gall A. et Jullien J.P., "Intérêt de l'introduction d'ensilage de légumineuses dans les rations à base d'ensilage de maïs en production laitière", Revue Fourrages, n°134, (1993), 259-265.
188. Mauriès M. "Cour luzerne, module FO : production et gestion du système fourrager". GNIS et du SNDF. France, (1998), 22p.

189. Ben Jeddi, F. "Le Sulla ensilage : possibilités et limites" Journées d'information sur l'ensilage, Ministère de l'Agriculture, IRESA, Bousalem, Tunisie. (1995),
190. Demarquilly, C. "Composition chimique, caractéristique fermentaire, digestibilité et quantité ingérée des ensilages et des fourrages : modification par rapport au fourrage vert" Ann. Zootech., 22, (1973), 1-35.
191. Sauvant, D., La modélisation de la digestion dans le rumen. Reprod. Nutr. Dev. 28, suppl. (1988). 1, 33-58.
192. Jarrige R., Demarquilly C. et Dulphy J P. "La conservation des fourrages". Bull. techn. CRZV. theix, IRNA, 50,( 1982), 5-32.
193. Mauriès M. "La luzerne aujourd'hui. Editions France Agricole, Paris, (1994), 254 p.
194. Zoglami,A., Nefzaoui,A. et Seklani, H."Etude de trois associations luzerne-graminées pérenne en zone semi-aride de Tunisie" Fourrages, 142, (1995), 181-190.
195. Pomiès, D., Baumont, R., Egal, D. et Remond, B."L'utilistaion d'ensilage d'herbe et de foin de haute qualité chez les vaches en monotraite permet de supprimer le concentré avec une perte de lait limitée" Rencontres Recherches Ruminants, 15, (2008) ,179p.
196. Peyraud J.L., Delaby L. et Lebois S. " Comparison of dehydrated lucerne and straw to reduce sub-acute ruminal acidosis syndrome in dairy cows fed highly energetic diets". Coop de France Déshydratation (1998).
197. Python P., Boessinger M. et Buchmann M. Teneur moyenne en minéraux majeurs des fourrages secs ventilés selon l'altitude et la situation géographique. AGRIDEA-Lausanne, Production animale, (2009), Jordils 1.
198. Schouttet F. "La luzerne". Fiche Technique. Agro- industrie. Champagne-Ardenne, (2004), 5p. ([http:// nutrition- luzerne. Org](http://nutrition-luzerne.Org)).

199. Bourgeois, S. "Une légumineuse tropicale à associer au maïs, Réussir Bovins-viande". 262, (2018), 47-48.
200. Ballard V. Effet de la présence de luzerne déshydratée en association avec de l'ensilage de maïs sur le profil en acides gras du lait de vache. Coop de France Déshydratation, (2009a), 1-19.
201. Brouk, M. et Belyea, R. Activité de mastication et paramètres digestifs de vaches nourries à la luzerne, Journal of Dairy Science, 76, (1993) ,175-182
202. Peyraud J.L. et Delaby L., Utilisation de luzerne déshydratée de haute qualité dans les rations des vaches laitières. INRA. Prod. Anim., 7(2), (1994).125-134.
203. Robert, P., Thiébeau, P., Coulmier, D. et Larbre, D., " Luzerne et eau : mieux vaut prévenir que guérir". COOP de France Déshydratation. (2010).
204. Delaby, L. ET Peyraud J.L." Valoriser les fourrages de l'exploitation pour produire du lait". Fourrages, 198, (2009) ,191-210.
205. Bosio,L.,Estimation of repeatability of calving case in canadian Holstein. J. Dairy. Sci. 73, (2006), 205-212
206. Mialot, J.P., Constant, F., Chastant-Maillard, S., Ponter, A.A. et Grimard, B. "Lacroissance folliculaire ovarienne chez les bovins : nouveautés et applications" - Journées Européennes de la Société Française de Buiatrie, Paris, Novembre (2001), 163-168.
207. Derivaux J., "Reproduction chez les animaux domestiques". Tome 1 et 2 Editions Dérouaux. Lièges , (1971). 157-175.
208. Thibier, M."Le cycle sexuel des mammifères domestiques", Economie et Medecine Animale, 17 (3), (1976), 117-177.
209. Derivaux, J. et Ectors , F." Reproduction chez les animaux domestiques". 3éme édition revue. Louvain-La- Neuve : Cabay. (1986), 1141p

210. Chicoteau, P., Coulibaly, M., Bassinga, A. et Cloe, C. "Variations saisonnières de la fonction sexuelle des vaches Baoulé au Burkina Faso". *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays top.*, 43 (3), (1990), 387-393.
211. Bartolome, J.A., Melendez, P., Kelbert, D., Swift, K., Mchale, J., Hernandez, J., Silvester, F., Risco, C.A.; Arteché, A.C.M., Thatcher, W.W. et Archbald, L.F. "Strategic use of gonadotrophin-releasing hormone (GnRH) to increase pregnancy rate and reduce pregnancy loss in lactating dairy cows subjected to synchronization of ovulation and timed insemination". *Theriogenology*, (2005). 63, pp
212. Barbry, J.B. "Diagnostic de gestation chez la vache : dosage des protéines associées à la gestation dans le sang et le lait par méthode ELISA". Université CLAUDE-BERNARD - LYON I, (2012), 23-87.
213. Drion, P.V., Beckers, J.F., Ectors, F.J., Hanzen, C., Houtain, J.Y. et Lonergan, P. "Régulation de la croissance folliculaire et lutéale. 1. Folliculogénèse et atresie". *Pointvét.*, 28, (1996), 881-891.
214. Erickson, B.H. "Development and senescence of the post natal bovine ovary" *J. Anim. Sci.* 25, (1996b), 800-805.
215. Fieni, F., Tainturier, D., Bruyas, J.F. et Battu, I. "Physiologie de l'activité ovarienne cyclique chez la vache " *Bull. G.T.V.*; 4, (1995), 35-49
216. Ireland, J.J. et Roche, J.F. "Hypotheses regarding development of dominant follicles during a bovine estrous cycle. In : *Follicular Growth and ovulation rate in farm animals*. JF Roche and O'Callagan (Eds). Martinus Nijhoff. Dordrecht. (1987), 1-18.
217. Ennuyer, M. "Les vagues folliculaires chez la vache. Applications pratiques à la maîtrise de la reproduction" *Point Vet.* (2000) ,31 (209) : 377-383.
218. Saint-Dizier, M. "Baisse de fertilité des bovins laitiers : mécanismes biologiques impliqués." *Bulletin Technique de l'insémination Animale*. 126, (2007), 10-14.
219. Teh, A.P.P., Izzati, U.Z., Mori, K., Fuke, N., Hirai, T., Kitahara, G. Yamaguchi, R. "Histological and immunohistochemical evaluation of

granulosa cells during different stages of folliculogenesis in bovine ovaries" *Reproduction in Domestic Animals*, 53 (3), (2018), 569-581.

220. McNatty KP, Heath DA, Lundy T, Fidler AE, Quirke L, O'Connell A, Smith P, Groome N. et Tisdall DJ - Control of early ovarian follicular development - *J Reprod Fertil Suppl*, 54, (1999), 3-16

221. Webb R, Garnsworthy PC, Gong JG, Armstrong DG - Control of follicular growth :local interactions and nutritional influences - *J Anim Sci*, 82 (E. Suppl.), (2004), 63-74.

222. Bruyas, J.F. Cycle oestral et détection des chaleurs. *Dépêche vét, supplément* 19, (1991), 9-14.

223. Kerbrat, S. et Disenhaus, C. "Profil d'activité lutéale et performances de reproduction du velage à la première insémination" *Renc. Rech. Ruminants* ; 7, (2000), 227-230.

224. Tainturier, D., Andre, F., Chaari, M., Sardjana, K.W., Lelet, J.L. et Lijour, L. "Interet de l'échotomographie pour le coltrole de reproduction d'un grand troupeau de vaches laitières" *Rev. Méd. V ét.* 134, (1983), 419-424.

225. Kerbrat, S. et Disenhaus, C. "A proposition from an update behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows." *Applied animal Behaviour Science*, 87, (2004), 223-238.

226. Carriere, D. "Physiologie du système reproducteur de la vache laitière : In gestion de la reproduction des bovins laitiers" VADE. MECUM, édition MED. COM. PARAIS, (2012), 13 p.

227. [https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode\\_immuno-enzymatique\\_ELISA](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode_immuno-enzymatique_ELISA)

228. Gruyter, W. "Dictionary of Obstetrics and Gynecology". Ed. By Zink, Christoph. (1988). 277p.

229. Edqvist, L.E. "The hormones of reproduction. In King, G.L., World animal science vol.B9 : reproduction in domesticated animals" Amsterdam. Elsevier, (1993), 55-74.
230. Driancourt, M.A. et Levasseur, M.C. "Cycles oestriens et cycles menstruels. Dans : La reproduction chez les mammifères et l'homme". Édition Ellipses, INRA, Paris, (2001), 680- 698.
231. Medan, M.S, Watanabe, G., Sasaki, K., Groome, N.P., Sharaway, S. and Taya, K. "Follicular and hormonal dynamics during the estrous cycle in goats". J. Reprod. Dev. Aug. 51(4), (2005), 455-63.
232. Rosa, C.O.,Marinho, L.S.R., DaRosa, P.R.A, De Cesaro, M.P., Lunardelli, P.A., Silva-Santos, K.C., Basso, A.C.Bordignon, V. et Seneda, M.M."Molecular characteristics of granulosa and cumulus cells and oocyte competence in Nelore cows with low and high numbers of antral follicles" Reproduction in Domestic Animals, 53 (4), (2018), 921-929.
233. Graham, J.D. and Clarke, C.L. "Physiological action of progesterone in target tissues". Endocr. Rev. 18, (1997), 502- 519.
234. Katila, T. "Uterine contractility. In: Samper, J.C., Pycock, J.F. and Mc Kinnon A.O. Current therapy in equine reproduction". St Louis. Saunders Elsevier. (2007), 44-52.
235. Peters, A.R., and Ball, P.J.H. "Reproduction in Cattle". 2nd Edn. Blackwell Science Ltd. Oxford Press, London, UK. Philadelphia, (1994), 89-104.
236. Ledoux, D. "Echecs précoces de gestation chez la vache laitière de race Holstein : incidences, implication dans la baisse de fertilité et facteurs de risque". Sciences agricoles. AgroParisTech, (2011).
237. Vallet, A., Berny, F., Pimpaud, J., Lavest, E. et Lagrive, L. " Facteurs d'élevage associés à l'infécondité des troupeaux laitiers dans les Ardennes" Bulletin GTV, n°537, (1997), 23-36.

238. Vallet, A. et Paccard, P. "Définition et mesures des paramètres de l'infécondité et de l'infertilité "B.T.I.A., (1984), 32 : 2-3
239. Tillard, E., Lanot, F., Bigot, C.E., Nabeneza, S. et Pelot, J. "Les performances de reproduction en élevages laitiers " In : CIRAD-EMVT. 20 ans d'élevage à la Réunion. Ile de la Réunion : Repères, (1999), 99p.
240. Hanzen, CH. "Etude des facteurs de risque de l'infertilité et des pathologies puerpérales et du post; partum chez la vache laitière et la vache viandeuse". Thèse d'agrégation, Université de Liège. (1994),287p.
241. Williamson, N.B." The interpretation of herd records and clinical findings for identifying and solving problems of infertility" .Compend. Cont. Educat. Pract. Vet.1, (1987), 14-24.
242. Royal, M.D., Darwash, A.O., Flint, A.P.F., Webb, R., Wooliams, J.A. and Lamming, G.E. "Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility " Anim. Sci. 70, (2000), 487-501.
243. Disenhaus, C. "Mise à la reproduction chez la vache laitière : actualités sur la cyclicité post-partum et l'œstrus " 2ème Journée d'Actualités en Reproduction des Ruminants. ENVA.Septembre. (2004), 55-64.
244. Stevenson, J.S, Schmidt, M.K. and Call E.P. "Factors affecting reproductive performance of dairy cows first inseminated after five weeks postpartum". J. dairy. Sci. 66, (1983), 1148-1154.
245. Spicer, L.J., Vernon,R.K., Tucker, W.B. , Wettman, R.P.,Hogue, J.F. and Adams, G.D. "Effect of inert fat on energy balance, plasma concentration of hormones, and reproduction in dairy cows". J. Dairy. Sci. 76, (1993). 2665-2673.
246. Stevenson, J.S. and Call, E.P. "Influence of early oestrus, ovulation and insemination on fertility in postpartum Holstein cows". Theriogenology. 19, (1983), 367-375.
247. Barr, H.L. "Influence of oestrus days open in dairy herd" J. Dairy. Sci. 58, (1975). 246-247.

248. Hayes, J.F., Cuer, I. and Monardes, H.G. "Estimates of repeatability of reproductive measures in Canadian Holstein". *J. Dairy. Sci.* 75, (1992). 1701-1706.
249. Etherington, W.G., Marsh, W.E., Fetrow, J., Weaver, L.D., Seguin BE, and Rawson, C.L. " Dairy herd reproductive health management: evaluating dairy herd reproductive performance" Part1. *Continuing Education for the Practising, Veterinarian*, 13 (8), (1991), 1353-1360.
250. Coleman,D.A., Thayne,W.V. and Dailey,R.A. "Factors affecting reproductive performance of dairy cows". *J. Dairy. Sci.* 68 (7), (1985), 1793-1803.
251. Boichard, D., Barbat, A. et Briend, M. "Evaluation génétique des caractères de fertilité femelle chez les bovins laitiers" *Renc Rech Ruminants*, 5 , (1998) , 103-106
252. Boichard, D., Barbat, A. et Briend, M. "Bilan phénotypique de la fertilité chez les bovins laitiers" *AERA; Reproduction, génétique et fertilité*, Paris, 6 Décembre (2002), 5-9 .
253. Paccard, P. " La reproduction des troupeaux bovins laitiers. Analyse des bilans". *Elevage et insémination*. (1986) ,212 : 3-14.
254. Granados-Chapate, A. et Baret, P. "Indicateurs de fertilité dans une population de bovins : prise en compte de la qualité des données" *Renc. Rech. Ruminants*, 9, (2002), 153p.
255. Klinborg, D.J. "Normal reproductive parameters in large- California style dairies" *Vet. Clin. North Americ. Food Anim. Pract.*, 3, (1987), 483-499.
256. Bonnes, G., Desclaude, J., Drogoul, C., Gadoud, R., Jussiau, R., Leloch, A., Montemeas, L. et Robin, G. "Reproduction des mammifères d'élevage". *Collection INRAP. Ed. Foucher. Paris.* (1988). 239p.
257. Enjalbert, F. "Relations : alimentation-reproduction chez la vache laitière". *Le point vétérinaire*. 25, (1994). 984-991.
258. Enjalbert, F. "Alimentation de la vache laitière : les contraintes nutritionnelles autour du vêlage". *Le point vétérinaire*, n°236, (2003), 40-44.

259. Hanzen, CH. "Le constat de gestation chez les ruminants". (2010). [En ligne] <http://vetodz.yoo7.com/t398-vetodz-cours-4-hanzen-sur-la-reproduction-2011>.
260. Grohn, Y.T., Rajala-Schultz, P.J. " Epidemiology of reproductive performance in dairy cows "Anim Reprod Sci, 60-61 , (2000) ; 605-614
261. Descoteaux, L." Vade-mecum de gestion de la reproduction des bovins laitiers". Méd'com, (2012), 240 p.
262. Noakes, D. E. "Veterinary reproduction and obstetrics". 9ème édition. Saunders Elsevier, (2009), 950 p.
263. Geert, O. "La détection des chaleurs : quels sont les problèmes rencontrés chez les vaches laitières hautes productrices ?". Néva. N° 8, (2008), pp 29-34.
264. Lacerte, G. "La détection des chaleurs et le moment d'insémination" CRAAQ, Saint-Hyacinthe, (2003). 13p.  
[https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/Documents/Lacerte\\_Guy.pdf](https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/Documents/Lacerte_Guy.pdf)
265. Bruyas, J. F." Le syndrome « repeat-breeding » : analyse bibliographique. 1ère partie : étiologie". Rev Med Vet. Vol. 144, n° 5, (1993),385 397.
266. Ponsart, C., Fréret,S., Charbonnier, G, Giroud,O. et Humblot, P. Description des signes de chaleurs et modalités de détection entre le vêlage et la première insémination chez la vache laitière, Renc. Rech. Rum., Paris, 13, (2006a). 273-276.
267. Penn State College Of Agricultural Sciences. PennState Extension [en ligne]. [Consulté le 8 avril 2016].URL : <http://extension.psu.edu>.
268. White, F.J., Wettemann, R.P., Looper, M.L., Prado,T.M. et Morgan, G.L. "Seasonal effects on estrous behavior and time of ovulation in non lactating beef cows". J. Anim. Sci., 80, (2002), 3053-3059.
269. Landaeta-Hernandez, A.J., Yelich, J.V., Lemaster, J.W., Fields M.J., Tran, T., Chase, C.C., Jr., Rae, D.O. and Chenoweth P.J." Environmental,genetic and social factors affecting the expression of estrus in beef cows". Theriogenology, , 57 (4), (2002), 1357-1370.

270. Murray, B.B "Comment maximiser le taux de conception chez la vache laitière : détection des chaleurs" Fiche technique du Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, gouvernement de l'Ontario, ISSN-1198-7138, Agdex ,(1996) ,410-30.
271. Weaver, L.D "Evaluation of reproductive performance in dairy herds" . Contin. Educ. Pract. Vet., 8 (5), (1986), 247- 254.
272. Westwood, C. T, Lean, I. J. et Garvin, J. K " Factors Influencing Fertility of Holstein Dairy Cows: A Multivariate Description" J. Dairy Sci. 85, (2002),3225–3237.
273. Oltenacu, P.A, Fergusson, J.D et Lednor, A.J " Economic evaluation of pregnancy Diagnosis in Dairy cattle decision analyses approach"J. DairySci., 73, (1990), 2826-3831.
274. Constant, F. "Observations récentes sur les chaleurs de la vache laitière". Point vét. Vol. 35, n° 249, (2004), 10 11.
275. Nebel, R.L." Component of a succedfull Heat Detection Program" Advances in Dairy Technology, (2003), 15, 191-203.
276. Barret , J . P. "Zootechnie générale", édition Tec et Doc., Lavoisier (1992), 252 p.
277. Jainuden, M.R.et Hafez, E.S.E."Pregnancy diagnosis"Reproduction in Farm Animal. Ed. South Carolina, USA. (2000), 395-404.
278. Thimonier, J "Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone" INRA Prod. Anim., 13, (2000), 177-183.
279. Fréret,S.,Charbonnier,G.,Congnard, V., Jeanguyot, N., Dubois, P., Levert, J., Humblot, P. et Ponsart, C."Expression et détection des chaleurs, reprise de cyclicité et perte d'état corporel après velage en élevage laitier".Renc. Rech. Rum., 12, (2005), 149-152.
280. Haffar, M.A., "Contrôle du moment de l'insémination artificielle et de la gestation par dosage de la progestérone dans le lait chez les bovins en Tunisie. Thèse de doct. Vet., (2002),29, sidi Thabet Tunisie.

281. Seegers, H, Beaudeau, F, Blosse, A., Ponsart, C et Humblot, P. "Performances de reproduction aux insémination de rangs 1 et 2 dans les troupeaux prim'Holstein". Renc. Rech. Rum., 12, (2005), 141-144
282. Grimard, B., Fréret, S., Chevallier, A., Pinto, A., Ponsart, C. et Humblot, P. "Genetic and environment factors, influencing firstservice conception rate and late embryonic/foetal mortality in low fertility dairy herds. Animal Reproduction Science, 91, (2006), 31-44.
283. Frick, P.M. "Scanning the future, ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle" J. Dairy Sci., 85, (2002), 1918-1926.
284. Cordoba, M.C, Startori, R. et Frick P.M. " Assessment of a commercially available early conception factor ECF test for determining pregnancy status of dairy cattle" J. DairySci. 84, (2001), 1884-1889.
285. Vallet, A. "La fécondité des troupeaux laitiers, un grand problème d'actualité" Institut technique d'élevage, (1997), Paris,
286. Mialot, J.P ET Badinand, F. "L'anoestrus chez les bovins". In: mieux connaître, comprendre et maîtriser la fécondité bovine. Soc. Fr. Buiatriceed. Maisons Al Fort. (1985), 217-233.
287. Humblot, P. et Grimard B. "Endocrinologie du post-partum et facteurs influencant le retablissementde l'activite ovarienne chez la vache". Le Point Vétérinaire, 28, (1996), 73-81.
288. Carthy, T.R., Berry D.P., Fitzgerald, A., McParland, S., Williams, E.J., Butler, S.T., Cromie, A.R. et ,Ryan D. "Risk factors associated withdetailed reproductive phenotypes in dairy and beef cows". Animal, 8, (2014), 695-703.
289. Crowe, M.A., Diskin, M.G.and Williams E.J." Parturition to resumption of ovarianyclicity: comparative aspects of beef and dairycows". Animal, 8, (2014), 40-53.

290. Petit M. et Agabriel J. "Etat corporel des vaches allaitantes Charolaises : signification, utilisation pratique et relations avec la reproduction". INRA Prod. Anim. . 6, (1993), 311-318.
291. Ducrot, C., Grohn, Y.T., Humblot, P., Bugnard, F., Sulpice, P. et Gilbert, R.O.. "Postpartum anestrus in French beef cattle: an epidemiological study". Theriogenology, 42, (1994), 753-764.
292. Vallet, A. et Coll. L. "Maladies des bovins", 1ère édition, (1991). p157-189.
293. Butler, W.R et Smith, R.D. "Interrelationships between energy balance and post-partum reproductive function in dairy cattle". J. Dairy. Sci. (1989). 72, 767-783.
294. Lucy, M.C, Staples, C.R. et Michel, L. F.M. "Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows". J. Dairy Sci., 74, (1991), 473-482.
295. Lucy, M.C., Staples, C.R., Michel, F.M., Thatcher, W.W. et Bolt, D.J." Effect of feeding calcium soaps to early post partum dairy cows on plasma prostaglandin F2a, luteinizing hormone and follicular growth." J. Dairy Sci., (1991), 74, 483-489.
296. Lucy, M.C."The bovine dominant ovarian follicle", Journal of animal Science, 85, (2007), 89-99.
297. Gustafsson, H. and Emanuelson, U. "Characterisation of the Repeat Breeding Syndrome in Swedish Dairy Cattle, Acta vet. scand. (2002), 43, 115-125.
298. Dubuc, J., Duffield, T.F., Leslie, K.E., Walton, J.S., Leblanc, S.J. "Risks factors and effects of postpartum anovulation in dairy cows." Journal of Dairy Science, (2012), 95, 1845-1854.
299. Stagg, K., Diskin, M.G., Sreenan, J.M. et Roche, J.F.. "Follicular development in long-term anoestrous suckler beef cows fed two levels of energy postpartum". Anim. Reprod. Sci. (1995), 38, 49-61.

300. Hanzen,CH., Bascon,F., Theron, L. et Lopez-Gatius, F."Les kystes ovariens dans l'espèce bovine. Partie 1. Définition, Symptômes et diagnostic."Ann. Med. Vet., 151,(2008a), 247—256.
301. Mann, G.E., Keatinge, R., Hunter, M., Hedley, B.A.et Lamming, G.E. "The use of milk progesterone to monitor reproductive function in beef suckler cows". Anim. Reprod. Sci., 88, (2005), 169-177.
302. Disenhaus, C., Cutullic, E., Blanc, F., Gatien, J., Agabriel, J., Hetreau, T., Michel, G., Paccard, P., Badinand, F., Egal, D.et Ponsart, C. "Caractéristiques comparées de la cyclicité après vêlage de différentes races bovines".Ren. Rech. Rum. 15, (2008), 383-386
303. Beauchet, S. "Elaboration de recommandations pour la détection visuelle des chaleurs en troupeaux bovins allaitants". Thèse Médecine Vétérinaire, Oniris : Ecole Nationale Vétérinaire Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes, France, (2010), 121p.
304. Blanc, F., Paccard, P., Gatien, J., De La Torre, A.,Ponsart ,C., Egal, D., Krauss, D., Delval, E.et Agabriel, J." Caractérisation de l'oestrus chez la vache allaitante : Quantification des manifestations comportementales et facteurs de variation". Renc. Rech. Rum., 17, (2010), 121-124.
305. Gilbert, R.O., Shin, S.T., Guard, C.L., Erb, H.N. et Frajblat, M." Prevalence of endometritis and its effects on reproductive performance of dairy cows". Theriogenology, 64, (2005), 1879-1888
306. Robert, J. Van S. et Charles, J. Sniffef, "Nutritional management of the pregnant dairy cow to optimize health, lactation and reproductive performance". Animal Feed Science Technology 59, (1996) 13-26.
307. Boval,M., Edouard, N., Naves, M. et Sauvant, D."Performances de croissance et efficacité alimentaire des bovins au pâturage en condition tropicale: étude par méta-analyse." INRA Prod. Anim., 28 (4), (2015), 315-328.

308. Vermorel M. et Coulon J.B." Alimentation des vaches laitières : Comparaison des systèmes d'alimentation énergétique". *Revue Prod. Anim.*, 5 (4), (1992), 289-298.
309. A.F.R.C. Technical Committes on Response to Nutrients."Nutritive Requirements of ruminants animals : energy." *Abstr. Rev. (SerieB)*, Vol 60, n°10, (1990), 729-804.
310. Meshy, F, et Corrias, R." Recommandations d'apports alimentaires en calcium et magnesium absorbables par les ruminants" *Renc. Rech. Rum.*, 12, (2005), 221-224.
311. Meshy, F."Alimentation minérale et vitaminique des ruminants : actualisation des connaissances" *INRA Prod. Anim.*, 20 (2), (2007), 119-128.
312. INRA "Tables de l'alimentation des bovins, ovins et caprins." INRA Ed., (1988), 365p.
313. Sérieys, F. "Le tarissement des vaches laitières". Editions France Agricole. (1997), 224 p.
314. Wolter, R. "Alimentation de la vache laitière", France Agricole Editions, (1997). 263 p.
315. Guéguen, L, Durand, M., Meshy, F."Apports recommandés en élément minéraux majeurs pour les ruminants" *Bull. Techn. CRVZ Theix INRA*, 70, (1987), 105-112.
316. Faverdin P., Delagarde R., Delaby R., Meschy F. "Alimentation des bovins, ovins et caprins: besoins des animaux, valeurs des aliments". Edition Quae. Paris. (2007), 307p.
317. Journet, M. et Chilliard, Y." Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 1. Taux butyreux ; facteurs généraux." *Bull. Tech. CRVZ Theix, INRA*, 60, (1985), 13-24.

318. Nozière, P., Sauvant, D., Peyraud, J.L., Agabriel, J., Beaumont, R. et al. "Rénovation des systèmes d'unités d'alimentation pour les ruminants : Systali", JACI Phase, avril, Tours, France, (2016), 115p.
319. Meyer, C et Denis, J.P. "Élevage de la vache laitière en zone tropicale." édition CIRAD -envt, (1999). 305p.
320. Faverdin, P. et Bareille, N. " Lipostatic regulation of feed intake in ruminants, in : D. van der Heide, E.A. Huisman, E. kanis, J.W.M. Osse (Eds), Regulation of feed intake. CABI Publishing, (1999), 89-102.
321. Bauman, D.E., Currie, W.B. "Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation : a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. J. dairy Sci, 63, (1980) ,1514-1529
322. Faverdin, P, Charrier, A. et Fischer, A. " prediction of dry matter intake of lactating dairy cows with daily live weight and milk production measurements" Eur. Conf. on Préc. Livestock farming, Sep. Nantes, France, (2017) ,35-44.
323. Doreau, M, Adingra, K, Rémond, B., et Chilliard, Y. " Effets respectifs des quantités ingérées et du stade physiologique sur la digestibilité d'une même ration chez la vache laitière." *Reproduction Nutrition Développement*, 28 (Supl.1), (1988) ,63-64.
324. Hoden, A., 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.
325. Faverdin, P, Delagarde, R., Delaby, L. and Meshy, F. " Alimentation des vaches laitières. In : Alimentation des bovins, ovins, caprins" Quae Editions, Versailles, (2010), 23-58.
326. Koenen, E.P.C., Veerkamp, R.F., Dobbelaar, P. et De Jong, G. "genetic analysis of body condition score of lactating Dutch holstein and Red-and-white heifers." *J. dairy Sci.*, 84, (2001) ,1265-1270.

327. Yan, T., Mayne, C.S., Keady, T.W.J. and Agnew, R.E. " Effect of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue." *J. Dairy sci.* 89, (2006) ,1031-1042.
328. Hansen PJ, Soto P, Natzke RP. "Mastitis and fertility in cattle - possible involvement of inflammation or immune activation in embryonic mortality". *American Journal of Reproduction and Immunology* 51, (2004), 294-301
329. Martinet, J., Houdebine, L.M." *Biologie de la lactation*" Ed. INRA, Route de Saint-Cyr 78026 Versailles Cedex, (2006), 608p.
330. Dulphy, J.P., Rouel, J. et Jailler, "Influence du niveau croissant d'apport d'aliment concentré sur la durée de mastication de la ration chez la vache laitière", *Ann. Zootech.*, 45, (1996), 343-348.
331. Hanzen, CH.,2004. *Reproduction des Ruminants : maitrise des cycles et pathologie.* Université de Liège, Faculté de médecine Vétérinaire.
332. Trou, G." *Alimentation des vaches laitières, les bases d'un bon démarrage en lactation*" Terre Agricole-de- Bretagne, (2007), 21p.
333. Sérieys, F., *Traitement au tarissement : vers de nouvelles stratégies fondées sur l'évaluation du risque.* *Renc. Rech. Rum.*, 4, (1997), 261-264.
334. Steeneveld, W., Van Knegsel, A.T.M., Rummelink, G.J. Kemp, B., Vernooij, J.C.M. et Hogeveen, H. "Cow characteristics and their association with production performance with different dry period lengths." *Journal of dairy science*, volume 97 (8), (2014), 4922-4931.
335. Disenhaus, C., Augeard, P., Bazin, S., Philippeau, G." *Nous, les vaches tarées. technique*". EDE, Rennes, (1985), 65 p.
336. Barnouin, J., Chassagne, M." *Components of the diet in the dry period as risk factors for placental retention in french dairy herds*". *Preventive Veterinary Medicine*, 8, (1990), 231-240.

337. Gearhart MA, Curtis CR, Erb HN, Smith RD, Sniffen CJ, Chase LE, Cooper MD. 1990. "Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins". *J Dairy Sci*, 73, (1990), 3132-3140.
338. Markusfeld, O., Galon N., And Ezra E. "Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows". *The Veterinary Record*, Vol 141, Issue 3, (1997), 67-72.
339. Dunne LD, Diskin MG, Boland MP, O'Farrell KJ, Sreenan JM. "Nutrition and embryo survival in cattle. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 1997, 36:95.
340. Boudon,A., Khelil-Arfa, H, Ménard, P. Brunschwig, P. et Faverdin, P." Les besoins en eau d'abreuvement des bovins laitiers : déterminismes physiologiques et quantification" *INRA Prod. Anim.*, 26(3), (2013), 249-262.
341. Dubreuil, L. L'abreuvement des animaux à l'étable. (2001),63p
342. Khelil-Arfa, H, Boudon,A, Maxin, G. et Faverdin, P."Prediction of water intake and excretion flows in Holstein dairy cow under thermoneutral conditions" *Animal*, 10 (6), (2012), 1662-1676.
343. Walsh, S. W., E. J. Williams, et al. "A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows." *Anim Reprod Sci.*, 123 (3-4), (2011), 127-138.
344. Butler, W. R. "Relationships of negative energy balance with fertility." *Advances in dairy technology* 17, (2005), 35-46.
345. Grummer, R. R. "Strategies to improve fertility of high yielding dairy farms: Management of the dry period." *Theriogenology* 68 Suppl 1, S, (2007), 281-288.
346. Valour, D. "Génomique et relations nutrition-reproduction chez la vache laitière" (2014), 20-264.
347. Kutches, A." *Animal Nutrition and Health*" (Nov-déc.1983)

348. Jolly PD, McDougall S, Fitzpatrick LA, Macmillan KL, Entwistle KW. "Physiological effects of undernutrition on postpartum anoestrus in cows". *Journal of Reproduction and Fertility*, 49, (1995), 477-492.
349. Lucy, M.C." Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J Dairy Sci* 2001;84:1277–93.
350. Highstone, R.B, Cochran, R.C. Corah, L. R, Kiracofe, G. H, Harmon, D.L, Perry, R. C. "Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive function in beef cows". *J. Anim. Sci.* 89, (1991), 4097.
351. NguyenBarker, K.C. "Etude descriptive et relationnelle des facteur de risque d'infécondité et d'infertilité des vaches laitières au sud Viet Nam. Thèse Doct. Univ. Liège, Belgique, (2017), 150p.
352. Chilliard, Y., Bocquier, F., Delavaud, C. Faulconnier, Y., Bonnet, M., Guerremillo, M., Martin, P. et Ferlay, A. "La leptine chez le ruminant. Facteurs de variation physiologiques et nutritionnels " *INRA Prod. Anim.* 12 (3), (1999), 225-237.
353. Liefers, SC., Veerkramp, R.F., Tepas, MFW, Delavaud, C., Chilliard, Y. et Van Derlend, T. "Leptin concentrations in relation to energy balance, mild yield, intake, live weight and estrus in dairy cows" - *J Dairy Sci.* 86, (2003), 799-807.
354. Terqui, M., Chupin, D., Gauthier, D. "Influence management nutrition on post-partum endocrine function and ovarian activity in cows". In *current tropics in veterinary medecine and animal science. Factors influencing fertility in the post-partum cows.* Ed. MartinusNijohff. The Hagne. (1982), 384-408.
355. Butler, W.R . « Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle « *Animal reproduction science*, (2000), 60-69.
356. Villa-Godoy, A., Hughest, L., Emery, R.S., Chapin, L.T., et Fogwell, R.L. "Association between energy balance and luteal function in lactating Holstein" cows. *J. Dairy. Sci.* 71, (1988), 1063.

357. King, J.O.L. "The relationship between conception rate and changes in body weight, yield and solid nonfat content of milk in dairy cows". *Vet. Rec.* 89, (1968), 492-494.
358. Canfield, R.W. et Butler, W. R. "Energy balance, first ovulation and the effects of malaxone on LH secretion in early post-partum dairy cows". *J. dairy. Sci.* 69, (1991).740-746.
359. Canfield, R.W., Sniffen, C.J. et Butler, W.R. "Effect of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle" *J Dairy Sci.* 73, (1990), 2342-2349.
360. Enjalbert, F. " Alimentation et reproduction chez les bovins". Journées nationales de GTV mai 98. Tours. France. (1998).
361. Kaur, H. ET Arora, SP. "Dietary effects on ruminant livestock reproduction with particular reference to protein". *Nutr. Res. Reviews*, 8, (1995), 121-136.
362. Paragon, B.M. "Qualité alimentaire et fécondité chez la génisse et la vache adulte : importance des nutriments non énergétiques". *Bull. G.T.V.* 91, (1991).39-52.
363. Phyn, C.V.C., Kay. K., Rius, A.G., Morgan, R. and Roche, J.R. Temporary alterations to post partum milking frequency affect whole-lactation milk production and the energy status of pasture-grazed dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 97 (11), (2014), 6850-6868.
364. De La Torre, A. et Agabriel, J. prendre en compte l'efficience alimentaire des vaches allaitantes dans les recommandations alimentaires à travers la quantification de leur dépenses non productives. *INRA Prod. Anim.*, 2017, 30 (2), 153-164.
365. Beam, S. W. Butler, W. R."Energy balance and ovarian follicle developemnt prior to the first ovulation post-partum in dairy cows receiving three levels of dietary fat". *Biol. Reprod.* 56, (1997), 133-142.
366. Sauvant, D., Cantalapiedra-hijar, G et Noziere, P. "Actualisation des besoins protéiques des ruminants et application à la détermination des réponses des

femelles laitières aux apports de protéines digestibles dans l'intestin". Renc. Rech. Rum., 21,(2014), 131-134.

367. Heinrichs, AJ. O'Connor, ML. "Charting body condition identifies problems in dairy cows". Feedstuffs, (1991), 15-16.

368. Charbonnier, J. L. "La non délivrance chez la vache laitière" .B.T.I.A., 27, (1983), 25-28.

369. Ruegg; P.L., Milton, RL. "Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada: relationships with yield, reproductive performance, and disease". J. Dairy Sci., 78, (1995), 552-564.

370. Grimard, B., Ponter, A.A., Humblot, P., Ponsart, C. et Mialot, J.P. "Alimentation hivernale des vaches allaitantes et performance de reproduction" Elev. Et Insém., 309, (2002), 3-18.

371. Leroy, J.L.M.R, Opsomer, G., Van Soom, A., Goovaerts, I.G.F. et Bols, P.E.J. "Reduced fertility in high yielding dairy cows : are the oocyte and embryo in danger ? Part 1 : the importance of NEB, and altered corpus luteum function to the reduction of oocyte and embryo in high yielding dairy cows. Rerod. Dom. Anim., 43, (2008), 612-622.

372. Vagneur, M. "Relation entre la nutrition et la fertilité de la vache laitière. Le point de vue du vétérinaire praticien". Journées nationales des G.T.V pathologie et nutrition, SNGTV. 22-24 Mai. (1996), 105-110

373. Curtis, CR., Erb, H.N. et Sniffen, CJ. "Path analysis of dry period nutrition, post-partum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein cows". J. Dairy.Sci. 68, (1985).2347-2360.

374. Vallet, A. "Maladies nutritionnelles et métaboliques. In : Maladies des bovins." ; Ed .France .Agric, 540, (2000), 254-257.

375. Park AF, Shirley JE, Titgemeyer EC, Meyer MJ, Vanbaale MJ, Vandehaar MJ. "Effect of protein level in prepartum diets on metabolism and performance of dairy cows". J. Dairy Sci, 85, (2002), 1815-1828.

376. Chew BP, Murdock FR, Riley RE, Hillers JK. "Influence of prepartum dietary crude protein on growth hormone, insulin, reproduction and lactation of dairy cows". J Dairy Sci, 67: (1984), 270-275.
377. Greenfield, R.B., Cecava, M.J., Johnson, TR., Donkin, SS. " Impact of dietary protein amount and rumen undegradability on intake, peripartum liver triglyceride, plasma metabolites, and milk production in transition dairy cattle "J Dairy Sci, 83 , (2000) , 703-710
378. Folman, Y., Rosenberg, M., Ascarelli, I., Kaim, M. et Herz, Z. "The effects of dietary and climatic factors on fertility, and on plasma progesterone and oestradiol-17-beta levels in dairy cows". J. Steroid Biochem., 19, (1983). 863-868.
379. Jordan, E.R. et Swanson, L.V. "Effect of crude protein on reproductive efficiency, serum total protein, and albumin in the high-producing dairy cow". J. Dairy Sci, 62, (1979), 58-63.
380. Visek, W.J. "Ammonia its effects on biological systems, metabolic hormones, and reproduction. J. Dairy Sci, 67, (1984), 481-498.
381. Howard, H.J., Aalseth E.P. ET Adams G.D.I. "Influence of dietary protein on reproductive performance of dairy cows". J. Dairy Sci., 1987, 70, (1987), 1563-1571.
382. Tillard, E. "Approche globale des facteurs associés à l'infertilité et l'infécondité chez la vache laitière: importance relative des facteurs nutritionnels et des troubles sanitaires dans les élevages de l'île de la Réunion" Univ. Montpellier II - Sci. Tech. du Languedoc. (2010), 333p.
383. Salat-Baroux, J. "Les avortements spontanés à répétition" .Reprod. Nutr. Develop, 28, (1988), 1555-1568.
384. Ferguson, J.D., Blanchard, T., Galligan, D.T., Hoshall, D.C., Chalupa, W.V. "Infertility in dairy cattle fed a high percentage of protein degradable in the rumen". J Am Vet Med Asso, 192, (1988), 659-662.

385. Ferguson, J.D., Chalupa, WV. "Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows". In: Interactions of nutrition and reproduction. J Dairy Sci, 72: (1989).746-766
386. Ferguson JD and Skidmore. "Reproductive performance in a select sample of dairy herds". J. Dairy Sci., 92, (2013), 1269-1289.
387. Elrod, C.C. ET Butler, W.R. "Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein". J. Dairy Sci, 71, (1993), 694-701.
388. Butler, W.R. "Review Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle". J. Dairy Sci, 81, (1998), 2533-2539.
389. Nicol, J.M. "Infertilité en élevage laitier : les mécanismes, les causes, les solutions". G.T.V.3B 525, (1996), 53-73.
390. Badinand, F. "Relations : fertilité niveau de production-alimentation". Bull.Tech. C.R.Z.V.Thérix, INRA, (S3) , (1983), 73-83.
391. Dandaleix, M. "Etude d'un plan de lutte contre l'infécondité des vaches laitières : Etiologie de l'infécondité et mise au point d'une méthode d'interventions dans les élevages à problèmes du département du Puy De Dôme". Mémoire d'études. (1981)
392. Fardeau, JP. "Les compléments minéraux chez la vache laitière". Thèse. Doctorat. Vet. Ecole nationale vétérinaire de Toulouse. (1979), 7p.
393. Lamand, D.R. "The effects of P.M.S.G on ovarian function of beef heifers as influenced by progestins, plane of nutrition and fasting". J. Dairy. Agri. 21. I. Aust. (1970).153-161.
394. Bonnel, A . " Ration déséquilibrée, fertilité menacée". Rev. Elev. Bov. 154, (1985), 29-32
395. Ennuyer, M. "Le kit fécondité : un planning, une méthodologie". G.T.V.1998. 2.B. (1998), 5-15.

396. Ward, G., Marion, G.B., Caampbel, C.W. et Dunham J.R. "Influences of Calcium intake and vitamin D supplementation on reproductive performances of dairy cows". *J. Dairy. Sci.* 54, (1971), 204-206.
397. Fergusson, J.D., and Galligan, D.T." Assesement of reproductive efficiency in dairy herds. *Compend. Cont. Educ. North Am.*, 22 (1), (2000), 150-158.
398. Edmonson, A. J., Lean, I., Weaver, L. D., Farvet, T., et Webster, G. A. "Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows". *J. Dairy Sci.* 72, (1989), 68-78.
399. Buckley, F., O'Sullivan, K., Mee, J.F., Evans, R.D. ET Dillon, P. "Relationship Among Milk Yield, Body Condition, Cow Weight, and Reproduction in Spring-Calved Holstein-Friesians", *J ; Dairy Sci*, 86, (2003), 2308–2319.
400. Gillund P, Reksen O, Gröhn YT, Karlberg K. "Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows". *J Dairy Sci*, 84, (2001), 1390-1396.
401. Recoules, E. "Etude de la sensibilité de la reproduction des vaches allaitantes aux trajectoires nutritionnelles adaptatives: une approche par modélisation". *Agronomie. Univ. Blaise Pascale. Clermont Ferrand II*, (2013).
402. Broster, W. et Broster, V.J. "Body score of dairy cows". *J. DairyRes* 65, (1998), 155-173.
403. Wright I., Rhind S., Whyte T. et Smith A. "Effects of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of the postpartum anoestrus period in beef cows". *Animal Production* 55, (1992). 41-46.
404. Bewley, J. M., PA, S., AND Schutz, M. M. "Review: An interdisciplinary review of body condition scoring for dairy cattle". *The Professional Animal Scientist* 24, (2008). 507–529.
405. 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 cowproductivity, health, and welfare". *J. Dairy Sci.*; 92 (12), (2009), 5769–5801.

406. Hady, P. J., Domecq, J. J. ET Kaneene, J. B. "Frequency and Precision of Body Condition Scoring in Dairy Cattle", *J. Dairy Sci* 77, (1994), 1543-1547.
407. Kohiruimaki, M., Ohtsukahiomichi, H., Kimura, K., Masuimachiko, A. T. W. ET Kawamuraseiich, I. "Evaluation by Weight Change Rate of Dairy Herd Condition". *J. Vet. Med. Sci.*68 (9), (2006).935-940.
408. Kellog, W."Body Condition Scoring with dairy cattle" (2010), [http://www.uaex.edu/Other\\_Areas/publications/PDF/FSA-4008,pdf.Scoring](http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA-4008,pdf.Scoring).[http://www.thejudgingconnection.com/pdfs/Body\\_Condition\\_Scoring.pdf](http://www.thejudgingconnection.com/pdfs/Body_Condition_Scoring.pdf)
409. Encinias, M. A ET Lardy G. "Body Condition Scoring I: Managing Your Cow Herd Through Body Condition" (2000). Scoring.[http://www.thejudgingconnection.com/pdfs/Body\\_Condition\\_Scoring.pdf](http://www.thejudgingconnection.com/pdfs/Body_Condition_Scoring.pdf).
410. Whittier, J. C., Barry S. ET Weaver, D. "Body Condition Scoring of Beef and Dairy Animals. Agricultural publication G2230" — Reviewed September 15, (1993).
411. Bazin, S. "Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie-noire" Paris – France. (1984).
412. Keown Jeffrey, F. "How to Body Condition Score dairy" Animals. (2005). [http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1457&context=extension\\_hist](http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1457&context=extension_hist)
413. Wildman EE, Jones GE, Wagner PE, Boman RL. "A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics". *J Dairy Sci*, 65: (1982). 495-501.
414. Flamenbaum, i., Wolfenson, P.L., Kunz, M.and Berman, A."Interaction between body condition at calving and cooling of daiyry cows during lactation in summer." *J. Dairy Sci.*, 78, (1995), 2221-2229.
415. Roche JR, MacDonald KA, Burke CR, Lee JM, Berry DP. 2007. "Associations Among Body Condition Score, Body Weight, and Reproductive Performance in Seasonal-Calving Dairy Cattle". *J Dairy Sci*,90:376-391.

416. Van der merwe B.J. ET Stewart P.G. "Condition scoring of dairy cows".<http://agriculture.kzntl.gov.za/portal/AgricPublications/ProductionGuidelines/Dairyin ginKwaZuluNatal/ConditionScoringofDairyCows/tabid/235/Default.aspx>. (2005).
417. Veerkamp RF, Koenen EPC, Jong G.. "Genetic correlations among body condition score, yield and fertility in first parity cows estimated by random regression models". *J Dairy Sci*, 84, (2001),2327-2335.
418. Rodenburg, J."Body condition scoring of dairy cattle" Ontario Ministry of Agriculture and Food Fact Sheet, 411, (1992), 10p.
419. Gibb MJ, Ivings WE, Dhanoa MS, Sutton JD. "Changes in body components of autumn-calving Holstein-Friesian cows over the first 29 weeks of lactation". *Animal Production* 55, (1992), 339-360.
420. Andrew SM, Waldo DR, Erdman RA. "Direct analysis of body composition of dairy cows at three physiological stages".*J.I of Dairy Sci.* 77, (1994), 3022-3033
421. Macdonald K.,Verkerk G., Thorrold B.,Pryce J., Penno, J., McNaughton L., Burton L., Lancaster J.,Williamson J. et Holmes C. " A comparison of three strains of holstein-friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances." *J. Dairy Sci.* 91, (2008), 1693-1707.
422. Pryce, J.E, Coffey M.P, et Simm, G. "The Relationship Between Body Condition Score and Reproductive Performance". *J. Dairy Sci.* 84, (2001), 1508–1515.
423. Renquist, B. J., Oltjen, J.W, Sainz, R.D, Calvert, C.C. "Relationship betweenbody condition score and production of multiparous beef cows". *Livestock Science*104, (2006), 147– 155.
424. INRA, "Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - valeurs des aliments", Quae (Ed), Versailles. (2010)

425. Beam, S. W., et Butler W. R. "Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows". *J. Reprod. Fertil. Suppl.*54, (1999). 411p.
426. Wathes, D.C., Fenwick, M., Cheng, Z., Bourne, N., Llewellyn, S., Morris, D.G, Murphy J. ET Fitzpatrick, R. "Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow". *Theriogenology*, Vol. 68, Supplement 1: S (2007), 232-241.
427. Zulu VC, Nakao T, Sawamukai Y. "Insulin-like growth factor-I as a possible hormonal mediator of nutritional regulation of reproduction in cattle". *J Vet Med Sci*, 64, (2002) ,657-665.
428. Disenhaus, C., Grimard, B., Trou, G., Delaby, L. "De la vache au système : s'adapter aux différents objectifs de reproduction en élevage laitier". *Renc. Rech. Ruminants*.12, (2005) ,125-136
429. Shrestha, H.K., Nakao, T., Suzuki, T., Akita, M. ET Higaki. T. "Relationshipsbetween body condition score, body weight, and some nutritional parameters inplasma and resumption of ovarian cyclicity postpartum during pre-service period inhigh-producing dairy cows in a subtropical region in Japan". *The riogenology*. Vol 1, 64(4): (2005).855-66.
430. Rutter, L.M. and Randel, R.D. "Postpartum nutrient intake and bodycondition: effect on pituitary functionand onset of estrus in beef cattle". *Anim. Sci.*, 58, (1984), 265-274.
431. Blanc F., Agabriel J., "Interet de la modelisation pour interpreter l'influence de la date de velage sur la duree de l'anoestrus post-partumchez la vache adulte". *Renc. Rech. Rum.*, 13, (2006), 277-280.
432. Guerrier, J., Leudet, O., "Resultats du controle des perofrmances bovins allaitants".France, campagne 2013. Institut de l'Elevage, Paris, France, (2014), 107p.

433. Fergusson, J.D.." A review of body condition Scoring in Dairy Cows."In Proc. Texas Animal Nutrition Council. (2002).
434. Grimard, B., Freret, S., Gipoulou, C., Delize, F., Chambon, G., Dewaele, M., Driancourt, M.A., Rosso, V., Fournier, R., Humblot, P., Ponsart, C. "Fertilité à l'oestrus induit chez des génisses viande et des vaches allaitantes traitées à l'aide du nouveau protocole Crestar SOR". Bull.GTV, 40, (2007), 71-78.
435. Schröder, U.J.,Staunfenbiel, R."Invited Review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness." J. Dairy Sci., 89, (2006), 1-14.
436. Ricardo, C., Chbel, R,C., Mendonça,L,G,D. et Barusselli,P,S, "Association between body condition score change during the dry period and postpartum health and performance" Journal of Dairy Science, Volume 101, Issue, 5, (2018), 4595-4614.
437. Drakley James, K. "Biology of Dairy Cows during the Transition Period: the Final Frontier". J Dairy Sci 82, (1999), 2259–2273.
438. Lopez-Gatius F. "Is fertility declining in dairy cattle? a retrospective study in ; northeastern Spain" Theriogenology, 60: (2003), 89-99.
439. Steffan, J. "Les métrites en élevage bovin laitier. Quelques facteurs influençant leurs fréquences et leurs conséquences sur la fertilité". (1987).
440. Drame, E.D., Hanzen, CH., Houtain, JY., Laurent, Y. & Fall, A. "Profil de l'état corporel au cours du post-partum chez la vache laitière". Ann. Méd. Vét., 143 (4), (1999), 265 – 270.
441. Ferguson, J.D., Galligan, D.T., Thomsen, N."Principal descriptors of body condition score in Holstein cows " J. Dairy Sci, 77, (1994), 2695-2703.
442. Otto, K.L., Ferguson J.D., Fox .D.G. "relationship between condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstien dairy cow" J.Dairy Sci. 74, (1991), 852-859.

443. Hayirli, A., Grummer, R.R., Nordheim, E.V. and Crump, P.M."Models for predicting dry matter intake s of Holsteins during the prefresh transition period" J. Dairy Sci. 86, (2003), 1771-1779.
444. Grummer, R.R., Mashek, D.G. and Hayirli, A."Dry matter intake and energy balance in the transition period"Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 20, (2004), 447-470.
445. Schulz, K., Frahm, J., Meyer, U., Kersten, S., Reiche, D., Rehage, J. and Dannicke, S."Effects of prepartal body condition score and periparal energy supply of dairy cows on postpartal lipolysis, energy balance and Ketogenesis : an animal model to investigate subclinical ketosis." J Dairy Sci., 10, (2014), 1010-1017.
446. Waltner SS, McNamara JP, Hillers JK. "Relationship of body condition score to production variables in high producing holstein dairy cattle". J Dairy Sci, 76, (1993), 3410-3419.
447. Friggens, N.C. and Badsberg, J.H."The effect of breed and parity on curves of body condition during lactation estimated using a non-linear function : Dry matter intake,."Animal. 1, (2007) ,565-574.
448. Phocas, F., Agabriel, J., Dupont-Nivet, M., Geurden, I., Medale, F.Mignon-Grasteau, S., Gilbert, H. et Dourmad, J-Y."Le phénotypage de l'efficacité alimentaire et de ses composantes, une nécessité pour accroître l'efficience des production animales" INRA Prod. Anoin., 27 (3), 2014, 235-248.
449. Beckers, Y.Equilibre des rations des ruminants et autonomie alimentaire" conf.Etalle.Liege université Gembloux. Agrob-Bio Tech.,(2018), 1-52.
450. Madani, T., et Mouffok, C."Production laitière et performances de reproduction des vaches Montbéliarde en région semi aride algérienne"Revue Elev. Méd. Des Pays Trop., 61 (2), (2008) ,97-107.
451. Mouffok,C., Madani, T., Smara, L, Baitiche, M, Allouche, L and Belkacemi,F. Relationship between body condition score, body weight, somenutritional

métabolites changes in Blood and reproduction in Algerian Monbéliarde cows. *Vet. Word.*, 4, (2001), 461-466.

452. Ghazi, K. et Niar, A. "Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de Tiaret (Algérie)." *Tropicultura*, 29 (4), (2011), 193-196.

453. Djermoun, A. et Chehat, F. "Le développement de la filière lait en Algérie : de l'autosuffisance à la dépendance." *Livestock Research for Rural Development*, 24 (1), (2012), <http://www.lrdd.org/lrdd24/abde24022.htm>.

454. Mulligan F.J., Doherty M.L., Production diseases of the transition cow. *The veterinary Journal*, 176, (2008), 3-9

455. ITAFV, Bulletin d'information climatique . Institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne. Boufarik. (2016).

456. A.O.A.C., Association of official analytical chemists. Official methods of analysis, 12th edition. Washington D.C., USA. (1990).

457. Hagen, N. et Gayrand, V. "Memento des critères numériques de reproduction des mammifères domestiques". (2005), 8p.

458. Hanzen, C. Thyron, L. et RAO, A.S., "Gestion de la reproduction dans les troupeaux bovins laitiers";, *RASPA*, vol. 11, N° S, 2013.

<http://physiologie.envt.fr/spip/IMG/doc/Memento-reproduction.doc>.

459. Zineddine, E., Bendahmane, M. et Khaled, M.B. "Performance de reproduction des vaches laitières recourant à l'insémination artificielle au niveau de l'institut technique des élevages Lamtar dans l'ouest Algérien". *Livestock Research for Rural Development*, 22 (11). (2010).

<http://www.lrrd.org/lrrd22/11/bend22201.htm>.

460. Mefti Korteby, H., Bredj, A., Maouche, S. et Deradji, B. " Comparaison des performances de reproduction des vaches 'la Fleckvieh et la Montbéliarde' dans les conditions d'élevage Algérienne". *Revue Agriculture*, 11, (2016), 15-22.

461. Kalem, A."Etude de l'infertilité de la vache laitière après le part".Thèse de doctorat. ISV Blida. (2017), 196p.
462. Cheballah, H. et Koudri, L."Maitrise du cycle sexuel chez la vachelaitière en vue de l'insémination artificielle." Thèse de docteur vétérinaire. E.N.V. Alger, (2004), 48p.
463. Haddada, B., Grimard,B., ElAlouiHachimi, A., Nadji, J. Lakhdissi,H., Ponter, A.A., et Mialot, JP., "Performances de reproduction des vaches laitières natives et importées dans la region de Tadla (Maroc)" (2005)
464. Srairi, M.T. et Baqasse, M."Evaluation du devenir et de performances de génisses laitières frisonnes importées au Maroc. Livestock Research for Rural Development. (2001), 12, 3.
465. Allaoua, S.A. "Alimentation, reproduction et profil métabolique chez la vache laitière". Thèse. Magister. Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires. Université de BLIDA. (2004).
466. Bouzebda, F., Bouzebda, F., Guellati, MA.et Grain, F."Evaluation des parametres de la gestion de la reproduction dans un elevage bvin du nord est Algerien."Sciences et Technologie, (2006), C n°24, 13-16.
467. Gardner, C.E."Graphic monitoring of dairy herd performance", Compend, Contin, Educ, 14, (1992), 397-402.
468. Hiller et Coleman (1985)
469. Bencharif et Tainturier(2000)
470. Ghozlane, M.K., Atia, A. Miles, D.,Khellef, D. " Insémination artificielle en Algérie: Etude de quelques facteurs d'influence chez la vache laitière" Livestock Research for Rural Development , 22 (2), (2010)
471. Pryce, JE., Royal, MD., Garnsworthy, PC., Mao, IL. "Fertility in the high-producing dairy cow". Livestock Prod. Sci., 86, (2004) ; 125-135.

472. Belkhiri, A., "Contribution à l'étude physiopathologique du post-partum chez la vache laitière". Mémoire du Magister en sciences agronomiques. Institut National Agronomique - El Harrach. (2001)
473. Cauthy, I. et Perraud, J.M., "La conduite de troupeau laitier". Edition France Agricole. Paris. (2004). 228p.
474. Grimard, B., Agabriel, J., Chambon, G., Chanvallon, A., Constant, F., Chastant, S. "Particularités de la reproduction des vaches allaitantes de races françaises" INRA Prod. Anim., 30 (2), (2017), 125-138.
475. Metge, J., "La production laitière". Edition Nathan. Paris, (1990), 28-112.
476. Walsh, R. B., Walton, J.S., Kelton, D.F., LeBLANC, J.S., Lesli, K.E, Duffield, T.F. "the effect of Subclinical cetosis in Early Lactation on Reproductive Performance of Postpartum Dairy Cows." J. Dairy Sci. 90, (2007), 2788-2796.
477. Fournier, R. " Endométrites sub-cliniques : un test simple pour identifier les vaches à traiter ?" Repro. Mag. Vol. Best of 2014, MDS editeur, Beaucozé, France, (2014), 159-162.
478. Butler W., "Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows". Livest. Prod. Sci. 83, (2003), 211-218.
479. Adem, R. "Le contrôle lairier en Algérie. 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.
480. Allouche, L., Madani, T., Lamari, S., Mechemèche, M., et Bouchemlal, A. " Effet de la saison sur la fertilité de vaches Montbéliarde élevées en Algérie." Renc. Rech. Ruminants, 2015, 22, 213p.
481. Srairi, M.T., Alaoui, H., Hamama, A., Faye, B. "Relations entre pratiques d'élevage et qualité globale du lait de vache en étables sub-urbaines au Maroc". Revue. Méd. Vét. 156(3), (2005), 155-162.

482. Gallo, L., Carnier, P., Cassandro, M., Mantovani, R., Bailoni, L., Contiero, B. ET Bittante, G. "Change in Body Condition Score of Holstein Cows as Affected by Parity and Mature Equivalent Milk Yield", *J. Dairy Sci.* 79, (1996) 1004-1015.
483. Shaver, R.D. "Feeding to minimize acidosis and laminitis in dairy cows. Proceeding of the 7th Western Dairy Management Conference, (WDMC'05), Reno, NV., (2005), 157-166.
484. Owen, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J. and Gill, D.R. "Acidosis in cattle : A review" *J. Anim. Sci.*, 76, (1998), 275-286.
485. Oetzel, G.R. "Applied aspect of ruminal acidosis induction and prevention" *J. Dairy Sci.*, 88, (2005), 377-377.
486. Dirksen, G.U., Liebich, H.G., Mayer, E. "Adaptative changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance." *Bovine Practitioner*, 20, (1985), 116-120.
487. Raoofi, A., Nadalian, M.G.H., Tajik, J., Mohammadi, G, Bahonar, A. "Evaluation of the correlation between ration physically effective fiber and rumen pH in dairy cattle" *Journal of Veterinary Research*, 69, (2014), 183-189.
488. Bedere, N., Cutullic, E, Delaby, L., Garcia-Launay, F. and Disehaus, C. "Meta-analysis of the relationships between reproduction, milk yield and body condition score in dairy cows." *Livestock Science*, 2018, 20, 73-84.
489. Garnsworthy, P.C. ET Topps, J H. "The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets " *Animal Production* 35, (1982), 113-119.
490. Niozas, G. Tsousis, G. Steinhöfel, I. Brozos, C.. Römer, A., Wiedemann, S. Bollwein, H., Kaske, M. "Extended lactation in high-yielding dairy cows. I. Effects on reproductive measurements" *J. Dairy Sci*, Available on line, nov. (2018),
491. Pedron O, Cheli F, Senatore E, Baroli D ET Rizzi R: "Effect of Body Condition Score at Calving on Performance Some Blood Parameters, and Milk Fatty Acid Composition in Dairy Cows", *J ; Dairy Sci* 76: (1993) 2528-2535.

492. Kadokawa, H. Blache, D., Martin, GB. " Plasma leptin concentration correlate with luteizing hormone secretion in early post partum Holstein cows" J. Dairy Sci., 89 (8), Aug. (2006).3020-3027
493. Fiorelli, J.L., Echampard, L.; Lave, R; Lassaussse, A.; Sanguard, F. "Caller la période de mise bas du troupeau laitier en automne pour mieux valoriser l'herbe pâturée". Renc. Rech. Ruminants. (9), (2002). 117p.
494. Nguyen-Kien,C., Hanzen, C.,"Risk factors od postpartum genital siseases in Holstein x Lai Sind crossbred cows in smallholding, Ho Chi Minh City, Vietnam." Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 2017, 69 (4), 167-171.
495. De Rensis, F., Lopez-atius, F., Garcia-Ispierto, I., Morini, G et Scaraamuzzi, R.J. Cause of declining fertility in dairy cows during the warm season"Theriogenology,2017,19, 145-153.
496. Barker R; Rlso C; Donovan G.A. Low population pregnancy rate resulting from low conception rate in a dairy herd with adequate estrus detection intensity. Compendium on continiung education for the practisingveterinian. 16: (1994). 801-806, 815
497. Mialot J.P., Ponsart C., Gipoulou C., Bihoreau, J.L., Roux M.E., Deletang F., "The fertility of autumn calving suckler beef cows is increased by the addition of prostaglandin to progesterone and eCG estrus synchronization treatment".Theriogenology, 49, (1998), 1353-1363.
498. Mialot, J.P., Constant, F., Dezaux, P., Grimard, B., Deletang, F., Ponter, A.A., "Estrus synchronization in beef cows : comparison between GnRH + PGF2 alpha + GnRH and PRID+PGF2 alpha+ eCG". Theriogenology, 60, (2003),319-330.
499. Grimard, B., Humblot, P., Mialot, J.P., Ponter, A.A., Sauvart, D., Thibier M., "Facteurs de variation de la duree de l'anoestrus postpartum et de la fertillite a l'oestrus induit chez la vache allaitante : importance du niveau d'apport énergetique". Renc. Rech. Rum., 1, (1994), 249-252.

500. Agabriel J., Grenet N., Petit M., "Etat corporel et intervalle entre velages chez la vache allaitante. Bilan de deux annees d'enquete en exploitation". INRA Prod. Anim., 5, (1992), 355-369.
501. Blanc F., Agabriel J., "Interet de la modelisation pour interpreter l'influence de la date de velage sur la duree de l'anoestrus post-partum chez la vache adulte". Renc. Rech. Rum., 13, (2006), 277-280.
502. Probo, M. Pascottini, B., LeBlanc, S., Opsomer, G. and Hostens, M."Association between metabolic diseases and the culling risk of high-yielding dairy cows in a transition management facility using survival and decision tree analysis." J.of dairy Sci., 2018, 101 (10), 9419-9429.
503. Galvano G., PolidorieF.,"Untriemo di osservazione Sulla produzion e composizione chimica e valore del pratoirriguo di Trifoglio alessandrino coltivato nelle piana di catania", Tech.Agric.Fasc.,n°2,(1968),20.
504. Kerbaa, F., "Guide de la valeur alimentaire des fourrages cultivés en Algérie", IDEB, Alger, (1980), 35p.
505. Jordan, W R. et Müller, R. "Genetic variability in sorghum root system : implications for drought resistance. In : Adaptation of plants to water and high temperature stress". Tuener & Kramer Ed ; New York Wiley interscience : (1980), 383-399.
506. Chibani, C., Chabaca, R., Belbourhane, D. "Fourrage algériens : composition chimique et modèle de prédiction de la valeur énergétique et azotée. " Livestock Research for Rural Development. 22 (8), (2010). <http://www.lrrd.org/public-lrrd/proofs/lrrd2208/chab22153.htm>
507. Chaabena, A., Abdelguerfi, A. et Baameur, M., Comportement et caractérisation de quelques variétés de luzerne (*Medicago sativa* L.) dans la région de Ouargla. Revue Agriculture, vol. 13, n°3. (2004), 271-276.

508. Ciheam-Ecc., "Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous produits d'origine méditerranéenne", Option méditerranéennes, série B, n°4, (1990), 137 p.
509. Sheovic 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 ", Revue Fourrages, n°79, (1979), 57-74.
510. JeanGros, 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.
511. Davolio, R., Immovilli, A., Pacchiolo, M.T., Panciroli, C., Ruozzi, F. Foraggi aziendali : è bene coscerne la qualità. Agricoltura, (Marzo 2012), 73-75.
512. Naydenova, Y., et Vasileva, V. "Forage quality of perennial Legume-Subterranean Clover Mixture." Science International, 2015, 3, 113-120.
513. Bouazzama, B., Bouaziz, A., Xanthoulis, D. et Jbilou, M. "Exploration de stratégies d'amélioration de la conduite de l'irrigation de la luzerne (*Medicago sativa* L.), du bersim (*Trifolium Alexandrinum* L.) et du maïs ensilage (*Zea mays* L.) au Tadla." Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2018), 6 (1), 13-29.
514. Fourie, K. L. "Evaluation of salinity and irrigation guidelines for luzerne" Department of soil, crop and climate science. University of the Free State, Bloemfontein, South Africa, (February, 2017), 80p.
515. Chaabena, A., "Situation des cultures fourragères dans le Sud-Est septentrional du Sahara algérien et caractérisation de quelques variétés introduites et populations sahariennes de luzerne cultivée." Thèse Magister, INA Harrach, (2001).
516. Lemaire G., "Cinétique de croissance d'un peuplement de féтуque élevée (*Festuca arundinacea*. Schreb) pendant l'hiver et le printemps. Effet des facteurs climatiques", Thèse, Doctorat en sciences naturelles, Université de Caen, France, (1985), 96p.

517. Lazarev, N.N. and Starodubtseva, A.M. "Productive longevity of different alfalfa varieties in the Centralnon-Chernozem region." *Grassland Science in Europe*, Vol. 20 – Grassland and forages in high output dairy farming systems. (2015), 248-249.
518. Çoruh, I., and Tan, M. "The effect of seeding time and companion crop on yield of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and weed growth." *Turk. j. Field Crops*. (2016), 21 (2), 184-189.
519. Bélanger, G., Tremblay, G.F., Dos Passos Bernardes, A., Papadopoulos, Y., Fillmore S.2, Lajeunesse, J.1 and Duynisveld J.2 "Yield and nutritive value of binary legume-grass mixtures under grazing." *Grassland Science in Europe*, Vol. 20 – Grassland and forages in high output dairy farming systems. (2015), 169-171.
520. Lebas, F., et Goby, J.P. "Valeur nutritive de la luzerne déshydratée à basse température chez le lapin en croissance. Première approche." 11ème Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre (2005), Paris, 201-203.
521. Kizeková, M., Jančová, L., Dugátová, Z., Čunderlík, J., Kanianska, R., Makovníková, J. and Tomaškin, J. "Performance and quality of legume monocultures and grasslegume mixtures during two dry years" *Grassland Science in Europe*, Vol. 20 – Grassland and forages in high output dairy farming systems. (2015), 242-244.
522. Lemaire, G., Durand, J-L., et Lila, M. "Effet de la sécheresse sur la digestibilité in vitro, la teneur en ADF et la teneur en azote de la luzerne (*Medicago sativa* L.)" *Agronomie*, (1989), 9, 841-848.
523. Hireche Y. (2006). Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mémoire de magistère. Université Al Hadj Lakhdar – BATNA. 73p.
524. Remacle, T., Hainaut, P., Decamp, C., Lambert, R. et Sadok, W. "Un mécanisme physiologique expliquant la tolérance des rendements à la sécheresse de fin de printemps chez différentes espèces et cultivars fourragers pérennes en

condition tempérées." Colloque présentant les méthodes et résultats du projet Climagie, (Nov 2015), Poitier France, INRA, 223 p.

525. Thiebeau P., Justes E. & Vanloot P., Filière luzerne en France. Des atouts en faveur de l'environnement. Perspectives Agricoles (266) mars : (2001) ,32-36.

526. Ouchai M. "Etude de quelques aspects physiologique du déficit hydrique chez deux espèces de luzernes annuelles : *Medicago tornata* et *Medicago rotata*". Thèse d'ing. ENSA El- Harrach, (1999). 62p.

527. Vidal A., Arnaud D., Arnoux M., "La résistance à la sécheresse du Soja. I.- Influence du déficit hydrique sur la croissance et la production.", Revue Agronomie, 1, (2001),295-302.

528. Sellam F., " Consommation en eau du poivron *Capsicum annuum* et approche de la quantification de l'extraction hydrique racinaire", Thèse de magistère agro, INA, El Harrach, Alger, (1985) ,170p.

529. Chaabena A., Laouar M., Guediri O., Benmoussa A. & Abdelguerfi A. Quelques populations sahariennes de luzerne pérenne (*Medicago Sativa* L.) Face à un stress hydrique. Revue des Bio ressources. 1 (2), (2001), 36-48.

530. Itier B., Seguin B. "La sécheresse : caractérisation et occurrence, en lien avec le climat et l'hydrologie", Revue Fourrages, n° 190 (2007), 147-162.

531. Klabi, R., Bell, T.H., Hamel, C., Iwaasa, A., Schellenberg, M.P. et St-Arnaud, M. "Contribution of *Medicago Sativa* to the productivity and nutritive value of forage in sem-arid grassland pastures" *Grass Forage Sci.* (2018), 73, 159-173.

532. Frick, R., Mosiman, E., Aebi, P., Suter, D. et Hirshi, U. "Essai de variétés de luzerne (2011-2013)." *Recherche Agronomique Suisse*, (2014), 5 (9), 358-365.

533. Pelletier, P. "Comment assembler les espèces d'une prairie en mélange pour plus de pérennité et un fourrage de qualité ? Expertise régionale pour des prairies multi-espèces à dominante fauche pour la zone d'élevage allaitant du nord du massif central". Colloque présentant les méthodes et résultats du projet Climagie, Poitier France, INRA, (Nov 2015), 223 p.

534. Lorgeou J., Battegay S., Pelletier P., "Adaptation à la sécheresse par les choix techniques de conduites de cultures pour les prairies et le maïs. *Revue Fourrages* 190, (2007), 207-221.
535. Cișmileanu, A.E, Sava, A., Schitea, M. and Voicu, I. "Nutritive value of six Romanian cultivars of Alfalfa as Hay and Semi-silage for Ruminants" *Animal Science & Biotechnologies*. (2017), Vol.50 Issue 1, 6-9.
536. Seker E. "The determination of the energy values of some ruminant feeds by using digestibility trial and gas test". *Revue Méd. Vét.*, 153, 5, (2002), 323-328.
537. Halling, M.A., Topp, C.F.E. & Doyle, C. Aspect of the productivity of forage legumes in Northern Europe. *Grass and Forage Science*, (2004), 59, 331-344.
538. Steinshamn, H., Adler, S.A., Frøseth, R. B., Lunnan, T., Torp, T. & Bakken, A.K. "Yield and herbage quality from organic grass clover leys: a meta analysis of Norwegian field trials. *Organic Agriculture*, (2016), 6, 307-322.
539. Elgersma, A. & Søgaard, K. "Changes in nutritive value and herbage yield during extended growth in grass-legume mixture : effect of species, maturity at harvest, and relationships between productivity and components of feed quality". *Grass Forage Sci.*(2018), 73,78-93.
540. Nikolova, I., Georgieva, N. and Naydenova, Y. "Forage quality and energy feeding value estimation of Alfalfa (*Medicago sativa* L.), treated by biological active compounds." *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, (2016), vol. 19,1, 78-95.
541. Féraud, A. Rouillé, B., Prezelin, M. "Enrubannage et ensilage de luzerne : quel niveau d'introduction pour quel degré d'autonomie alimentaire ?", *Biennales des fermes expérimentales professionnelles laitières*, (2/02/2016), à Rennes, IDELE, CA, ARVALIS.
542. Hug, H. et Lúthy, S. "La production furragère en terrain sec : un défi.", *La vache mère*, (2013), 2, 52-53.

543. Buxton, D. R. "Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, (1996), 59, 37-49.
544. Mc Dowell, R.E. "Importance of crop residues for feeding livestock in small holder farming system". *Anim. Physio.and Anim. Nutr*, 77, (1988). 35-43.
545. Devun, J., Guinot, "Alimentation des bovins : rations moyenne et autonomie alimentaire". *Collection Résultats. Idele*,(2012), 43p.
546. Litrico, I. " Amélioration génétique des mélanges d'espèces" Exposé In « Les mélanges fourrages multi-espèces », Conférence, Riom, (2015).
547. Lemaire, G. "Sécheresse et production fourragère", *Innovation Agronomiques*, 2, (2008), 107-123.
548. Annicchiarico P., Pecetti L., Abdelguerfi A., Bouizgaren A., Carroni A.M., Hayek T., M'HammadiBouzina M., Mezni M. Adaptation of landrace and variety germplasm and selection strategies for lucerne in the Mediterranean basin. *Field Crops Res.*, 2011,120, p. 283-291
549. Rogers, M,E., Lawson, A, R. et Kelly, K,B. "Lucerne yield, water productivity and persistence under variable and restricted irrigation strategies" *Crop and Pasture Science* 67 (5), (2016) , 563-573.<https://doi.org/10.1071>
550. Volaire, F., Ahmed, L.Q., Barre, P., Bourgoin, T., Durand, J-L., Escobarre-Gutiérrez, A., Fakiri, M., Ghesquière, M., Julier, B., Kallida, R., Louarn, G., Morvan-Bertrand, A., Picon-Cochard, C., Prud'homme, M-P., Shaimi, N., Zaka, S., Zhouri, L. et Zwicke, M. "Quelle est la variabilité intra-et interspécifique des caractères d'adaptation des espèces prairiale pérennes aux variables climatiques." *Fourrage*, (2016), 225, 1-9.
551. Abdelkafi, A., Marrakchi, M. "Les ressources phytogénétiques fourragères et pastorales : de l'érosion à la conservation". *Cah. Options Méditerran.*, 45 , (2000),15-27.