

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des sciences agronomiques



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences agronomique

Option : **Production animale**

Thème

**Etude comparative entre deux modes d'alimentation sur la
quantité et qualité du lait**

Dirigé par :

M^{me} Abbad M.

Présenté par :

M^r: BAICHE Fares & M^{elle}: KHELIL Kenza

Devant le jury :

Président : M^r Amrane .R

Examineur : M^r Alili .N

Promotion : 2017 - 2018

Remerciements

A l'issu de ce modeste travail, nous remercions dieu pour nous avoir donné la force et la patience pour mener à terme ce travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice

M^{me} ABBAD M. de nous avoir donné l'honneur de nous encadrer.

Nous tenons à remercier tout le personnel de l'ITELV de nous avoir aider et orienter durant notre travail.

Nous tenons à donner notre gratitude à toute l'unité de DBK et spécialement à Mme AMZAL, chef du laboratoire d'analyses, pour son amabilité et son aide.

Comme nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes chers parents qui m'ont
soutenu tout au long de mes études.*

Mon frère et mes sœurs qui ont toujours été avec moi.

*Une grosse dédicace à tous mes amis avec qui j'ai
passé les meilleurs moments de ma vie, notamment,
Foucef, Brahim, Racine, sans oublier Samir,
Nadia et Nassima*

*Toute notre promotion avec qui j'ai passé une année
magique*

*Une spécial dédicace à ma binôme Zenza pour le
travail partagé et tous les bons moments passé durant cette
année.*

Fares

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes très chers parents : aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jours et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation tout au long de ses années

A mon adorables sœur Sophia que j'aime énormément

A ma très cher sœur Katia et son mari Nassim et surtout à mon futur petit neveu que j'attends avec impatience et que j'aime avant sa venue au monde

A mon très cher fiancé Hakim pour son soutien moral qui m'a permis de réussir mes études. Que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle

A toute ma famille Khelil , Ouabdesselam et Boumati

A toute ma belle famille

A mes très chers copines Djoudjou, Dyhia, Sonia et Amel

A mon très cher binôme Fares que je remercie pour son aide pendant toute cette période ainsi qu'à tous les bons moments qu'on a passé ensemble

A toute notre promotion en Production Animale

Kenza

Sommaire

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction 1

Partie bibliographique

Chapitre I : Cheptel bovin et ressources fourragère en Algérie

1. Effectif du cheptel ruminant en Algérie	3
1.1. Cheptel bovin en Algérie.....	3
1.1.1. Evolution de l'effectif bovin durant la période allant de 2003 à 2014.....	3
1.1.2. Part des vaches laitières (millions de têtes) dans le cheptel bovin algérien.....	4
1.2. Cheptel bovin de la willaya de Tizi-Ouzou.....	6
1.2.1. Evolution du cheptel bovin de la willaya de Tizi-Ouzou de la période allant de 2003 à 2014.....	6
1.2.2. Part du cheptel bovin laitier dans le cheptel total de la willaya	7
1.2.3. Présentation du cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou durant la campagne 2016/2017.....	8
1.2.4. Part des vaches laitières dans le cheptel bovin de la commune de Draa-El-Mizan	9
2. Les ressources fourragères	10
2.1. Les différents types de fourrage	10
2.1.1. Les fourrages naturels	11
2.1.2. Les fourrages cultivés ou artificiels	11
2.2. Les aliments concentrés	11
2.3. La production fourragère dans la wilaya de Tizi-Ouzou.....	12
3. La valeur alimentaire d'un fourrage.....	14
4. Mesure de l'ingestibilité.....	15
5. Les facteurs de variation de la valeur nutritive des fourrages.....	15
5.1. L'âge du fourrage, premier facteur de variation de la valeur alimentaire.....	15
5.2. Les facteurs de variation de la valeur énergétique d'un fourrage	16
5.3. Les facteurs de variation de la valeur azotée d'un fourrage.....	16
5.4. Les facteurs de variation de l'encombrement d'un fourrage.....	17

5.5. La fertilisation azotée, second facteur de variation de la valeur alimentaire des fourrages	17
5.6. Influence des facteurs climatiques	17
5.6.1. La lumière	18
5.6.2. La pluviométrie	18
5.6.3. La température.....	18
6. Les associations graminées-légumineuses lors du pâturage.....	19

Chapitre 2 : L'alimentation des vaches laitière

1. Besoins nutritifs d'une vache laitière	19
1.1. Besoins d'entretien et besoins de production	19
1.1.1. Besoins et dépenses énergétiques.....	19
1.1.2. Besoins et dépenses azotés	22
1.1.3. Besoins et dépenses en minéraux (Ca, P).....	23
2. Alimentation des vaches laitières pendant la lactation.....	23
2.1. Début de lactation.....	23
3. L'abreuvement des vaches laitières.....	25

Chapitre III : La production laitière et le lait

1. Evolution de la production laitière de la wilaya de Tizi-Ouzou entre les années 2003 et 2017	26
2. La lactation	27
3. La courbe de lactation	27
4. Relation entre l'alimentation, la qualité et la quantité du lait.	28
5. Nombre de traite et quantité du lait	28
6. Le lait	29
6.1. Définition.....	29
6.2. Composition du lait.....	30
6.2.1. L'eau.....	32
6.2.2. Matière grasse	32
6.2.3. Protéines.....	34
6.2.3.1. Caséines.....	34
6.2.3.2. Protéines du lactosérum	35
6.2.4. Lactose	38
6.2.5. Minéraux	38
6.2.6. Vitamines	38

6.2.7. Enzymes	39
6.3. Propriétés physico-chimiques du lait	40
6.3.1. Densité et masse volumique	40
6.3.2. pH	41
6.3.3. Point d'ébullition.....	41
6.3.4. Acidité du lait	41
6.3.5. Point de congélation	41
6.4. Valeur nutritionnelle du lait	42
6.5. Facteurs influençant la composition du lait	43
6.5.1. Facteurs génétiques	43
6.5.2. Stade de lactation	43
6.5.3. Effet de l'âge au premier vêlage	43
6.5.4. Facteurs alimentaires.....	44
6.5.5. Facteurs climatiques et saisonniers	45
6.6. Effet d'un apport de concentré	45

Matériel et méthodes

1. Matériel et méthodes	46
1.1. Objectif du travail.....	46
1.2. Localisation géographique de la zone d'étude	46
1.3. Choix de la zone d'étude	46
1.4. Matériel	47
1.4.1. Présentation des fermes	47
1.4.2. Composition du cheptel des deux fermes (Mars 2018).....	48
1.5. Méthodes	48
1.5.1. Prélèvement des échantillons de fourrages	49
1.5.2. L'alimentation	50
1.6. Le poids vif des vaches laitières.....	51
1.7. La production laitière	51
1.8. L'hygiène et prophylaxie	51
1.9. Les analyses fourragères	51
1.9.1. La matière sèche (MS)	52
1.9.2. Les matières minérales ou cendres (MM)	52
1.9.3. La cellulose brute (CB)	53
1.9.4. Dosage des matières azotées totales (MAT)	53

1.10. Mesures de l'ingestibilité et de la digestibilité de la matière organique	53
1.11. Analyses du lait	54
1.12. Calcul de la valeur énergétique et azoté des aliments	57

Partie expérimentale

1. Composition chimique, ingestibilité et digestibilité de la matière organique des aliments ingérés	58
1.1. Composition chimique	59
1.1.1. Teneur en matière sèche (MS).....	59
1.1.2. Teneur en matières minérales (MM) ou cendres.....	59
1.1.3. Teneur en cellulose brute (CB)	60
1.1.4. Teneur en matières azotées totales (MAT).....	60
1.2. Digestibilité de la matière organique (d.MO)	61
1.3. Ingestibilité.....	62
2. Valeur énergétique et azotée de l'aliment consommé.....	62
2.1. La valeur énergétique	63
2.2. La valeur azotée	64
3. La production laitière	64
3.1 Résultats d'analyses physico-chimiques du lait	64
3.1.1 La densité	65
3.1.2. L'acidité du lait	66
3.1.3. La matière grasse.....	67
3.2. La production laitière des deux fermes	68
3.2.1. La production journalière et Mensuelle	68
3.2.2. Comparaison entre les deux courbes de lactations.....	69
4. Discussion générale.....	74
Conclusion	76

Références bibliographiques.

Annexes.

Résumé

Notre travail est porté sur la quantité et qualité laitière produites dans deux fermes de la région de Draa-El-Mizan ainsi que sur la qualité de l'aliment distribué dans chacune d'entre elles.

Le but est de déterminer l'influence de la qualité alimentaire sur le rendement qualité quantité de lait produite, et de voir l'effet du mode d'alimentation de cette même production.

Cette étude nous a permis de montrer que les vaches qui pâturent dans des prairies naturelles qui reçoivent comme complémentation du trèfle cultivé, donnent un lait avec une meilleure acidité et densité que celles qui sont nourries à l'auge avec du trèfle et de l'avoine cultivées et qui reçoivent en plus du concentré. Les vaches qui ont reçu uniquement du fourrage ont consommées une quantité de MS plus élevée que celle qui ont reçu en plus du concentré soit en moyenne 139,46 et 132,82 g/kg p^{0,75} respectivement. Cependant, la quantité de lait produit était plus élevée chez les vaches qui ont une ingestibilité faible, ceci est dû au concentré qui a permis cette augmentation.

Mots clés : Composition chimique. Valeur alimentaire, Fourrage, Production laitière.

Summary

Our work is focused on the quantity and quality of milk produced in two farms in the region of Draa-El-Mizan as well as on the quality of the food distributed in each of them. The purpose is to determine the influence of food quality on the performance quality quantity of milk produced, and see the effect of the mode of supply of this same production.

This study has allowed us to show that the cows that graze in natural prairies who receive as complementation of clover grown, give a milk with a better acidity and density than those that are fed to the trough with clover and oats grown and who receive in addition to the concentrate. The cows that have received only of the forage have consumed a quantity of MS higher than that which have received in addition to the concentrate either on average 139,46 and 132,82 g/kg P 0.75 respectively. However, the quantity of milk product was higher among cows which have a ingestibility low, this is concentrated which has allows this increase.

Key words: chemical composition, Food value, forage, Dairy production.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution de l'effectif bovin (millions de têtes) en Algérie durant la période allant de 2003 à 2014 (MADR, 2014).....	4
Tableau 2 : Part des vaches laitières dans le cheptel bovin total (millions de têtes) (MADR, 2014).....	5
Tableau 3 : Evolution cheptel bovin dans la wilaya de Tizi Ouzou durant la période allant de 2003 à 2014.	7
Tableau 4 : Part des vaches laitières dans le cheptel bovin total dans la wilaya de Tizi Ouzou.	8
Tableau 5 : Calcul des besoins journaliers en énergie, protéines et minéraux pour l'entretien, la production de lait et la gestation d'une vache laitière (INRA, 2007).	22
Tableau 6 : Variation de la quantité d'eau en fonction du taux de MS, la ration de base et de la température extérieur.....	26
Tableau 7 : Rendement laitier et composition du lait chez des vaches primipares et multipares, selon que la traite a lieu 2 fois ou 3 fois/jour	30
Tableau 8 : Composition moyenne du lait entier (FREDOT, 2006).....	32
Tableau 9 : Composition moyenne en % du lait de vache, femme, brebis et chèvre (JENSEN, 1995).....	33
Tableau 10 : Classification des protéines (BRUNNER, 1981).....	35
Tableau 11 : Composition minérale du lait de vache (JEANTET et al., 2007).....	38
Tableau 12 : La composition vitaminique moyenne du lait cru (AMIOT et al., 2002).	39
Tableau 13 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA, 2002).	40
Tableau 14 : Caractéristiques physicochimiques du lait (FAO, 1998).....	42
Tableau 15 : Effectif bovin des deux fermes.	48
Tableau 16 : Les fourrages et aliments utilisés au niveau des deux fermes durant la campagne 2017/2018.....	51
Tableau 17 : : La composition chimique et digestibilité des aliments consommés par les vaches des deux fermes.	58
Tableau 18 : Valeur nutritive des aliments prélevés dans les deux fermes.	62
Tableau 19 : Caractéristiques physico-chimiques moyennes des laits de mélange collecté dans les 2 fermes étudiées.	65
Tableau 20 : Total de la production laitière dans les deux élevages.....	69

Liste des figures

Figure 1 : Part des vaches laitières (millions de têtes) dans le cheptel bovin algérien.	6
Figure 2 : Cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou durant la campagne 2016/2017 (DSA de TO, 2018).....	9
Figure 3 : Evolution de la part des vaches laitières dans le cheptel bovin de la commune de DEM (DSA de TO, 2018).....	10
Figure 4 : La production de fourrages verts ou ensilée dans la Wilaya de Tizi-Ouzou (DSA de TO, 2018).....	13
Figure 5 : La production de fourrages naturels dans la Wilaya de Tizi-Ouzou. (DSA de TO, 2018).....	14
Figure 6 : Evolution de la production laitière dans la wilaya de Tizi Ouzou (DSA de TO 2018).	26
Figure 7 : Evolution sur un an des besoins d'une vaches laitière à bonne production (4000 kg de lait par an).....	27
Figure 8 : Composition de la matière grasse du lait (BYLUND, 1995).	33
Figure 9 : Structure d'une sub-micelle caséique (BYLUND, 1995).....	35
Figure 10 : Localisation de la région de Draâ-El-Mizan (Google Maps, 2018).	46
Figure 11 : Détermination de la densité par le thermo-lactodensimètre.	54
Figure 12 : Détermination de l'acidité	55
Figure 13 : Détermination de la MG	56
Figure 14 : Variation de la densité du lait en fonction des éleveurs	66
Figure 15 : Variation de l'acidité du lait en fonction de l'élevage.....	67
Figure 16 : La variation du taux de matière grasse (MG) du lait en fonction de l'élevage. ...	68
Figure 17 : Moyenne de la production laitière des deux fermes	68
Figure 18 : Courbe de lactation de ferme 1	70
Figure 19 : Courbe de lactation de ferme 2.....	71

Liste des abréviations

% : pourcent.

µg : microgramme

AA : Acide Aminé

AG : Acide gras

ANP : Apport non protéique

B.L.A : Bovin laitier amélioré

B.L.L : Bovin laitier local

B.L.M : Bovin laitier moderne

BE : Besoins d'entretiens

BesPDI_c : Besoin protéique de croissance

BesPDI_{ent} : Besoin protéique d'entretien

BesPDI_{PL} : Besoins protéiques liés à la production de lait

BP : Besoins de production

C° : Degré Celsius

Ca : Calcium

CB : Cellulose brute

CO₂ : Désoxyde de carbone

D° : Degré Dornic.

DEM : Draa El Mizan

DMO : Digestibilité de la matière organique

DSA : Direction des services agricoles

G : Gramme

H : heure

Ha : Hectare

IgA : immunoglobuline A

IgG : immunoglobuline G

IgM : immunoglobuline M

INRA : Institut nationale de recherches agronomiques

J : jour

Kg : Kilogramme

L : Litre

MADR : Ministère de l'agriculture et du développement rurale.

MAT : Matière azotée totale

MG : Matière grasse

mg : Milligramme

ml : millilitre

MM : Matière minérale

MS : Matière sèche

NDF : Neutral detergent fiber

O₂ : Oxygène

P : Phosphore

PDI : protéines digestibles dans l'intestin

PDIE : Protéines digestibles dans l'intestin lorsque le facteur limitant est l'énergie

PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin lorsque le facteur limitant est l'azote.

pH : Potentiel Hydrogène.

PL : Production laitière

PV : Poids vif

QMSI : Quantité de matière sèche ingérée

Qtt : Quantité

Qx : Quintaux

SAU : La surface agricole utile

T.O : Tizi Ouzou

T° : Température

TB : Taux butyreux

TP : Taux protéique

UFL : Unité fourragère lait (la quantité d'énergie ingérée).

α : Alpha

β : Beta

Introduction

Introduction générale

Depuis longtemps, le lait est un aliment de grande valeur nutritionnelle. L'homme s'est mis à faire des élevages d'animaux de bétail pour produire du lait et de la viande et cela pour subvenir à ses besoins. Dans ce contexte, la production de lait a vu une évolution fulgurante dans le monde notamment lors de ce dernier siècle.

En Algérie, la production laitière n'arrive pas à couvrir les demandes des consommateurs qui ne cessent d'augmenter. Cette production laitière, qui est principalement obtenue grâce à des vaches laitières, peine à se démarquer du fait que la plupart des élevages en Algérie sont dirigés de façon traditionnelle et avec un faible effectif.

La production fourragère, qui représente la base de l'alimentation des bovins, joue aussi un rôle dans le fait que la production laitière reste faible car le nombre de parcelles dites fourragères sont minimales et une grande partie des terres agricoles sont redirigées vers le secteur urbain.

La couverture des besoins des animaux nécessite une bonne connaissance de la valeur alimentaire des fourrages ; principale source d'alimentation des animaux. Or, concernant les fourrages naturels, peu de travaux suivis ont été menés jusqu'à présent en Algérie, ce qui nous oblige à recourir de façon systématique à des tables étrangères (**INRA, 1978, 1981 et 1988 et tables Leroy, 1952**) pour le rationnement de nos animaux.

Certaines conditions liées au climat et au sol peuvent justement influencer la composition de la flore, le rendement des prairies ainsi que leur valeur alimentaire. De ce fait, il est nécessaire de réunir les informations disponibles à l'élaboration d'une table de valeur alimentaire propre aux fourrages algériens.

Dans le but de valoriser les ressources fourragères en Algérie ainsi que de bien connaître les modes d'alimentations utilisés dans certaines fermes algériennes notamment dans la Wilaya de Tizi-Ouzou, nous nous sommes proposés de déterminer la composition morphologique et chimique, la digestibilité, les valeurs énergétiques et azotées, l'ingestibilité des aliments utilisés pour l'alimentation des bovins.

Dans le cadre de notre travail, nous avons pris l'exemple de deux fermes qui se trouvent au niveau de la région de Draa-El-Mizan situé à 42 Km de la wilaya de Tizi Ouzou.

Notre travail a consisté d'abord à déterminer la valeur alimentaire des aliments distribués aux vaches de chaque élevage, puis de faire des analyses physico-chimiques aux échantillons de lait produit par les vaches laitières. Enfin, faire le point sur la quantité de lait produit dans chacune des fermes et ce dans le but d'étudier l'effet de la qualité des aliments consommés par les animaux sur la quantité et la qualité du lait produit.

Pour réaliser notre recherche, nous avons réparti notre travail en trois parties ;

- Une théorique, où nous avons essayé de rapporter les données permettant la reconnaissance de la composition chimique et la valeur alimentaire des aliments utilisés ainsi que des données relatives à la production laitière et à la qualité du lait. Les facteurs influençant les variables précédentes ont été aussi traités dans cette partie.
- Dans une seconde partie, nous avons décrit la méthodologie utilisée dans le cadre de notre étude afin de déterminer la production laitière, la composition chimique du concentré et la valeur alimentaire des fourrages consommés dans ces deux élevages de Draa-El-Mizan et de la wilaya.
- Enfin nous présentons les différents résultats obtenus suivi de leurs discussions.

Partie bibliographique

Chapitre I :

**Cheptel bovin et ressources
fourragères en Algérie**

La filière élevage observe un rythme singulier de croissance depuis quelques années. En 2014, le cheptel national, tous types de ruminants confondus, dépasse le cap des 34 millions de têtes dont la plus grande ressource animale du pays est représentée par l'ovin (**M.A.D.R, 2016**).

1. Effectif du cheptel ruminant en Algérie

Par type de cheptel, il est fait état de plus de 27,80 millions de têtes d'ovins, plus de 2 millions de têtes bovines, plus de 5 millions de têtes de caprins ainsi que plus de 354 465 têtes camelines (**M.A.D.R, 2014**). L'élevage ovin représente ainsi près de 80% de l'effectif total du cheptel national dont plus de 90% de cet effectif vivent dans les parcours steppiques où surexploitent ces pâturages. L'élevage bovin occupe une place importante dans le système de production animale nationale avec 6,5% de l'effectif global (**M.A.D.R, 2007**).

1.1. Cheptel bovin en Algérie

1.1.1. Evolution de l'effectif bovin durant la période allant de 2003 à 2014

L'analyse du tableau 1 montre que l'effectif bovin en Algérie est en croissance continue avec une simple diminution pendant la campagne 2005/2006. L'effectif est passé de 1,560 545 millions de têtes en 2003 à 2,049 652 millions de têtes en 2014, soit une augmentation de 23,86% (489 107 têtes) (**M.A.D.R, 2014**).

Nous constatons que la filière bovine en Algérie commence à trouver son essor vue l'effectif enregistré entre les années 2010 et 2014 qui est de 301 952 têtes soit une amélioration de 14,73%. La progression continue, l'effectif bovin est passé de 1,790140 millions de têtes en 2012 à 2,049652 millions de têtes en 2014 soit une progression de 10,03% (tableau 1).

Tableau 1 : Evolution de l'effectif bovin (millions de têtes) en Algérie durant la période allant de 2003 à 2014 (M.A.D.R, 2014).

Année	Espèce Bovine								
	Vaches Laitières			Génisses + 12 mois	Taureaux	Taurillons 12 à 18 mois	Veaux - 12 mois	Veles - 12 mois	Total
	B.L.M	BLA+BLL	Total						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9 = 3 à 8
2003	192 364	640 860	833 224	179 684	55 022	122 114	172 385	198 116	1 560 545
2004	199 165	645 335	844 500	194 780	58 790	131 760	180 630	203 240	1 613 700
2005	204 240	624 590	828 830	189 120	58 710	128 460	182 510	198 440	1 586 070
2006	207 740	639 900	847 640	193 960	55 730	128 310	182 770	199 480	1 607 890
2007	216 340	643 630	859 970	198 780	55 040	135 440	183 590	200 990	1 633 810
2008	214 485	639 038	853 523	201 033	59 322	137 298	187 759	201 795	1 640 730
2009	229 929	652 353	882 282	205 409	61 426	141 898	187 245	204 173	1 682 433
2010	239 776	675 624	915 400	212 323	62 263	141 817	202 097	213 800	1 747 700
2011	249 990	690 700	940 690	218 382	65 392	152 417	202 113	211 146	1 790 140
2012	267 139	698 958	966 097	220 627	63 476	150 852	216 220	226 658	1 843 930
2013	293 856	714 719	1 008 575	226 907	67 325	152 551	221 667	232 430	1 909 455
2014	328 901	743 611	1 072 512	246 758	77 453	172 861	234 951	245 117	2 049 652

B.L.M = Bovin laitier moderne ; B.L.A = Bovin laitier amélioré ; B.L.L = Bovin laitier local

1.1.2. Part des vaches laitières (millions de têtes) dans le cheptel bovin algérien

Le tableau 2 résume la part des vaches laitières dans le cheptel bovin total. Les résultats montrent que depuis 2003 jusqu'à 2014, plus de la moitié du cheptel bovin de l'Algérie est représenté par des vaches laitières avec une moyenne qui dépasse les 51%.

Tableau 2 : Part des vaches laitières dans le cheptel bovin total (millions de têtes) (M.A.D.R, 2014).

Années	Bovins totaux	Vaches laitières	Autres bovins	% de vaches laitières
2003	1560545	832 224	727 321	53,4
2004	1 613 700	844 500	741570	54,04
2005	1 586 070	828 830	757240	52,25
2006	1 607 890	847 640	760250	52,72
2007	1 633 810	859 970	773840	47,36
2008	1 640 730	853 523	787207	47,98
2009	1 682 433	882 282	800151	52,44
2010	1 747 700	915 400	832300	52,38
2011	1 790 140	940 690	849450	47,45
2012	1 843 930	966 097	877833	52,4
2013	1 909 455	1 008 575	900880	52,82
2014	2 049 652	1 072 512	977140	52,32

La figure 1, présente la part des vaches laitières dans le cheptel total algérien pendant la période allant de l'année 2003 à l'année 2014.

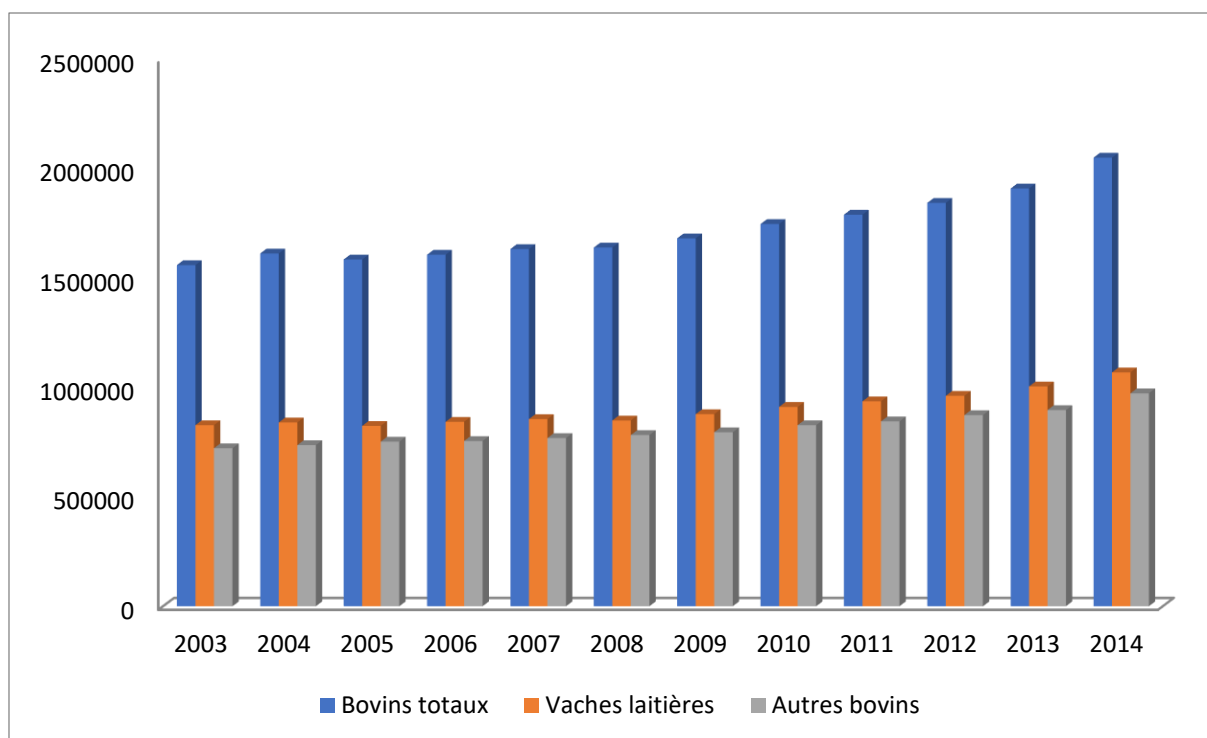


Figure 1 : Part des vaches laitières (millions de têtes) dans le cheptel bovin algérien durant la période 2003–2014.

1.2. Cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou

1.2.1. Evolution du cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou de la période allant de 2003 à 2014

Le cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou a connu une augmentation considérable entre les années 2003 et 2014. L'effectif était de 68 000 têtes en 2003 pour atteindre 127 224 têtes en 2014 soit une augmentation de 46,55% (tableau 3).

De l'année 2003 à 2005, l'évolution était légèrement constante (68 000 et 72 720 têtes respectivement); et à partir de l'année 2007 jusqu'à 2014 le cheptel a connu une grande augmentation (de 37%) ou l'effectif est passé de 80 136 à 127 224 têtes respectivement (tableau 3).

Tableau 3 : Evolution cheptel bovin dans la wilaya de Tizi-Ouzou durant la période allant de 2003 à 2014 (D.S.A de T.O 2018).

Année	Espèce bovine								Total
	Vaches Laitières			Génisses + 12 mois	Taureaux	Taurillons 12 à 18 mois	Veaux – 12 mois	Veles – 12 mois	
	B.L.M	BLA+BLL	Total						
1	2	3	4	5	6	7	8	9 = 3 à 8	
2003	9400	28000	37400	8366	2735	5091	7155	7253	68000
2004	9600	28400	38000	7271	2137	7135	6268	7689	68500
2005	9774	28776	38550	7480	2450	7300	6314	7900	69994
2006	9633	29026	38659	9058	3270	6848	7112	7773	72720
2007	12079	24944	37023	11147	4306	11863	7228	8669	80236
2008	12474	25455	37929	12023	4695	12199	9814	9736	86396
2009	13192	26232	39424	12685	4488	12908	10874	10529	90908
2010	13981	26496	40477	19939	4187	14095	12887	13019	104604
2011	14965	27362	42327	14831	3813	14223	14973	14367	104534
2012	16155	28705	44860	15602	4359	14614	16412	16079	111926
2013	17936	29800	47736	16674	4612	15711	16492	17114	118339
2014	24025	30078	54103	18253	6912	13297	16796	17863	127224

1.2.2. Part du cheptel bovin laitier dans le cheptel total de la wilaya

Le tableau 4 montre la part des vaches laitières dans le cheptel bovin total de la wilaya de Tizi-Ouzou. D'après les résultats, depuis 2003 jusqu'à 2014, le cheptel bovin laitier n'arrive pas à couvrir la moitié du cheptel total de la wilaya et ne représente que 46,18% du cheptel total. Au fil des années ce taux a baissé, ce dernier était de 55% en 2003 pour baisser jusqu'à 42,55% en 2014.

Tableau 4 : Part des vaches laitières dans le cheptel bovin total dans la wilaya de Tizi-Ouzou (M.A.D.R, 2014).

Années	Bovins totaux	Vaches laitières	Autres bovins	% des vaches laitières
2003	68000	37400	30600	55,00
2004	68500	38000	30500	55,47
2005	69994	38550	31444	55,08
2006	72720	38659	34061	53,16
2007	80236	37023	43213	46,14
2008	86396	37929	48467	43,90
2009	90908	39424	51484	43,37
2010	104604	40477	64127	38,69
2011	104534	42327	62207	40,49
2012	111926	44860	67066	40,08
2013	118339	47736	70603	40,34
2014	127224	54103	73171	42,53

1.2.3. Présentation du cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou durant la campagne 2016/2017

Le cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou lors de la campagne 2016/2017 était composé essentiellement de vaches laitières avec prôt de 40 719 têtes (valeur qui reste inférieur à celle enregistrée pendant l'année 2014), 14 747 taurillons, 11 767 génisses et de 10 958 et 10 102 têtes respectivement pour les vêles et veaux, quant au nombre de reproducteurs, il restait assez faible comparé aux autres avec 7 053 têtes (**D.S.A de T.O, 2018**).

La figure 2, nous offre une image du cheptel au niveau de la wilaya lors de la campagne 2016/2017.

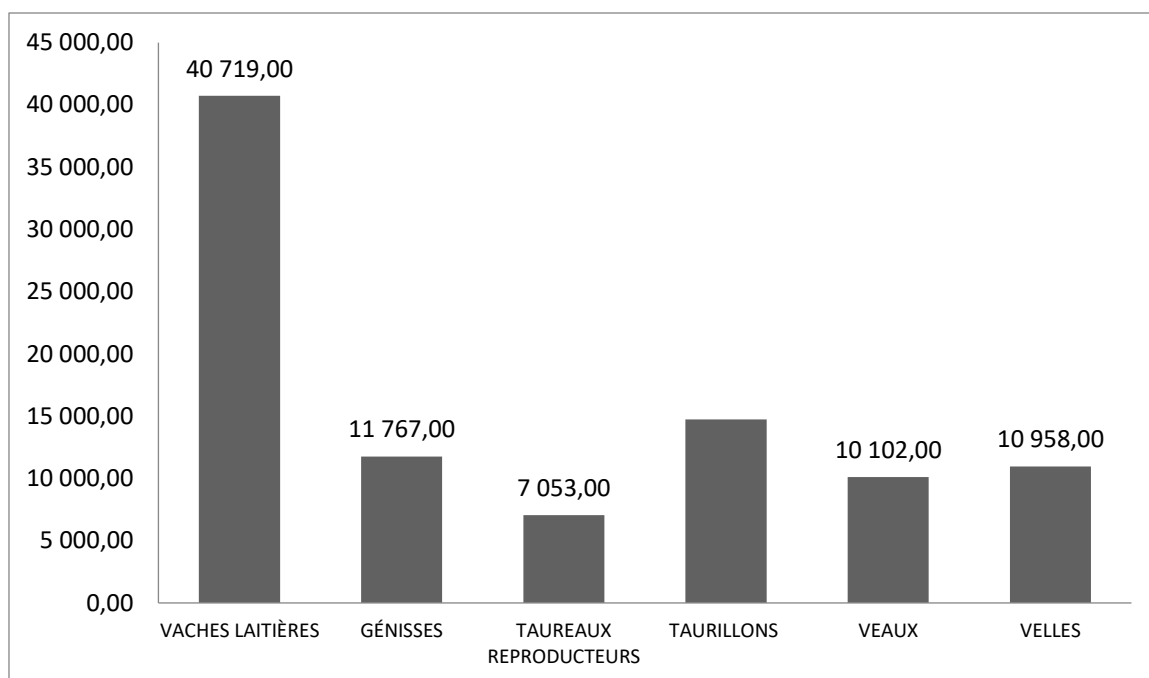


Figure 2 : Cheptel bovin de la wilaya de Tizi-Ouzou durant la campagne 2016/2017 (D.S.A de T.O, 2018).

1.2.4. Part des vaches laitières dans le cheptel bovin de la commune de Draa-El-Mizan

La part des vaches laitière, par rapport au cheptel bovin total de la commune de Draa-El-Mizan (D.E.M), a connu de légères variations. Comme le montre clairement la figure 3, au début des années 2003-2004, la part des vaches laitière avoisinait les 50% du cheptel puis elle s'est mise à chuter jusqu'à 40% en 2008 pour remonter jusqu'à 49,08% en 2009 suivis d'une rechute en 2010 (42,12%) (D.S.A de T.O, 2018). Depuis, nous constatons une évolution aux files des années qui atteint en 2014 les 46,53% (figure 3).

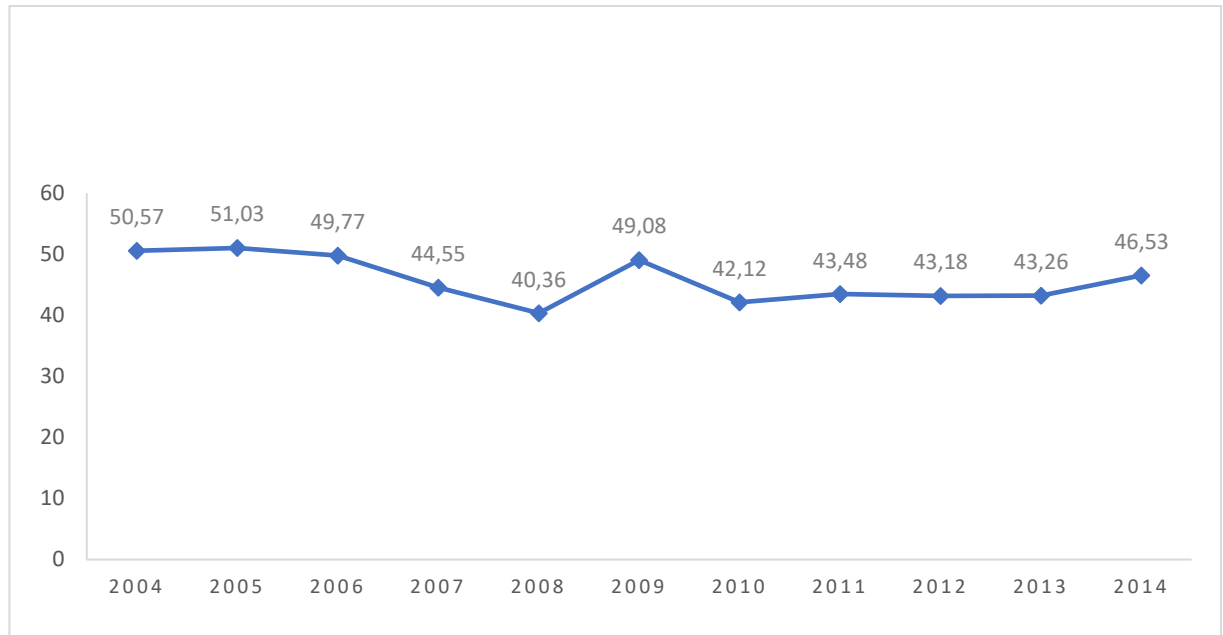


Figure 3 : Evolution de la part des vaches laitières dans le cheptel bovin de la commune de D.E.M (D.S.A de T.O, 2018).

2. Les ressources fourragères

Les fourrages qui sont des parties végétatives aériennes des plantes comme les tiges, feuilles et fruits consommés par les animaux, constituent la base de la ration alimentaire des ruminants (GUERIN et *al.*, 2002). Ces plantes fourragères provenant des prairies permanentes et temporaires, des cultures fourragères annuelles et des cultures céréalières (plantes entières) sont, soit directement exploitées par les animaux au pâturage ou récoltées et conservées pour une exploitation à l'auge.

En Algérie, le potentiel fourrager existant est structuré autour de quatre ensembles, d'inégale importance, constitués par les prairies naturelles (0,1%), les fourrages cultivés (10,3%), les terres en jachères (7,1%) et des pacages et parcours (76,9%) (M.A.D.R, 2014).

2.1. Les différents types de fourrage

Les fourrages peuvent être cultivés ou spontanés, ils sont représentés à travers le monde par trois grandes familles qui sont : les légumineuses, les graminées et les crucifères auxquelles s'ajoutent les pâturages arbustifs (RIVIERE, 1979).

2.1.1. Les fourrages naturels

Représentées surtout par des plantes herbacées, ces dernières se révèlent particulièrement intéressantes en tant que sources de fourrage. Il s'agit notamment des graminées (famille des Poaceae) qui constituent l'essentiel des espèces des pâturages (**BAYER et WATERS-BAYER, 1999**) et des légumineuses (famille des Fabaceae). Les Légumineuses sont des plantes herbacées qui interviennent à deux niveaux : d'une part, pour augmenter le niveau protéique de la ration de base, en particulier dans le cas des prairies naturelles et d'autre part, pour augmenter le disponible fourrager durant la saison sèche en prolongeant la présence du couvert végétal lorsque le déficit hydrique superficiel devient facteur limitant de la croissance des graminées (**XANDE et al., 1989**).

Les légumineuses sont ingérées en quantités plus élevées que les graminées à un âge ou stade de développement comparable (**DEMARQUILLY et al., 1981 ; JOURNET, 1993**).

2.1.2. Les fourrages cultivés ou artificiels

Ce sont des fourrages qui sont soit cultivés en secs soit en irrigués, ces derniers sont aussi consommés en vert ou ensilés.

2.2. Les aliments concentrés

Deux grandes catégories d'aliments concentrés sont distinguées selon **JEAN BLAIN (2002)** :

- **Les aliments concentrés simples** c'est-à-dire ceux composés d'une seule matière première. Les plus utilisés sont des graines de céréales, des graines d'oléagineuses ou de protéagineuse, des fruits, des racines ayant conservés une teneur élevée en énergie. Les aliments d'origines animales font également partie des aliments concentrés simples.
- **Les aliments concentrés composés** : leurs fabrications est un mélange de matière premières. Ils peuvent parfois contenir une certaine proportion de fourrage broyé. Ils sont présents sous formes diverses : poudre, granulé ou miettes.

2.3. La production fourragère dans la wilaya de Tizi-Ouzou

La surface agricole utile (SAU) de la wilaya estimée à 98 842 hectares demeure très réduite : elle ne représente que 33% de la superficie totale de la wilaya et que 38% de l'ensemble des terres affectées à l'agriculture soit 258 253 ha (**Anonyme 3, 2018**).

Cette SAU se caractérise par un morcellement extrême des exploitations au nombre de 66 650 unités (Au dernier recensement général agricole de 2001) et par le statut juridique privé (96%) des propriétés qui entravent toute intensification et modernisation de l'agriculture dans la région.

La répartition de la SAU par commune fait ressortir que sa grande partie est située en zone montagneuse sur des terres présentant généralement une pente supérieure à 12%. En plus de son exigüité, la SAU actuelle est faiblement irrigué.

On ne relève que 8 579 hectares d'irrigués sur un potentiel irrigable de 12 000 ha. Les terres irrigables se situent principalement dans la vallée du Sebaou (7 050ha), le couloir de Draa-El-Mizan (3 211 ha) et la plaine d'Azeffoun (1000 ha).

Les pacages et parcours occupent 25 370 ha soit 8,6% de la surface agricole totale. Les terres improductives englobent 55 413 ha dont seulement 39,5% (21 859 ha) sont affectées à l'agriculture. Le reste des terres est constitué dans une grande proportion de forêts et maquis qui s'étalent sur 112 180 ha soit un tiers (38%) du territoire de la wilaya (**Anonyme 3, 2018**).

La production fourragère de la willaya de Tizi-Ouzou durant la campagne 2016/2017 est représentée par la figure 4 (**D.S.A de T.O, 2018**).

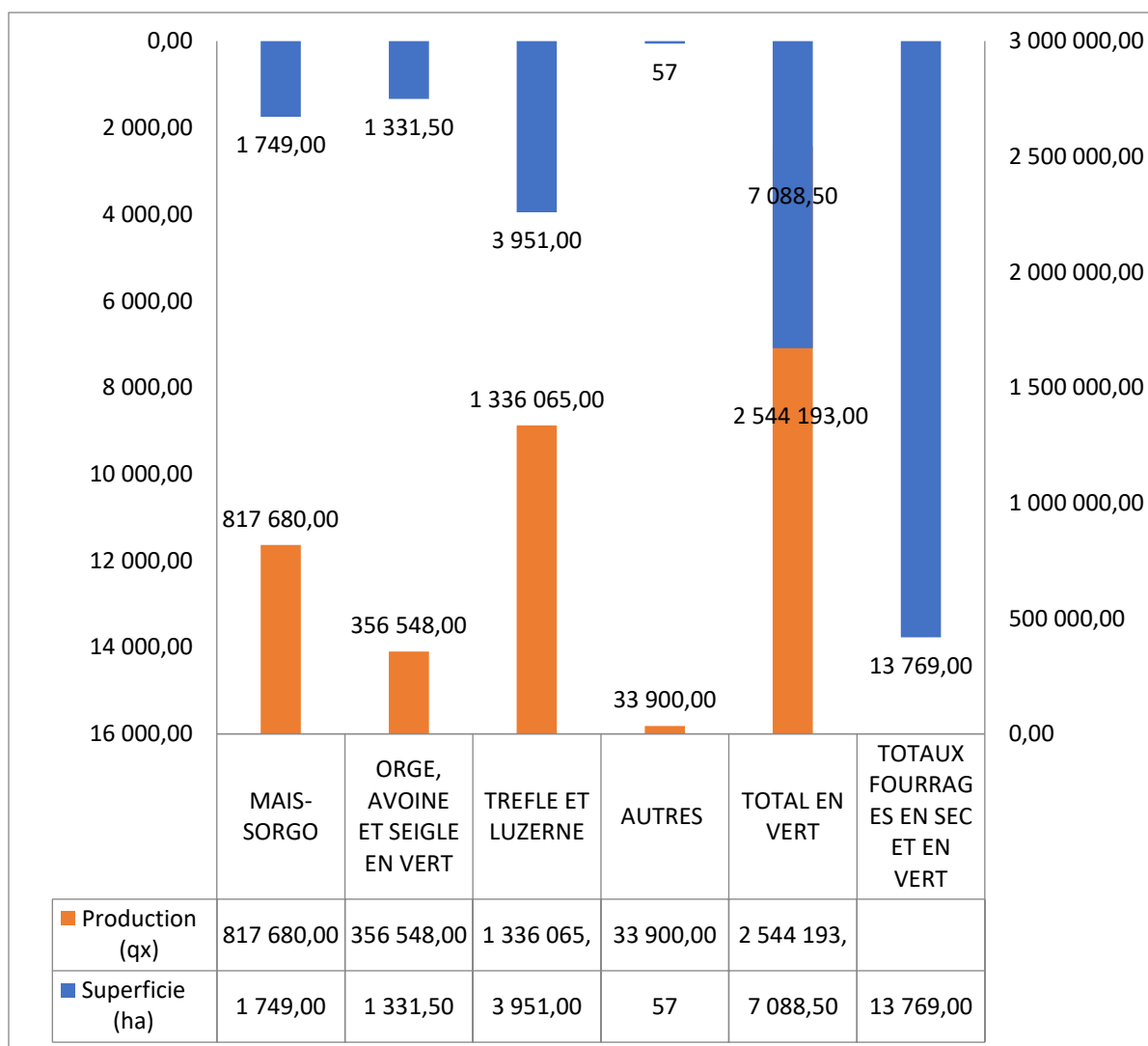


Figure 4 : La production de fourrages verts ou ensilée dans la Wilaya de Tizi-Ouzou (D.S.A de T.O, 2018).

La wilaya de Tizi-Ouzou utilise 16 183,02 ha de surfaces pour la production de fourrages naturelle, ses surfaces sont utilisées soit comme prairies naturelles ou bien comme jachères fauchées. La majorité de ses terres sont laissées comme jachères fauchées (17 929ha) et 1 257ha comme prairies naturelles. Cela se voit dans la production de chaque catégorie, la production en jachères domine largement avec (290 313 qx) ce qui représente 93,66% de la production total, alors que la production en prairies naturelles ne représente que 06,34% de la production avec un total de (32 336 qx) (figure 5). (D.S.A de T.O, 2018).

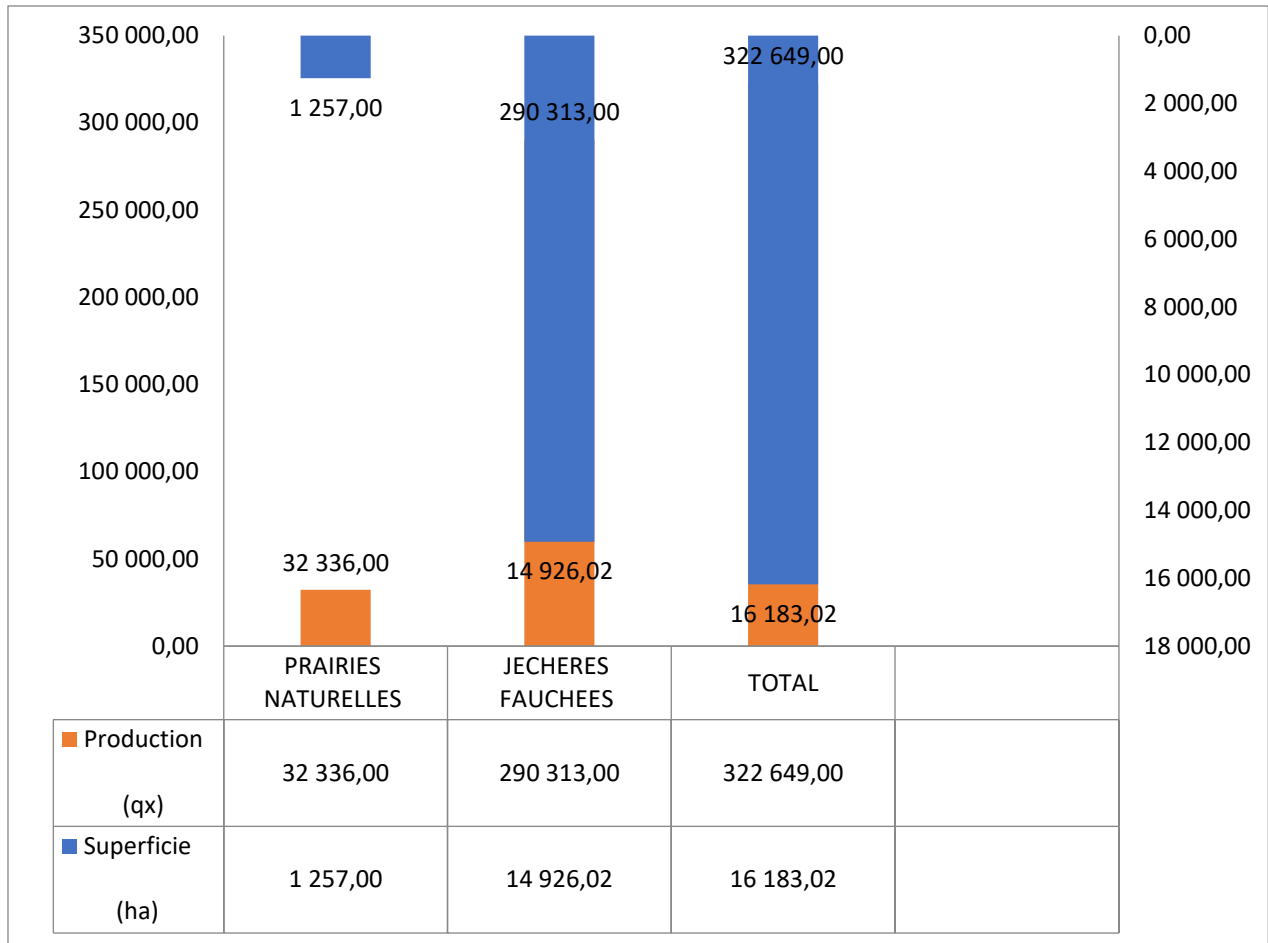


Figure 5 : La production de fourrages naturels dans la Wilaya de Tizi-Ouzou. (D.S.A de T.O, 2018).

3. Valeur alimentaire d'un fourrage

D'un point de vue nutritionnel, un fourrage est caractérisé par sa valeur nutritive (valeur énergétique, valeur azotée, teneurs en minéraux, en vitamines,...) et par son ingestibilité qui est la quantité volontairement ingérée par le ruminant recevant ce fourrage à volonté comme seul aliment. Ces deux paramètres dépendent en premier lieu de la composition morphologique et de la composition chimique de la plante, elles-mêmes étroitement liées (DEMARQUILLY et *al.*, 1988).

Or la valeur nutritive de l'herbe et sa consommation varient beaucoup selon le stade végétatif de l'herbe, et selon des proportions bien moindres selon la famille, l'espèce, et les conditions de sol et d'exploitation (SOLTNER, 2001).

La valeur alimentaire d'une prairie diversifiée dépend en premier lieu de la composition du mélange d'espèces et de la valeur de ces espèces. Pour les associations, la part de légumineuses est souvent déterminante pour l'ingestibilité et la valeur azotée du fourrage.

4. Mesure de l'ingestibilité

La mesure directe sur l'animal de la quantité de matière sèche ingérée (QMSI) est longue, coûteuse et nécessite une grande quantité de fourrage ce qui limite sa détermination (**KARSLI et RUSSEL, 2002**). Sa prédiction par des méthodes indirectes plus faciles et moins coûteuses à mettre en œuvre, est l'outil développé depuis quelques décennies par les chercheurs. Généralement, ce sont les mêmes que celles préconisées pour prédire la d.MO du fait de la relation étroite entre la d.MO et la QMSI (**FAVERDIN, 1992 ; DULPHY et DEMARQUILLY, 1994 ; Mc MENIMAM et al., 2009**).

5. Les facteurs de variation de la valeur nutritive des fourrages

Les facteurs influant sur la valeur d'un fourrage, c'est à dire sur sa teneur en éléments nutritifs (protéines, énergie, minéraux) sont en effet nombreux, et pas forcément maîtrisables. Leur qualité, dépend ainsi, à sol et zone climatique identiques, du type de végétation (en particulier pour les prairies, dont la composition botanique est très variable), de l'âge et du stade de développement de cette végétation lors de son exploitation (par pâture ou par coupe), ainsi que des conditions météo au moment de la récolte, et des modes de récolte, de séchage et de conservation (**BEAUMONT, 2009**).

5.1. L'âge du fourrage, premier facteur de variation de la valeur alimentaire

Les différents déterminants (énergie, protéines, encombrement) de la valeur alimentaire sont liés à la teneur en fibres totales du fourrage, fibres qui sont essentiellement concentrées dans les tiges des fourrages. Or, cette proportion de tiges varie au cours du temps selon l'âge du fourrage. Lorsqu'un fourrage vieillit, la production de feuilles diminue et la production de tiges augmente : la teneur en fibres (constituants des parois cellulaires) du fourrage augmente avec son âge (**DEMARQUILLY et ANDRIEU, 1988**).

Il est aussi démontré que la digestibilité diminue avec l'âge de la plante (**JARRIGE et al, 1973 ; DEMARQUILLY, 1981 ; DEMARQUILLY et al., 1988 ; SOLTNER, 1990 ; DEMARQUILLY et ANDRIEU, 1992**), Cette diminution est corrélée à une augmentation de

la cellulose brute et à la lignification des parois cellulaires (**MORRISON, 1980 et LAPEYRONIE, 1982**).

5.2. Les facteurs de variation de la valeur énergétique d'un fourrage

La valeur énergétique ou UF d'un fourrage est directement liée à la digestibilité de la matière organique. Quel que soit le type de fourrage (graminée, légumineuses), lorsque la teneur en parois indigestible augmente, la valeur UF diminue.

La valeur énergétique d'un fourrage diminue avec la teneur en fibre et le stade de végétation : il faut consommer le fourrage avant l'apparition de l'épi (montaison et épiaison) ou des fleurs (floraison) (**IKARE, 2015**).

Au cours du 1^{er} cycle, la digestibilité de la matière organique d'une espèce donnée dépend presque exclusivement de son stade de développement. Elle est de 80 à 85% suivant les plantes pour les graminées au début de leur croissance, puis diminue lentement entre le stade épi 10cm et l'apparition des tiges premiers épis suivant les espèces. La digestibilité des repousses est toujours inférieure à celle des fourrages correspondants du 1^{er} cycle (**DEMARQUILLY et al., 1988**) ce qui implique qu'il faut exploiter les repousses à un stade un peu plus jeune car elles sont plus digestibles.

Selon **DEMARQUILLY (1973)**, la digestibilité des graminées qui vaut 79% au stade montaison diminue jusqu'à 63% au stade floraison pour le Ray-grass d'Italie.

En effet, lors de l'épiaison ou de la floraison, la plante va mobiliser de l'énergie pour assurer sa reproduction ce qui va diminuer la valeur énergétique du fourrage (**DEMARQUILLY et al., 1988**).

5.3. Les facteurs de variation de la valeur azotée d'un fourrage

La teneur en protéines est liée à la teneur en matières azotées totales (MAT) du fourrage pour les PDIN alors que les PDIE dépendent essentiellement de la digestibilité du fourrage. Les matières azotées totales sont concentrées dans les feuilles des fourrages. Ainsi, la teneur en matières azotées digestibles des fourrages varie avec le pourcentage de feuilles ou de limbes où les légumineuses contiennent des teneurs plus élevées que les graminées. Elle peut se déduire directement de la teneur en matières azotées totales (**DEMARQUILLY et al., 1981**).

5.4. Les facteurs de variation de l'encombrement d'un fourrage

La valeur d'encombrement d'un fourrage dépend en grande partie de sa digestibilité puisqu'elle varie en sens inverse de l'ingestibilité (DEMARQUILLY et *al.*, 1988). L'encombrement est donc lié à sa teneur en fibres (présente dans les tiges). L'encombrement d'un fourrage dépend de son temps de séjours dans le rumen de l'animal. Cette durée correspond au temps nécessaire pour que les microorganismes du rumen dégradent le fourrage en petite particules, le fourrage passe alors dans le tube digestif, ce qui libère de la place dans le rumen pour l'ingestion d'une nouvelle quantité de fourrage. Plus la teneur en fibres est importante, plus le temps de séjour dans le rumen est important (IKARE, 2015).

Au cours du 1^{er} cycle de végétation, l'ingestibilité diminue rapidement en même temps que la digestibilité à partir du stade début épiaison selon les espèces végétales. Cependant, à digestibilité égale, les légumineuses sont ingérées en plus grande quantité que les graminées, les différences s'accroissent quand les plantes vieillissent et sont moins digestibles (DEMARQUILLY et *a.l.*, 1988 ; SOLTNER, 2001).

La diminution de l'ingestibilité est forte au 1^{er} cycle, et beaucoup plus faible pour les repousses et les cycles suivants (SOLTNER, 2001).

5.5. La fertilisation azotée, second facteur de variation de la valeur alimentaire des fourrages

La fertilisation azotée accroît la teneur en azote du fourrage, le rendant ainsi plus digestible. La fertilisation azotée peut être apportée par des engrais, mais également via l'association avec des légumineuses.

5.6. Influence des facteurs climatiques

Il est à noter que certaines conditions climatiques à savoir la température, la pluviométrie et la lumière ont une influence directe sur la composition chimique et de ce fait la digestibilité diminue sous l'influence de la sécheresse et de la chaleur.

5.6.1. La lumière

D'une manière générale, la lumière stimule la croissance des fourrages. Elle augmente les teneurs en matières sèches et en glucides solubles (glucose, fructose, saccharose...), tout en augmentant la part des teneurs en constituants pariétaux, notamment la cellulose brute et la lignine dans les plantes (**VAN SOEST et al., 1978**). Cette augmentation des teneurs en constituants pariétaux affecte aussi bien les feuilles que les tiges (**DEINEM ET DIRVEN, 1972**).

5.6.2. La pluviométrie

Un déficit hydrique modéré ralentit la croissance et le développement de la plante (**VOUGH et MARTIN, 1971 ; VAN SOEST et al., 1978 ; WILSON, 1981**), mais il entraîne généralement une augmentation des teneurs en matière azotées, particulièrement chez la luzerne (**GIFFORD et JENSEN, 1967**).

5.6.3. La température

La température est le facteur le plus important qui induit les plus grandes variations du contenu en sucre solubles des graminées.

Les légumineuses et les graminées, avec un bon ensoleillement et des températures fraîches, augmentent au maximum le contenu en sucres solubles. C'est pourquoi, le contenu en sucre soluble est en général plus bas en deuxième coupe qu'en première.

Si la récolte des graminées est tardive, après l'épiaison la quantité de sucre soluble sera faible car elle diminue avec l'avancement en maturité et ceci, sans tenir compte de l'effet de la température.

En revanche, plusieurs études suggèrent que la température a un effet positif sur la teneur en constituants pariétaux des graminées des climats tempérés et tropicaux, exprimée en termes de CB, NDF, lignine (**DEINUM, 1966 ; DEINUM et al., 1968 ; WILSON et FORT, 1971 ; DEINUM, 1976**), car des températures élevées stimulent la lignification des tissus de soutien (**DEINUM et DRIVEN, 1975**). Par contre, les températures près du point de congélation font augmenter les sucres de façons spectaculaires (**BERTHIAUME et al., 1998**).

Le climat exerce également une action déterminante sur la digestibilité des fourrages. Ainsi, **DEINUM et al., (1968)** ; **SMITH (1970)** ont rapportés des baisses de digestibilité des fourrages des régions tempérées avec l'augmentation de la température.

6. Les associations graminées-légumineuses lors du pâturage

Les légumineuses peuvent permettre une meilleure économie des systèmes fourragers et ce grâce à l'azote de l'air qu'elles captent grâce aux bactéries du genre *Rhizobium* ce qui permet une réduction possible de la fertilisation N.

Elles présentent deux avantages : une pousse relativement stable dans le temps, en particulier lors de la période estivale et une bonne valeur alimentaire. Elles sont d'autant plus intéressantes lorsqu'elles sont associées aux graminées. Les légumineuses démarrent plus tard en végétation car leurs besoins en chaleur et lumière sont plus élevés. Leur rendement de printemps est donc inférieur à celui des graminées au printemps. En revanche, leur production estivale est supérieure. Certaines espèces telles que la luzerne peuvent tolérer des températures jusqu'à 40°C (**ANONYME 4, 2014**).

Les légumineuses ont une bonne digestibilité, et ce sur l'ensemble du cycle. Ceci est lié à l'importance des feuilles par rapport aux tiges. Les feuilles sont toujours plus digestibles car peu lignifiées, riches en matières azotées et en matières minérales. Les légumineuses sont donc également des fourrages riches en azote et en énergie, et dont les valeurs sont relativement stables dans le temps. De plus, les légumineuses sont très bien consommées par les animaux. La capacité d'ingestion de RGA + TB ou de l'avoine + TB est toujours plus élevée que celle du RGA seul ou de l'avoine seule (**ANONYME 4, 2014**).

Les principaux intérêts des légumineuses dans les associations fourragères sont :

- Fourniture d'azote à la culture ;
- fourniture de protéines pour les animaux ;
- amélioration de la qualité et de l'appétence des fourrages ;
- répartition plus régulière du rendement au cours de l'année ;
- amélioration des propriétés physico-chimique du sol ;
- amélioration de la qualité du lait produit.

Chapitre II :
L'alimentation des
vaches laitières

La vache est un herbivore ruminant. Elle a la particularité de pouvoir produire du lait à partir de l'herbe, ce qui permet de valoriser des terres qui ne pourraient être utilisées autrement et ce en couvrant ces besoins totaux.

1. Besoins nutritifs d'une vache laitière

Ces besoins se caractérisent par 5 catégories de besoins différents, qui doivent être couverts par l'alimentation : l'énergie, les matières azotées, les minéraux, les vitamines et l'eau.

Pour leur survie c'est-à-dire leur entretien, leur croissance et leurs productions, les animaux ont des besoins nutritionnels à satisfaire. Ces besoins indispensables au bon fonctionnement de l'organisme, sont représentés par des quantités minimales de nutriments. Ces besoins doivent couvrir les dépenses de l'animal : dépenses d'entretien et dépenses de production (croissance, engraissement, gestation, lactation, production de laine, travail...), (INRA, 1988).

1.1. Besoins d'entretien et besoins de production

Tout animal effectue des dépenses pour son entretien et ses productions. On parle donc de besoins d'entretien et de besoins de production. Lors du calcul de la ration, il convient de prendre en compte ces différents besoins. Ils sont calculés en utilisant des formules de calcul.

Chez la vache laitière, schématiquement, on distingue 2 cas de figure possibles : soit la vache est en lactation, soit elle est tarie et gestante (CUVELIER et DUFRASNE, 2015).

- **Vache en lactation** : ce premier cas de figure correspond aux vaches en lactation non gestantes et aux vaches en lactation gestantes.
- **Vache tarie et gestante** : ce cas de figure correspond aux vaches qui sont tarées et gestantes. D'un point de vue pratique, il s'agit donc des vaches tarées qui sont au 8ème ou 9ème mois de gestation.

1.1.1. Besoins et dépenses énergétiques

Elles correspondent à l'énergie perdue du fait du fonctionnement de l'organisme et de l'activité normale de l'animal (régulation thermique, assimilation et excrétion des nutriments, activité musculaire interne, déplacement de l'animal, etc.). Elles se traduisent par une production de chaleur (JARRIGE et *al.*, 1995 ; ATTAIX et *al.*, 2005).

La couverture des dépenses d'entretien de la vache est assurée par la matière organique des aliments digérés ou de ses propres réserves corporelles en cas de jeun ou de sous-alimentation. Ces besoins énergétiques doivent être augmentés de 10 % en stabulation libre avec aire d'exercice et de 20 % au pâturage et ce pour tenir compte de l'activité physique supplémentaire (FAVERDIN et *al.*, 2007).

Les besoins d'entretien sont fonction du poids vif de l'animal. Ils sont donnés par la formule suivante :

$$\text{BE} = 1,4 + (0,6 \times \text{poids vif}) / 100$$

Chez les vaches primipares dont l'âge est inférieur à 40 mois, le besoin énergétique de croissance est à ajouter au besoin d'entretien. Selon JARRIGE (1988), les primipares sont plus sensibles au déficit alimentaire, ainsi, celles de 2 ans doivent bénéficier d'un apport supérieur de + 1 UFL environ par rapport aux primipares de 3 ans.

Selon FAVERDIN et *al.*, (2007), les besoins énergétiques liés à la production du lait sont fonction des quantités d'énergie exportées dans le lait et la valeur énergétique d'un kg de lait dépend essentiellement du taux butyreux (TB en g/kg de lait) et du taux protéique du lait (TP en g/kg de lait). Les besoins de production pour le lait sont de 0,44 UFL par kilo de lait pour un TB de 40g et un TP de 31g. Pour d'autres valeurs de TB et TP, le calcul peut être affiné par la formule suivante :

$$\text{BP (UFL)} = \text{PL} \times [0,44 + (0,0055 \times (\text{TB} - 40)) + (0,0033 \times (\text{TP} - 31))]$$

Pour ce qui est des besoins énergétiques de gestation, ces derniers peuvent être calculés à partir de la semaine de gestation et du poids prévisible du veau à la naissance en utilisant le tableau 5 élaboré par l'équipe de l'INRA en 2007.

Tableau 5 : Calcul des besoins journaliers en énergie, protéines et minéraux pour l'entretien, la production de lait et la gestation d'une vache laitière (INRA, 2007).

Entretien = A <u>Poids vif (kg)</u>	UFL			PDI (g)				MSI				
	A1^a	A2^b	A3^c	Toutes conditions				(kg/j)	Ca_{abs}^d	P_{abs}^d		
500	4,4	4,8	5,3	345				10	11,4	9,5		
550	4,7	5,2	5,6	370				13	13,4	12,0		
600	5,0	5,5	6,0	395				16	15,4	14,5		
650	5,3	5,8	6,4	420				19	17,4	17,0		
700	5,6	6,2	6,7	445				22	19,4	19,5		
750	5,9	6,5	7,1	470				25	21,4	22,0		
Production Lait = B <u>Lait (kg)</u>	TB (g/kg)					TP (g/kg)				Lait (kg)		
	32	36	40	44	48	28	30	32	34			
10	3,9	4,1	4,4	4,7	4,9	438	469	500	531	10	12,5	9,0
15	5,8	6,2	6,6	7,0	7,4	656	703	750	797	15	18,8	13,5
20	7,7	8,3	8,8	9,3	9,9	875	938	1000	1063	20	25,0	18,0
25	9,7	10,3	11,0	11,7	12,3	1094	1172	1250	1328	25	31,3	22,5
30	11,6	12,4	13,2	14,0	14,8	1313	1406	1500	1594	30	37,5	27,0
35	13,6	14,5	15,4	16,3	17,2	1531	1641	1750	1859	35	43,8	31,5
40	15,5	16,5	17,6	18,7	19,7	1750	1875	2000	2125	40	50,0	36,0
45	17,4	18,6	19,8	21,0	22,2	1969	2109	2250	2391	45	56,3	40,5
50	19,4	20,7	22,0	23,3	24,6	2188	2344	2500	2656	50	62,5	45,0
55	21,3	22,7	24,2	25,7	27,1	2406	2578	2750	2922	55	68,8	49,5
60	23,2	24,8	26,4	28,0	29,6	2625	2813	3000	3188	60	75,0	54,0
Gestation = C <u>Stade fin</u>	Poids veau (kg)			Poids veau (kg)			Stade fin					
	35	45	55	35	45	55						
6 ^e mois	0,4	0,6	0,7	36	47	59	6 ^e mois	1,9	1,5			
7 ^e mois	0,8	1,1	1,3	68	88	109	7 ^e mois	3,8	2,8			
8 ^e mois	1,4	1,8	2,7	116	148	180	8 ^e mois	6,7	4,2			
9 ^e mois	2,3	2,9	3,5	179	227	274	9 ^e mois	9,7	5,3			
Calcul besoin												
A =												
B =												
C =												
A + B + C =												

a A1 : peu de déplacements.

b A2 : stabulation libre.

c A3 : pâturage.

d les besoins d'entretien en calcium et phosphore absorbables sont calculés en fonction de la MS ingérée pour une vache de 600 kg et varient peu avec le poids vif, respectivement + 0,8g Ca_{abs} et + 0,2g P_{abs} pour 100 kg de poids vif.

1.1.2. Besoins et dépenses azotés

Chez les ruminants, les pertes inévitables d'azote par les fèces, l'urine, la peau et les sécrétions telles que le lait ainsi que les accumulations d'azote, engendrent un besoin en acides aminés, car ceux-ci constituent pratiquement la seule forme utilisable par l'animal pour son métabolisme (VERITE et PEYRAUD, 1988). Mis à part l'apport protéique par la ration, les ruminants ont la capacité de recycler leur azote endogène par les micro-organismes du rumen (JARRIGE et *al.*, 1995).

Le besoin d'entretien journalier augmente avec le poids vif de la vache à raison de 3,25g /kg PV^{0,75}, soit une augmentation marginale d'environ 0,5g PDI/kg PV. Le besoin d'entretien peut être calculé en utilisant l'équation suivante ou le tableau 5 (FAVERDIN et *al.*, 2007) :

$$\text{BesPDI}_{\text{ent}} = 3,25 \times \text{PV}^{0,75}$$

Les besoins azotés journaliers pour la croissance, exprimés en g de PDI par kg de poids vif, sont élevés les premiers mois de la vie et diminuent par la suite. Selon FAVERDIN et *al.*, 2007, les vaches primipares dont l'âge est inférieur à 40 mois, le besoin protéique de croissance (BesPDI_C) est à ajouter au besoin d'entretien. Il peut être calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{BesPDI}_{\text{C}} = 422 - (10,4 \times \text{Age})$$

Les besoins protéiques de lactation sont eux aussi, importants. Les besoins azotés de lactation varient principalement suivant la quantité de lait produite ; d'autres facteurs sont l'espèce, la composition du lait et les autres facteurs secondaires dont dépend la production de lait. Les besoins protéiques liés à la production de lait (BesPDI_{PL}) sont calculés à partir des protéines sécrétées dans le lait et du rendement de conversion des protéines métabolisables en protéines sécrétées dans le lait, estimé à 64% . Ainsi, le besoin en protéine d'un kilo de lait standard à 31g de protéines est égale à environ 48g PDI/kg lait suivant l'équation (ou le tableau 5) (FAVERDIN et *al.*, 2007):

$$\text{BesPDI}_{\text{PL}} = \text{PL} \times \text{TP} / 0,64$$

Les besoins de gestation sont faibles, mais augmentent rapidement au cours des trois derniers mois, passant en moyenne de 45 à 230g PDI/j. la vache ne produisant alors que peu de

lait ou étant tarie, les besoins protéiques de fin de gestation sont généralement très facilement couverts par la ration.

1.1.3. Besoins et dépenses en minéraux (Ca, P)

Les besoins en minéraux et oligo-éléments ne sont pas les moins importants, car la constitution des différents tissus tout au long de la vie, les différentes productions ainsi que les pertes dues aux excréments régulières de minéraux par les urines nécessitent des apports continus de minéraux. Chez la vache laitière, les besoins, surtout en Calcium et en Phosphore, augmentent après le vêlage du fait que ces deux éléments entrent abondamment dans la composition du lait.

Il est bien connu aussi qu'une carence combinée de ces deux éléments, Calcium et Phosphore, se traduit par des troubles de l'ossification et une chute de la production laitière.

Les besoins journaliers en calcium et phosphore sont exprimés en quantités absorbables Ca_{abs} et P_{abs} en g/j (tableau 5). Le besoin d'entretien est fonction du poids vif des vaches, le besoin de production est directement fonction de l'exportation de Ca et de P dans le lait et le besoin de gestation peut être déduit à partir du tableau 5.

2. Alimentation des vaches laitières pendant la lactation

2.1. Début de lactation

L'alimentation des vaches laitières en début de lactation est difficile à conduire ; elle doit réaliser un compromis entre deux impératifs contradictoires : l'incapacité des vaches à supporter des changements rapides de rations, et multiplication des besoins par trois en seulement deux semaines (ENJALBERT *et al.*, 2003).

En effet, le ruminant laitier fort producteur est confronté en début de lactation à une exportation massive de lipides, de protéines, et de lactose, par la mamelle ; représentant en termes d'énergie nette 02 à 03 fois le besoin de l'animal à l'entretien, pour des vaches produisant 25 à 35 kg de lait par jour (CHILLARD *et al.*, 1983). Comme la sélection des vaches laitières pour la production de lait, a dépassé la sélection pour la capacité d'ingestion, (VEERCAMP, 1978) ; la sous-alimentation énergétique, est impossible à éviter, chez les fortes productrices au début de lactation, du fait de l'accroissement lent de leurs capacités d'ingestions comparativement à leurs besoins (VERITE *et al.*, 1978).

Le résultat de ce décalage entre apports et besoins, est une balance énergétique négative, qui persiste durant les 04 à 12 premières semaines de lactation, obligeant les vaches laitières à puiser dans leurs réserves adipeuses pour supporter la production laitière (**SENATOT et al., 1996**). Les vaches maigres au vêlage, avec peu de réserves corporelles à mobiliser, présentent alors une réduction de leur production laitière (**GANRNSWORTHY et al., 1993**).

Sachant que la fécondation doit se placer à la fin du troisième mois après la mise bas, à une période où les besoins de lactation sont très élevés, et les risques de sous alimentations encore importants ; il faut s'efforcer de limiter cette période de bilan négatif, et de faire reprendre du poids aux vaches, de façon à les amener en bon état au début de la période de reproduction (**JARRIGE et al., 1978**).

L'alimentation des vaches durant cette période, fait appel à deux types de stratégies :

1°) Essayer de couvrir au maximum les besoins instantanés en énergie de l'animal, en apportant un régime à haute concentration énergétique. Afin de réduire les inconvénients liés à l'amidon, les aliments concentrés pourraient contenir des matières premières riches en cellulose digestible (pulpes de betteraves, agrumes ...), ou en lipides protégés naturellement (graines) ou artificiellement, de façon à maximiser l'ingestion d'énergie, sans perturber le fonctionnement du rumen (**CHILLARD et al., 1983**). En effet, l'ingestion de quantités croissantes de concentré, provoque des modifications fermentaires qui perturbent la digestion des fourrages et en réduisent l'ingestion (**JOURNET, 1988**).

2°) Tolérer un déficit énergétique de l'animal, et une mobilisation de réserves adipeuses importantes, mais, en couvrant le mieux possibles les besoins azotés. Toute fois le maintien d'une production laitière élevée, d'un état sanitaire, et d'une reproduction satisfaisante, ne peuvent être obtenus, que si cette mobilisation des réserves, n'est ni trop intense, ni trop longue (**CHILLARD et al., 1983**). Le rationnement doit alors tenir compte des déficits tolérables, qui devront être compensés ultérieurement, en milieu et en fin de lactation, pour permettre la reconstitution des réserves mobilisées en début de lactation (**JOURNET, 1988**).

3. L'abreuvement des vaches laitières

L'abreuvement des animaux d'élevages et en particulier les vaches laitières est aussi important que l'alimentation, rappelons qu'en masse, l'eau est le principal constituant de l'organisme (plus de 2/3 du poids vif de l'animal). En plus le lait contient 86,5% à 87% d'eau (**WALTER, 1992**). Les besoins en eau des ruminants sont couverts par le biais d'abreuvement et celle contenue dans les aliments, ses besoins varient en fonction de la production des vaches, de la saison et l'alimentation, mais aussi de l'état physiologique qui est l'un des facteurs limitatifs de l'abreuvement des vaches laitières.

Les besoins en eau sont d'autant plus grands que la teneur en MS de la ration est plus élevée, selon **LEGARTO (1987)**, il faut 3,5 à 5,5 litres / Kg de MS, il ajoute que les vaches boivent 3 à 4 fois par jour lorsqu'elles consomment de l'herbe jeune et 7 fois à régime sec. **WALTER (1992)**, signale qu'à température de 4 à 5° C une vache produisant 27 litres de lait par jour consomme 85 litres d'eau et cette quantité s'élève à 120 litres lorsque la température est entre 26 à 27° C.

D'après **FNPL (1997)**, les quantités d'eau bues sont d'autant plus importantes que la MS de la ration et la production laitière soient élevées, une vache produisant 20 litres de lait par jour en moyenne absorbe les quantités suivantes énumérés dans le tableau 6 (en litre/vache/jour).

Tableau 6 : Variation de la quantité d'eau en fonction du taux de MS, la ration de base et de la température extérieur (**INRA, 1988**).

Ration de base	T° extérieur < à 15°C	T° extérieur < à 20°C	T° extérieur < à 30°C
Herbe jeune (15% de MS)	23	30	46
Ensilage de maïs (15% de MS)	58	75	115
Foin (90%)	73	95	146

Chapitre III :
Production laitière et
lait

La production nationale totale de lait a atteint 3,52 milliards de litres en 2017, dont plus de 2,58 milliards de lait est représenté par du lait de vache soit 73%.

La wilaya de Sétif arrive en tête de liste avec une production de 287385000 de litres en 2017, suivit de Tizi-Ouzou avec 178785270 litres, et Sidi-Bel-Abbès en troisième position avec 167178000 litres (**Anonyme XX, 2018**).

1. Evolution de la production laitière de la wilaya de Tizi-Ouzou entre les années 2003 et 2017

La production laitière dans la wilaya de Tizi-Ouzou a toujours été en constante évolution. Durant les années 2000 cette évolution était un peu faible, à partir de l'année 2009 la production a vu une majeure évolution jusqu'à 2013. L'année 2014 fut marquée par une explosion de la production, et à partir de cette année la production n'a cessé d'augmenter avec un rythme fulgurant (**D.S.A de T.O, 2018**, c'est ce qui est illustré par la figure 7.

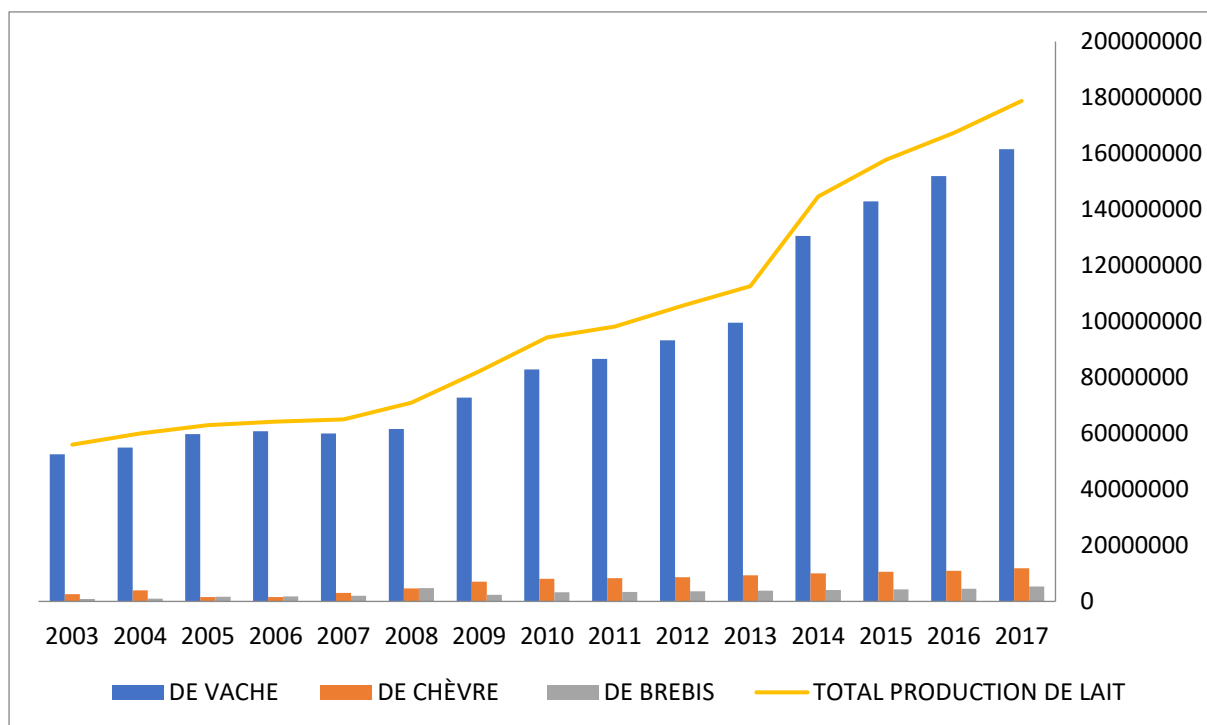


Figure 7 : Evolution de la production laitière dans la wilaya de Tizi-Ouzou (**D.S.A de T.O, 2018**).

2. La lactation

En élevage, on appelle **période de lactation** la période pendant laquelle une vache laitière, et plus généralement la femelle d'un mammifère, produit du lait. Cette période commence à la mise bas et dure 350 jours en moyenne chez la vache laitière (**d'après les résultats de France Contrôle Laitier de 2008**), cette durée étant différente selon les espèces. Dans l'élevage laitier, la lactation est détournée de sa fonction naturelle, qui est d'alimenter les jeunes, en faveur de la production de lait pour l'alimentation humaine. Les jeunes, dont la naissance est nécessaire pour déclencher la lactation, sont généralement éliminés par abattage (exemple des veaux de boucherie) ().

3. La courbe de lactation

La production du lait évolue au cours d'une lactation suivant un cycle qui est de même nature chez toutes les vaches laitières. La production journalière s'accroît pendant les premières semaines qui suivent le vêlage, passe par un maximum à une date variable selon les animaux, puis diminue plus ou moins régulièrement jusqu'au tarissement. Cette évolution de la production peut se représenter graphiquement par une courbe de lactation (figure 8) (**Anonyme XY**) (**Hal**).

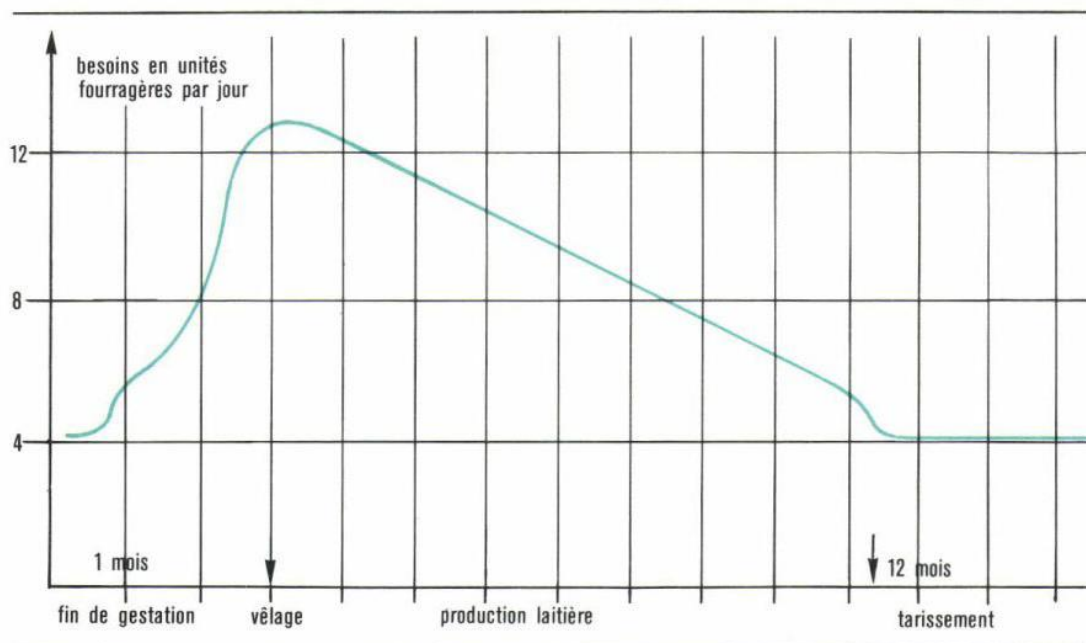


Figure 8 : Evolution sur un an des besoins d'une vache laitière à bonne production (4000 kg de lait par an).

4. Relation entre l'alimentation, la qualité et la quantité du lait.

Les effets spécifiques de l'alimentation sur le TP et TB du lait sont bien connus.

Le TP dépend essentiellement du niveau énergétique de la ration totale et de la nature de l'énergie, ainsi une variation moyenne des apports de 1 UFL modifie le TP dans le même sens d'environ 0.5 g/kg, sans affecter le TB.

La synthèse des matières grasses du lait peut être plus facilement pilotée par l'alimentation. En effet le TB dépend du niveau de l'alimentation (énergie tout particulièrement), du pourcentage de concentré, de la fibrosité de la ration et du niveau d'apport des lipides alimentaires. **(Institut de l'élevage, 2010).**

La nature de l'énergie des concentrés, riches en amidon ou à base de constituants pariétaux, a un effet sur la production et la composition du lait **(COTTO, 1991).**

Sur des rations à bases d'ensilage de maïs, avec des quantités de concentrés riches en amidon (blé) conduisent à des taux butyreux variables et en moyenne légèrement supérieurs (parois), aussi bien qu'en début de lactation ou en phase descendante. La production de matière grasse est augmentée en début de lactation, comme la production laitière, alors qu'elle n'est pas modifiée sur le reste de la lactation du fait d'une légère baisse de la quantité de lait produite. **(AnonymeXYZ).**

L'effet positif sur le taux butyreux se retrouve sur les rations à base d'ensilage d'herbe, alors que la nature du concentré semble sans effet avec les rations à base de foin et au pâturage **(AnonymeXYZ).**

5. Nombre de traite et quantité du lait

La génétique joue un grand rôle dans la gestion de la production de lait, mais seulement dans le cadre d'une stratégie à long terme. À court terme, la fréquence de traite et l'alimentation sont les deux facteurs qui influencent le plus le rendement laitier et la composition du lait.

L'accroissement de la fréquence de traite pour l'ensemble du troupeau ou un groupe particulier de vaches amènera une augmentation des rendements, mais abaissera la teneur en matière grasse (MG) et en protéines du lait. Des recherches montrent qu'une traite 2 fois/jour (2X) donne un plus fort pourcentage de MG qu'une traite 3 fois/jour (3X). Le fait

de passer de deux à trois traites par jour, cependant, entraîne une production de MG plus élevée (tableau 7).

Tableau 7 : Rendement laitier et composition du lait chez des vaches primipares et multipares selon que la traite a lieu 2 fois ou 3 fois/jour.

Parité	Fréquence de la traite	Rendement laitier	(kg/jour) M.g.	% Production de MG. (g/jour)
Primipares (un veau)	2 fois	18,7	3,69	769
	3 fois	22,0	3,62	859
Multipares (plusieurs veaux)	2 fois	19,1	3,65	894
	3 fois	22,6	3,48	987
Différence (3 fois - 2 fois)		3,5	-0,17	93

6. Le lait

6.1. Définition

Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

Selon **ABOUTAYEB (2009)**, le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes). Il doit être conservé au réfrigérateur et consommé dans les 24h (**FREDOT, 2006**).

JEANTET et al., (2007) rapportent que le lait doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenté toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé

en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation.

6.2. Composition du lait

FRANWORTH et **MAINVILLE (2010)** évoquent que le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un bon aliment pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes.

Les laits sont les seuls aliments naturels complets qui existent, chacun d'eux étant adapté à la race qu'il permet de développer (**MITTAINE, 1980**).

Selon **FAVIER (1985)**, le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E.

Les principaux constituants du lait par ordre croissant selon **POUGHEON** et **GOURSAUD (2001)** sont:

- L'eau, très majoritaire ;
- les glucides principalement représentés par le lactose ;
- les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras ;
- les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire ;
- les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles ;
- les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments.

Pour éviter de perdre ces vitamines contenues dans le lait, celui-ci est gardé au frais aussitôt la traite effectuée.

Le tableau 8 rapporte la composition moyenne du lait entier.

Tableau 8 : Composition moyenne du lait entier (**FREDOT, 2006**).

Composants	Teneurs (g/100g)
Eau	89,5
Dérivés azotés	3,44
Protéines	3,27
Caséine	2,71
Protéines solubles	0,56
Azote non protéique	0,17
Matières grasses	3,5
Lipides neutres	3,4
Lipides complexes	<0,05
Composés liposolubles	<0,05
Glucides	4,8
Lactose	4,7
Gaz dissous	5% du volume du lait
Extrait sec total	1 2,8g

FREDOT (2006) rappelle que le lait est constitué de quatre phases :

- ✓ Une émulsion de matières grasses ou phase grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A, D) ;
- ✓ une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelle ;
- ✓ une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux, azote non protéique) ;
- ✓ une phase gazeuse composée d'O₂, d'azote et de CO₂ dissous qui représentent environ 5 % du volume du lait.

Le tableau 9 donne la composition moyenne en % du lait chez différentes espèces.

Tableau 9 : Composition moyenne en % du lait de vache, femme, brebis et chèvre (**JENSEN, 1995**).

<i>Composants</i>	<i>Vache</i>	<i>Chèvre</i>	<i>Brebis</i>	<i>Femme</i>
<i>Protéines</i>	3,4	5,5	2,9	1,0
<i>Caséines</i>	2,8	4,6	2,5	0,4
<i>Lipides</i>	3,7	7,4	4,5	3,8
<i>Lactose</i>	4,6	4,8	4,1	7,0
<i>Minéraux</i>	0,7	1,0	0,8	0,2

6.2.1. L'eau

D'après **AMIOT et al., (2002)**, l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides.

6.2.2. Matière grasse

JEANTET et al., (2007) rapportent que la matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10µm et est essentiellement constitué de triglycérides (98%). La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme:

- ✓ une très grande variété d'acides gras (150 différents) ;
- ✓ une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que

les acides gras à longues chaînes ;

- ✓ une teneur élevée en acide oléique (C18 :1) et palmitique (C16 :0) ;
- ✓ une teneur moyenne en acide stéarique (C18 :0).

La figure 8 présente un globule gras du lait. La membrane est constituée de phospholipides, de lipoprotéines, de cérébrosides, de protéines, d'acides nucléiques, d'enzymes et d'oligoéléments (métaux) et d'eau (BYLUND, 1995).

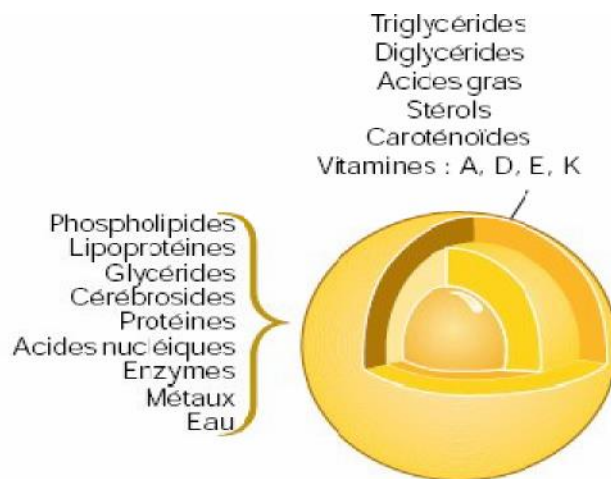


Figure 8 : Composition de la matière grasse du lait (BYLUND, 1995).

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés. Le lait de vache est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique C18 :2 et acide linoléique C18 :3) par rapport au lait de femme (1,6% contre 8.5% en moyenne) (JEANTET *et al.*, 2007).

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (STOLL, 2003).

6.2.3. Protéines

Selon JEANTET *et al.*, (2007), le lait de vache contient 3,2 à 3,5% de protéines réparties en deux fractions distinctes :

- Les caséines qui précipitent à pH 4,6, représentent 80 % des protéines totales ;
- Les protéines sériques solubles à pH 4,6, représentent 20 % des protéines totales.

La classification des protéines est illustrée dans le tableau 10.

Tableau 10 : Classification des protéines (BRUNNER, 1981).

NOMS	% des protéines	Nombre d'AA
CASEINES	75-85	
Caséine α S1	39-46	199
Caséine α S2	8-11	207
Caséine	25-35	209
Caséine k	8-15	169
Caséine g	3-7	
PROTEINES DU	15-22	
-Lactoglobuline	7-12	162
-Lactalbumine	2-5	123
Sérum-albumine	0,7-1,3	582
Immunoglobulines (G1, G2, A, M)	1,9-3,3	-
Protéoses-peptones	2-4	-

6.2.3.1. Caséines :

JEAN et DIJON (1993) rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre 56000 g mol^{-1} , forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de $0,1 \mu\text{m}$ dans le lait de vache (Figure 9).

La caséine native a la composition suivante : protéine 94 %, calcium 3 %, phosphore 2,2 %, acide citrique 0,5 % et magnésium 0,1 % (ADRIAN *et al.*,2004).

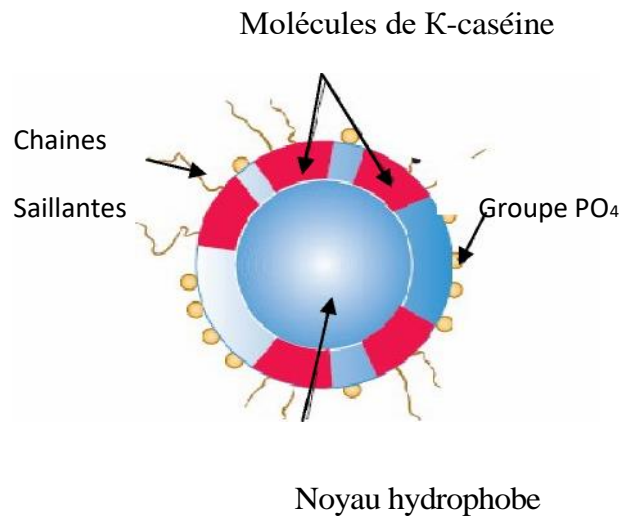


Figure 9 : Structure d'une sub-micelle caséique (BYLUND, 1995).

6.2.3.2. Protéines du lactosérum

Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28 % des protéines du lait de vache et 17 % des matières azotées (DEBRY, 2001).

THAPON (2005) définit les protéines du lactosérum comme étant des protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique.

a. La β -lactoglobuline

La β -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. Son point isoélectrique est 5,1 ; c'est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques (A, B, C, D, E, F, G). Lors du chauffage la fixation d'une molécule de caséine K et d'une β -lactoglobuline se fasse également par un pont disulfure (DEBRY, 2001).

b. L' α -lactalbumine

L' α -lactalbumine est une métalloprotéine présente environ 22% des protéines du sérum constitué de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques (A, B, C). Elle possède un atome de calcium par mole du type globulaire (structure tertiaire quasi sphérique). (VIGNOLA, 2002).

c. L'albumine sérique

Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Elle présente un seul variant génétique A est identique au sérum albumine sanguine (**VIGNOLA, 2002**).

d. Les immunoglobulines

Ce sont des glycoprotéines de haut poids moléculaire responsable de l'immunité.

Nous pouvons distinguer trois grandes classes d'immunoglobulines : IgA, IgG, IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont les protéines du lactosérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (**THAPON, 2005**).

e. Protéoses-peptones

Elles forment la fraction protéique soluble après chauffage du lait acidifié à pH 4,6 vers 95°C pendant 20 à 30 minutes. C'est un groupe hétérogène issu de la protéolyse par la plasmine de la caséine β (**DEBRY, 2001**).

6.2.4. Lactose

MATHIEU (1999) évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$, est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie.

Le lactose est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides du lait de monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache. Cette teneur présente de faibles variations dans le sens inverse des variations du taux butyreux. Le lactose est un sucre spécifique du lait (HODEN et COULON, 1991).

6.2.5. Minéraux

Selon GAUCHERON (2004), le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions (Tableau 11).

Tableau 11 : Composition minérale du lait de vache (JEANTET et al., 2007).

Eléments minéraux	Concentration (mg.kg ⁻¹)
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

6.2.6. Vitamines

Selon VIGNOLA (2002), les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires.

L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser. Nous trouvons d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantités constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) présenté dans le tableau 12. (JEANTET *et al.*, 2007).

Tableau 12 : la composition vitaminique moyenne du lait cru (AMIOT *et al.*, 2002).

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotènes)	40µg/100ml
Vitamine D	2,4µg/100ml
Vitamine E	100 µg/100ml
Vitamine K	5µg/100ml
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg/100ml
Vitamine B1 (thiamine)	45µg/100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175 µg/100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50µg/100ml
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0,45 µg/100ml
Niacine et niacinamide	90µg/100ml
Acide pantothénique	350 µg/100ml
Acide folique	5,5µg/100ml
Vitamine H (biotine)	3,5µg/100ml

6.2.7. Enzymes

POUGHEON (2001) définit les enzymes comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (Tableau 13).

Tableau 13 : Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA, 2002).

Groupe d'enzyme	Classes d'enzymes	pH	Température (°C)	Substrats
Hydrolases	Estérases			
	Lipases	8,5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4,0-5,2	37	Esters phosphoriques
	Protéases			
	Lysozyme	7,5	37	Parois cellulaire microbienne
	Plasmine	8	37	Caséines
Déshydrogénéases	Sulfhydrile oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8,3	37	Bases puriques
Oxygénases	Lactoperoxydase	6,8	20	Composés réducteurs+H ₂ O ₂
	Catalase	7	20	H ₂ O ₂

6.3. Propriétés physico-chimiques du lait

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (AMIOT et al., 2002).

6.3.1. Densité et masse volumique

La densité du lait est également liée à sa richesse en matières sèche. Un lait pauvre en matière sèche aura une densité faible; il faut cependant nuancer cette remarque, car le lait contient de la matière grasse de densité inférieure à 1 (0,93 à 20°C). Il en résulte qu'un lait enrichi en matière grasse a une densité qui diminue et qu'à l'opposé, un lait écrémé a une densité élevée. L'appréciation précise de cette propriété se fait par la détermination de la masse volumique (AFNOR, 1986).

En pratique la masse volumique de l'eau est de 1g/ml à 4°C et de 0,99823g/ml à 20°C. La densité du lait à 15°C varie de 1,028 à 1,035 pour une moyenne de 1,032. Chacun des constituants agit sur la densité du lait. Etant donné que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1, plus un lait ou un produit laitier contient un pourcentage élevé en matière grasse, plus sa densité sera basse (VIGNOLA, 2002).

6.3.2. pH

Le pH du lait normal est de l'ordre de 6,7, cela est due en grande partie aux groupements basiques ionisables et acides dissociables des protéines, groupements esters phosphoriques de caséines et acides phosphoriques et lactiques. Les valeurs du pH représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité, du fait que c'est le pH qui influence la solubilité des protéines (AMIOT *et al.*, 2002).

6.3.3. Point d'ébullition

AMIOT *et al.*, (2002) ont défini le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C.

6.3.4. Acidité du lait

Selon JEAN et DIJON(1993), l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique.

L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic (°D). 1°D = 0,1g d'acide lactique par litre de lait.

Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité ≤ 21 °D. Un lait dont l'acidité est ≥ 27 °D coagule au chauffage ; un lait dont l'acidité est ≥ 70 °D coagule à froid.

6.3.5. Point de congélation

NEVILLE et JENSEN (1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

Sa valeur moyenne se situe entre $-0,54$ et $-0,55$ °C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. De légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache,

à la région de production, peuvent être constaté. Ainsi, des variations normales de – 0,530 à – 0,575°C ont été enregistrées **NEVILLE et JENSEN (1995)**.

Le mouillage élève le point de congélation vers 0°C, puisque le nombre de molécules, autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue.

D'une manière générale tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (**MATHIEU, 1999**).

Les caractéristiques physico-chimiques du lait sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Caractéristiques physicochimiques du lait (**FAO, 1998**).

Constante	Densité à 20°C	pH à 20°C	Acidité titrable (°D)	Point de congélation (°C)	Point d'ébullition (°C)
Valeur	1,031	6,6	16	-0,53	100,5

6.4. Valeur nutritionnelle du lait

En regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments ; il est considéré donc comme un aliment de forte densité nutritionnelle. Le lait n'est cependant pas un aliment parfait car il ne contient pas à l'état naturel de fibres et que son contenu en certains nutriments, dont le fer et la vitamine D, demeurent relativement faibles.

Le lait et les produits laitiers constituent un des quatre grands groupes reconnus d'une alimentation saine. Ces recommandations reposent surtout sur le fait que le lait et les produits laitiers constituent une bonne et même une excellente source de certains nutriments qui se retrouvent en concentration élevée dans ces aliments. Ce sont donc ces nutriments qui ont une signification particulière pour la santé, autant en ce qui concerne la croissance normale des enfants que le maintien en santé et la prévention des maladies à tout âge de la vie.

Par ailleurs, les concentrations ou l'intégrité de ces mêmes nutriments peut subir des modifications à la suite des différents traitements industriels appliqués au lait (**AMIOT et al., 2002**).

6.5. Facteurs influençant la composition du lait

Selon **COULON (1994) cité par POUGHEON (2001)**, la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs. Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter.

6.5.1. Facteurs génétiques

Il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces, les races et les intra-race mais les études de composition ne sont pas faciles à mener, car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage. Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée (**SRAIRI et al, 2005**).

6.5.2. Stade de lactation

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale), elles chutent jusqu'à un minimum au 2^{ème} mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours. Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

6.5.3. Effet de l'âge au premier vêlage

L'âge au premier vêlage est associé au poids corporel qui doit être d'environ 60 à 70% du poids de l'adulte, le fait de diminuer le poids de vache laitière au vêlage entraîne la diminution de la production laitière en première lactation (**BIOCHARD, 1986**).

En France, dans une région peu étendue et au sein de la même race, les génisses vêlent à des âges très différents. D'autres auteurs ont montré la grande variation de l'âge au premier vêlage selon les races, pouvant aller jusqu'à sept mois (**Craplet et al ., 1973**).

6.5.4. Facteurs alimentaires

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale du niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues).

Avec un apport de fourrages à volonté un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique (ANP) et des caséines. L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus souvent une baisse du TB. Elle est due à une perturbation des fermentations ruminales, mais elle influence la composition en AG de la matière grasse du lait (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

D'un point de vue gustatif et olfactif, de nombreuses études ont démontré qu'il y avait un lien entre les matières premières ingurgitées par les bovins et le lait. Il est donc important que les éleveurs surveillent l'alimentation de leurs troupeaux, et plus particulièrement aux heures qui précèdent la traite. C'est pour cela que les rations de maïs ensilés sont souvent données aux bovins après la traite du matin et du soir.

Ces odeurs et goût indésirables peuvent être supprimés en partie lors de la pasteurisation. A titre d'exemple la chicorée, la paille moisie, le navet et le lupin vont donner de l'amertume au lait, tandis que l'ail, la ciboulette, le poireau et l'armoise le rendront âcre.

Quant au beurre, la nourriture des bovins influe même sur la texture de celui-ci. Le maïs aura tendance à le durcir, alors que les fourrages verts auront l'effet inverse. Du printemps à la fin de l'été, le beurre produit est plus jaune qu'en hiver, cela est dû aux différentes herbes et fleurs présentes dans les prairies. Les vaches étant nourries au foin et à l'ensilage l'hiver, le beurre sera plus blanc et moins goutté.

6.5.5. Facteurs climatiques et saisonniers

La saison a une influence importante qui se rajoute à d'autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge, etc.) de façon immuable, le taux butyreux (TB) passe par un minimum en juin-juillet et par un maximum à la fin de l'automne. La teneur en protéines passe par deux minimums un à l'herbe et à la fin de la période du pâturage (**D'HOUR et COULON, 1994**).

6.6. Effet d'un apport de concentré

L'apport de concentré entraîne une réduction d'ingestion d'herbe mais une augmentation de l'énergie ingérée totale de la ration ce qui permet à l'animal de produire plus de lait. L'efficacité de l'apport de concentré sur la production est théoriquement d'autant plus élevée que le taux de substitution est faible. En effet, l'efficacité diminue quand le taux de concentré augmente. La qualité de l'herbe et le mode d'alimentation influent essentiellement sur le niveau de satisfaction énergétique des animaux.

Partie pratique

Matériels et méthodes

1. Matériel et méthodes

1.1 Objectif du travail

Notre travail consiste à faire une comparaison entre deux mode d'alimentation pour vaches laitières [pâturage libre + fourrage cultivé (ferme 1) et fourrage cultivé + concentré (ferme 2)] afin de connaître sa relation avec la quantité et la qualité du lait produit.

1.2 Localisation géographique de la zone d'étude

Draâ-El-Mizan est une commune de la wilaya de Tizi Ouzou, située à 42 km au sud-ouest de Tizi Ouzou et à 110 km au sud-est d'Alger. C'est une région montagneuse, l'homme implique dans l'activité forestière et aujourd'hui, il marque sa présence par la culture, surtout maraîchère et céréalière. Néanmoins, l'élevage de bovins, ovins et de caprins demeure l'activité agricole prédominante de la région (figure 10).



Figure 10 : Localisation de la région de Draâ-El-Mizan (Google Maps, 2018)

1.3 Choix de la zone d'étude

Le choix de la zone d'étude c'est porté sur la région de Draa-El-Mizan parce que c'est une grande région qui contient plusieurs reliefs que ça soit montagne ou plaines, et c'est cette diversité qui nous a incité à travailler avec deux éleveurs de cette région l'un du coté montagneux et l'autre du côté des plaines.

Après le choix de la zone d'étude (Draa-El-Mizan), des visites préalables ont été effectuées durant le mois de Mars 2018 pour établir des contacts et préciser aux éleveurs les objectifs de notre travail.

Le mois de Mars a été consacré à une meilleure connaissance des deux fermes grâce aux observations personnelles et un entretien direct avec les éleveurs en suivant un questionnaire préalablement préparé.

1.4. Matériel

1.4.1. Présentation des fermes

1) Présentation de l'élevage de la ferme 1

C'est une ferme familiale, située dans la région de Draa-El-Mizan, elle est composée de :

- Un bâtiment d'élevage d'une superficie de 20/6 m² constitué de 5 vaches et 5 veaux dont 4 montbéliarde et une Holstein.
- L'hygiène et prophylaxie du bâtiment sont impeccables. Présence d'abreuvoirs automatiques ainsi qu'une aération permanente du bâtiment assurée par plusieurs ouvertures ce qui évite la concentration des gaz.
- Cet éleveur a des connaissances sur la conduite d'élevage et respecte les normes internationales c'est ce qui lui a permis d'obtenir le titre du meilleur éleveur de la daïra de Draa-El-Mizan en 2009.
- Les vaches sortent deux fois par jour au pâturage : le matin après la traite et l'après-midi à partir de 16h :30 pendant la période printanière. Du trèfle blanc cultivé par l'éleveur est donné à volonté comme supplément aux vaches laitières et ce quatre fois par jour : à 8h, 12h, 16h et à 22h).
- La traite des vaches se fait deux fois par jour : à 6h et à 18h.

2) Présentation de l'élevage de la ferme 2

C'est une ferme familiale, située dans la région de Draa-El-Mizan ; elle est composée de :

- Un bâtiment d'élevage d'une superficie de 16/6 m² constitué de 10 vaches laitières et 5 veaux dont la race est la montbéliarde.
- Les animaux sont en stabulation libre et ils sortent au pâturage 2 fois par jours.

- L'hygiène et prophylaxie sont, aussi, très bien respecté dans cet élevage d'où une bonne aération qui est assurée par plusieurs ouvertures. En été, l'éleveur utilise des ventilateurs électriques pour éviter la concentration des gaz.
- L'eau d'abreuvement est distribuée par l'éleveur dans des bidons.

1.4.2. Composition du cheptel des deux fermes (Mars 2018)

Le tableau 15 rapporte les effectifs bovins des deux fermes.

Tableau 15 : Effectif bovin des deux fermes.

	Vaches laitières	Veaux	Total
Ferme 1	5	5	10
Ferme 2	10	5	15

1.5. Méthodes

Notre travail a été réalisé en collaboration avec Tassili de Draa-Ben-Khedda, les responsables nous ont proposé quelques éleveurs de vaches laitières. Hélas, deux d'entre eux seulement nous ont donné leur accord ce qui a fait le choix de la zone de cette étude.

Notre travail a commencé le mois de Mars 2018 par des entretiens directs avec les éleveurs.

Des analyses du lait ont été effectuées. Pour chacune des fermes, trois échantillons de lait ont été prélevés au total, l'intervalle est de 10 jours entre chaque collecte.

La collecte du lait s'est faite le matin directement après la traite.

Une fois la traite finie, l'échantillon est mis directement dans une glacière est transporté vers la laiterie de DBK (Tassili) pour être analysé. L'analyse de l'échantillon est faite le jour même.

Pour la réalisation de notre travail, nous avons élaboré un questionnaire qui porte les volets suivants :

- Présentation générale de la ferme et de l'exploitant.
- Bâtiment d'élevage (type et nombre de bâtiment, type de stabulation, etc.).

- Inventaire des animaux (la race, effectif).
- Culture fourragère (existence ou non des surfaces fourragères, mode d'utilisation des fourrages).
- La conduite alimentaire qui rapporte les modes d'alimentation du cheptel bovin, comme les quantités de concentré et les types de fourrages consommés par les vaches.
- La production laitière.
- L'hygiène et prophylaxie.

1.5.1. Prélèvement des échantillons de fourrages

Nous avons fait plusieurs récoltes de fourrage dans les deux fermes :

✓ Ferme 1 :

Afin de déterminer la composition chimique et la valeur alimentaire de l'herbe pâturée par les vaches, nous avons délimité sur la totalité de la parcelle quatre cages de 1m² chacune. La totalité de l'herbe de chacune d'elles est coupée et prélevée séparément à une hauteur de 5 cm environ. Les échantillons de fourrages de chaque cage sont mis ensuite séparément dans des sachets en plastiques et transportés directement au laboratoire.

Une fois au laboratoire, les fourrages de chaque sac ont subi individuellement un tri manuel en séparant les légumineuses des graminées et des autres espèces fourragères tout en tenant compte des déchets. Chaque échantillon de chaque cage a été pesé individuellement après le tri.

Après la pesée, et dans le but de déterminer le pourcentage de la matière sèche verte, chaque échantillon est mis à l'étuve à 60° C pendant 48 heures. Après étuve, les échantillons sont pesés individuellement puis mélangés pour faire un échantillon de l'herbe pâturée.

Après 20 jours, le même travail a été réalisé sur la parcelle de fourrage naturelle ce qui a donné vers la fin, un 2^{ème} échantillon de l'herbe pâturée.

Les deux échantillons de l'herbe pâturée ont subi un broyage fin puis gardé en vue d'être analysés.

Aussi, des échantillons de trèfle blanc cultivé ont été prélevés et pesés puis mis à l'étuve à 60°C pendant 48h. Après étuve, l'échantillon est pesé une seconde fois puis broyé et gardé dans un endroit sec en vue d'analyse.

✓ **Ferme 2 :**

Deux parcelles sont utilisées par l'éleveur pour l'alimentation de ces animaux. La première est cultivée de trèfle blanc, la deuxième d'avoine et dans chacune des deux parcelles, nous avons délimité des carrés de 1 m² puis prélevé la totalité du fourrage qui se trouve à l'intérieur.

Une fois au laboratoire, les échantillons de trèfle et d'avoine ont été pesés puis placés à l'étuve à 60° pendant 48 heures, le but est de déterminer la matière sèche verte (MSV). Une deuxième pesée est effectuée après le retrait des échantillons de l'étuve.

1.5.2. L'alimentation

Les deux éleveurs ont opté pour une approche similaire, c'est-à-dire donné du fourrage à volonté.

Pour la ferme 1, les vaches sortent au pâturage deux fois par jour : le matin et l'après-midi. En plus de l'herbe de prairie naturelle, les vaches reçoivent du trèfle blanc cultivé à volonté et ce quatre fois par jour : à 8h, à 12, à 16h et à 18h.

Concernant la ferme 2, les vaches s'alimentent d'une association trèfle blanc – avoine, qui sont deux fourrages cultivés par l'éleveur sur deux parcelles séparément. En plus de ces fourrages, l'éleveur donne du concentré en complément à raison de 8 à 10 kg/vache/jour. Le concentré a été distribué 2 fois/jour en quantités équivalentes après chaque traite et quelque soit le niveau de production des vaches. La nature des aliments distribués aux animaux sont reportés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Les fourrages et aliments utilisés au niveau des deux fermes durant la campagne 2017/2018.

	Le trèfle	Vesce-Avoine	Fourrage Naturel	Concentré
Ferme 1	***	-	***	-
Ferme 2	***	***	-	***

1.6. Le poids vif des vaches laitières

Les vaches laitières de la ferme 1 ont un poids vif qui varie entre 590 et 650 Kg, la moyenne d'âge de ces vaches est comprise entre 5 et 7 ans.

Le poids vif des vaches de la ferme 2 varie entre 550 et 620 Kg. Ces vaches sont plus jeunes et elles ont une moyenne d'âge de 2 ans.

1.7. La production laitière

La production laitière des élevages est plutôt variable selon les mois et la saison et selon le stade de lactation de chaque vache. La production laitière journalière moyenne dans la ferme 1 était de 39 litres par vache en Janvier, elle augmente jusqu'à 117 litres en Avril. Quant à la ferme 2, la production laitière journalière moyenne passe de 55 litres en Janvier et arrive à 126 litres en Avril.

1.8. L'hygiène et prophylaxie

Les deux éleveurs donnent une grande importance à tous ce qui est hygiène et prophylaxie, que ça soit en nettoyage du bâtiment ou du matériel ou même celui des vaches, les deux éleveurs font leurs possible pour respecter au maximum les normes d'élevage recommandées.

1.9. Les analyses fourragères

Des analyses classiques des fourrages ont été faites au laboratoire de l'ONAB d'Alger (Kouba) et au niveau des laboratoires communs du département des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Ses analyses touchent la teneur en matière sèche (MS), matière minérale (MM), cellulose brute (CB) ainsi que les matières azotées totales (MAT). Certains dosages sont effectués en double.

Les analyses effectuées sont toutes conformes aux normes (**AFNOR Paris, 1985**). Ces différentes analyses ont permis de déterminer la composition chimique des échantillons prélevés.

1.9.1. La matière sèche (MS)

Le principe consiste à placer 1g d'échantillon dans une étuve maintenue à 105°C jusqu'à poids constant pendant 24h, toute l'eau s'évapore et le résidu sec après dessiccation s'appelle la matière sèche (MS).

✓ Formule et calcul

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

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

P₀ : Représente le poids du creuset vide (g).

P₁ : Représente le poids du creuset avant séchage (tare + échantillon) (g).

P₂ : Représente le poids du creuset et du résidu après séchage (tare + résidu) (g).

1.9.2. Les matières minérales ou cendres (MM)

a) Principe

Lorsque l'échantillon est soumis à une incinération dans un four à moufle à 200 °C pendant 1h puis à 550 °C pendant 2h, la matière organique est consommée et la matière résiduelle représente le poids des minéraux (cendres) dans les échantillons (**A.O.A.C ,1990**). Le but est de déterminer la teneur en matière minérales dans les échantillons, de façon à calculer la quantité de matière organique (MO). Cette dernière présente la différence entre la MS et les matières minérales (MM).

b) Formule et calcul

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

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

Où :

P₃: Représente le poids des creusets vides et du résidu après calcination (Tare + cendre) (g).

1.9.3. La cellulose brute (CB)

a) Principe

La teneur en CB est dosée selon la méthode de **WEENDE**. Le principe consiste à doser les résidus cellulosiques obtenus après une double hydrolyse acide et alcaline, contient une fraction variable de la lignine et des hémicelluloses.

b) Formule et calcul

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

$$\% \text{ CB} = \text{P}_1 - \text{P}_2 / \text{P}_0 \times 100$$

P₁ : Poids du creuset + résidu après étuvage.

P₂ : poids du creuset + résidu après incinération.

P₀: Poids de la prise d'essai (poids de l'échantillon).

1.9.4. Dosage des matières azotées totales (MAT)

a) Principe

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

b) Formule et calcul

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

$$\text{N (g)} = \text{Volume} \times 0.00028 \times 12.5 \times 100 / \text{poids échantillon}$$

$$\text{MAT} = \text{N} \times 6.25$$

1.10. Mesures de l'ingestibilité et de la digestibilité de la matière organique

La quantité de matière sèche et la digestibilité des fourrages verts ingérées (QMSI) exprimée en g/kg^{p0.75} ont été prédites en utilisant le logiciel prevalim, les formules se trouvent aussi dans les tables INRA 2007 (Annexe 1):

$$\text{QMSIL} = 66,3 + 0,655 \text{ d.MO} + 0,098 \text{ MAT} + 0,626 \text{ MS} - 1,4 \quad \text{R}^2 = 0,67 \quad \text{ETR} = 5,10$$

1.11. Analyses du lait

Les échantillons du lait des vaches des deux fermes récoltés séparément puis gardés au congélateur dans le but de les analyser, ont subi des analyses au niveau de la laiterie de DBK (Tassili). Les principales analyses que nous avons effectuées sont :

La densité, l'acidité, la matière grasse ainsi que le test d'antibiotique.

A. Détermination de la densité

La densité du lait a été déterminée grâce au thermo-lactodensimètre (figure 11).

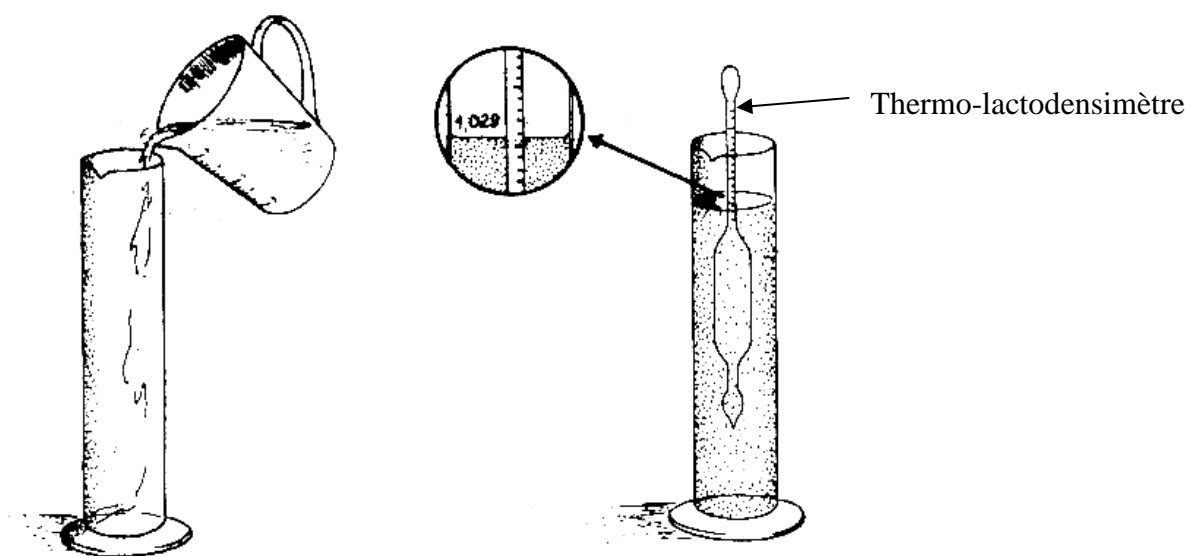


Figure 11 : Détermination de la densité par le thermo-lactodensimètre.

Le principe consiste à rincer l'éprouvette avec du lait à analyser, puis à versé le lait stérilisé dans l'éprouvette ; de façon inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou de bulles d'air. Ensuite, nous avons introduit le Thermo-lactodensimètre dans une éprouvette pleine de lait afin de provoquer un débordement de liquide. Ce débordement est nécessaire, il débarrasse la surface du lait des traces de mousse qui gênaient la lecture.

Le Thermo-lactodensimètre est introduit doucement dans le lait en le maintenant dans l'axe de l'éprouvette et en le retenant dans sa descente jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre, il faut attendre 30 secondes à une minute avant d'effectuer la lecture de la graduation.

Pour avoir le chiffre final de la densité, il faut en premier lieu, faire une première lecture de la densité en mesurant d'abord la température qui ne doit pas dépasser les 20°C, si elle dépasse les 20° C,

- Pour chaque degré au-delà de 20 on le multiplie par 0.2 et on ajoute ce résultat à la lecture de base
- Pour chaque degré en dessous de 20, on le multiplie par 0.2, et on diminue ce résultat de la lecture de base.

B. Détermination de l'acidité

Nous avons introduit dans un Becher 10 ml d'échantillon à analyser, auxquels on a ajouté 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré, puis nous avons titré avec la solution Na OH (N/9) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose (figure 12).

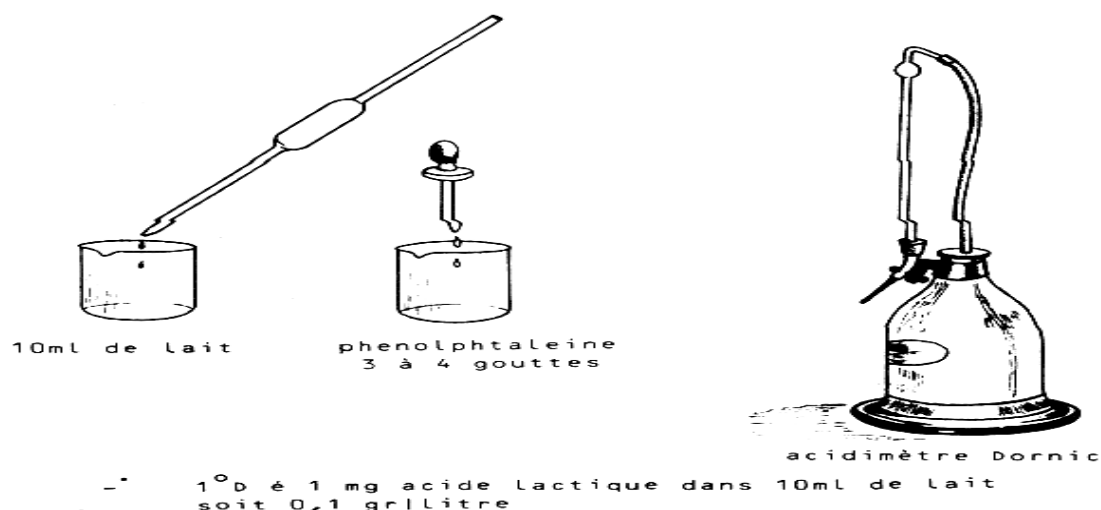
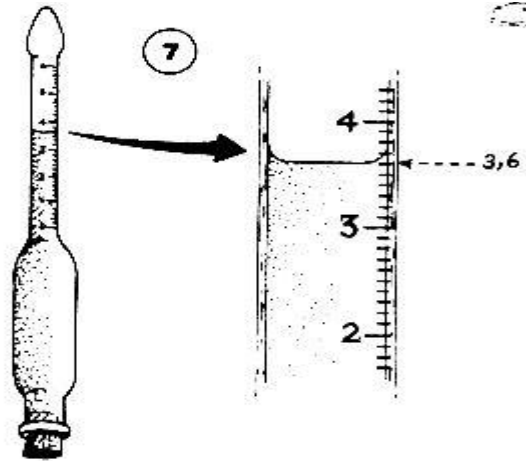


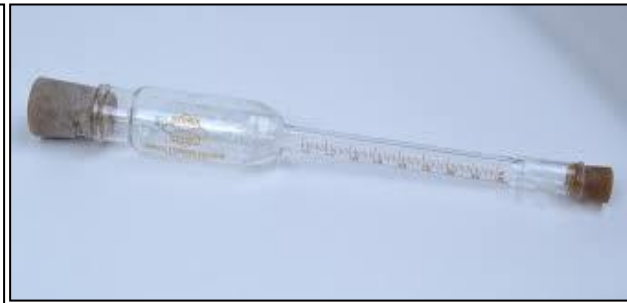
Figure 12 : Détermination de l'acidité

C. Détermination de la MG avec un butyromètre

La matière grasse du lait a été déterminée en utilisant le butyromètre à lait, illustré par la figure 13



Butyromètre GERBER



Butyromètre VAN GULIK

Figure 13 : Détermination de la MG

Tous d'abord on a introduit 10 ml d'acide sulfurique (91%) dans le butyromètre à lait par un distributeur, puis on a rajouté 11ml du lait à analyser.

- Ensuite, on a Ajouté 1ml d'alcool iso amylique et fermer avec un bouchon.
- Après, on a agité soigneusement jusqu'à la dissolution des protéines par action d'acide sulfurique, puis tourner le butyromètre du haut en bas cinq à six fois.
- Afin d'obtenir une bonne homogénéisation mettre le butyromètre dans une centrifugeuse pendant 5 minutes.
- En fin, faire la lecture.

D. Détermination du test d'antibiotique

Le DELVOTEST qui est un test microbiologique, permet de détecter la présence d'antibiotiques dans le lait grâce à une souche bactérienne (*Bacillus stearothermophilus*). Il se présente sous forme d'ampoules qui contiennent un milieu de culture et des spores de *Bacillus stearothermophilus*. En présence de lait qui apporte des nutriments aux bactéries et après incubation (la température optimale de multiplication de ce germe est 64°C), les bactéries peuvent germer et se multiplier. Seule la présence de résidus d'antibiotiques dans le lait empêche cette multiplication.

1.12. Calcul de la valeur énergétique et azoté des aliments

Les valeurs énergétiques (UFL) et azotées (PDI) ont été déterminées grâce au logiciel PréValim, celui-ci permet à partir du résultat de l'analyse d'un fourrage ou d'un aliment concentré d'en estimer la valeur alimentaire pour les ruminants. Il intègre de façon hiérarchisée l'ensemble des outils proposés par l'INRA pour prévoir la valeur des aliments. Les équations utilisées dans le calcul de la valeur nutritive de nos échantillons, données par PréValim, sont données en annexe 1 et 2.

Résultats et discussion

1. Composition chimique, ingestibilité et digestibilité de la matière organique des aliments ingérés

Dans le tableau 17 sont répertoriés les résultats de la composition chimique et de la digestibilité des aliments consommés par les vaches des deux fermes.

Tableau 17 : La composition chimique, ingestibilité et digestibilité des aliments consommés par les vaches des deux fermes

	Composants	MSV (%)	En % MS			d.MO (%)	QMSI/Vache g/kg p ^{0,75}
	Aliments		MM	CB	MAT		
Ferme 1	Herbe pâturée 1 (début 2 ^{ème} cycle)	18,14	10,45	26,53	14,52	71,3	138,58
	Herbe pâturée 2 (fin 2 ^{ème} cycle)	21,66	10,0	24,24	16,61	74,4	144,87
	Trèfle Blanc	11,74	10,87	25,18	14,74	70,0	134,94
	Avoine	20,6	9,40	28,77	8,5	67,6	132,46
	Trèfle Blanc	11,74	10,87	25,18	14,74	70,0	134,94
Ferme 2	Avoine + Trèfle	16,75	5,2	19,5	9,75	68,28	131,06
	Concentré	89,51(%)	5,73	12,01	13,98	75,33	65,57

La composition chimique des fourrages est la première étape indispensable à valoriser en alimentation animale car elle nous permet d'estimer la valeur nutritive des aliments. Cette dernière a pu être calculée à partir de la détermination des paramètres essentiels de la composition chimique qui sont : MS, MM, MAT et CB.

Il faut rappeler que les vaches de la ferme 1 ont pâturé l'herbe sur la parcelle alors que le trèfle blanc leur a été distribué à l'auge, par contre, les vaches de la ferme 2 ont reçu leur alimentation à l'auge.

1.1. Composition chimique

1.1.1. Teneur en matière sèche (MS)

L'analyse fourragère montre une variation de la matière sèche entre les fourrages ingérés par les vaches des deux fermes étudiées ce qui est due au stade de récolte des fourrages. En effet, la teneur en MS de l'herbe, récoltée au début du 2^{ème} cycle et consommée par les vaches de la ferme 1, est légèrement plus faible que celle de l'herbe récoltée à la fin du 2^{ème} cycle soit 18,44 et 21,66 % respectivement. Ces valeurs sont supérieures par rapport à celle enregistrée par le trèfle blanc soit 11,74 %.

Par rapport à l'avoine, le trèfle présente une teneur plus faible en MS, les teneurs sont respectivement de 20,6 et 11,74%.

Cependant, nous constatons que dans le cas de l'association du trèfle blanc avoine (T-B) (ferme 2), la teneur en MS est inférieure de 5 points (environ 30%) par rapport à celle de l'avoine seule : 16,75% contre 20,6% respectivement. Ce résultat est en concordance avec celui de **Giovani (1988)** où la diminution était entre 4 et 8 points par rapport à celle du dactyle et des repousses riches en trèfle (30 % ou plus).

Quant au concentré, sa composition chimique est classique, elle ne demande pas de commentaire particulier.

1.1.2. Teneur en matières minérales (MM) ou cendres

Concernant les fourrages distribués aux vaches de la ferme 1, les valeurs des matières minérales sont très comparables dans le cas de l'herbe des prairies naturelles et du trèfle blanc, les teneurs sont respectivement de 10,45 ; 10 et 10,87 % de MS. Ces teneurs élevées sont dues à la richesse de l'herbe et du trèfle en feuilles comparativement aux graminées (**DEMARQUILLY et al., 1988**).

L'avoine, qui est une graminée exploitée au stade repousse (2^{ème} coupe), est peu riche en cendre par rapport au TB de fait de sa teneur plus élevée en matières organiques, les teneurs sont respectivement de 9,40 et 10,87 % de MS. Néanmoins, nous constatons que dans le cas de l'association T-A, la teneur en cendres n'est pas améliorée, bien au contraire, elle a diminué, elle est passée à 5,2 % de MS.

Les fourrages distribués au niveau de la ferme 1 présentent une teneur plus élevée en MM par rapport à celle de l'association TB-A (9,40 % de MS) donnée au niveau de la ferme 2 (tableau 17), y compris le concentré qui est donné en complément aux vaches (8 kg/V/j) qui présente une teneur aussi faible en MM (5,73 %) de MS.

1.1.3. Teneur en cellulose brute (CB)

Les valeurs sont très comparables dans le cas des fourrages des prairies permanentes et du T-B : les teneurs sont de 26,53 ; 24,24 et 25,18 % de MS respectivement.

L'herbe de pâturage correspond à des fourrages exploités en 2^{ème} cycle. Il est bien connu qu'au cours d'un cycle de pousse, la teneur en parois végétale augmente avec la croissance de la plante (DEMARQUILLY et ANDRIEU, 1990), ce qui explique la teneur élevée de cette herbe en CB. Néanmoins, nous constatons, que l'herbe récoltée en fin du 2^{ème} cycle est peu riche en CB que l'herbe du début du cycle, ceci peut s'expliquer par ;

- L'influence des facteurs du milieu et du climat vu que l'année 2018 a connu une saison printanière pluvieuse et fraîche ce qui a permis de se développer lentement ;
- développement des légumineuses qui permettent une pousse relativement stable dans le temps, en particulier lors de la période estivale et une bonne valeur alimentaire.

Cependant, l'influence du trèfle blanc sur l'association se manifeste par une teneur en cellulose brute inférieure de 9 points (soit plus de 32 %) à celles de la graminée, cette diminution est fonction de la proportion du TB. Les teneurs sont respectivement de 28,77 % de MS pour l'avoine et 19,5 % de MS pour l'association. On note une teneur plus importante en CB du trèfle par rapport à celles de la littérature (GIOVANI, 1988 ; INRA, 2007).

1.1.4. Teneur en matières azotées totales (MAT)

La teneur en MAT de la légumineuse est de 14,74 % de MS, valeur similaire à celle de l'herbe pâturée pendant le début du 2^{ème} cycle (14,52 % de MS) mais légèrement inférieure à celle de l'herbe pâturée en fin du cycle (16,61 % de MS) (ferme 1). Nous constatons qu'à la fin du 2^{ème} cycle, la teneur en MAT de l'herbe pâturée a augmenté d'environ 2 points, l'herbe s'est enrichie en azote pour atteindre 16,61 % de MS à la fin du cycle.

L'avoine, qui est une graminée qui apporte de l'énergie, est peu riche en azote, elle présente une teneur en MAT de 8,5 % de MS contrairement au trèfle qui lui est une légumineuse riche en feuilles et pauvre en tiges (14,74 % de MS). Cependant, nous constatons que dans le cas de l'association du trèfle blanc-avoine (ferme 2), la teneur en MAT s'est légèrement améliorée, elle est de 9,75 % de MS.

Selon **DEMARQUILLY** et **ANDRIEU (1988)**, plus la proportion de feuilles ou de limbes (plus particulièrement chez les légumineuses) est élevée plus la teneur en matières azotées de la plante évolue ainsi qu'en minéraux.

Les résultats du tableau 18 montrent que la ration composée de l'association trèfle-avoine donnée aux vaches de la ferme 2 à l'auge, est déficitaire en azote, elle contient 9,75 % de MS. Toutefois, les vaches reçoivent en complémentation du concentré riche en azote, sa teneur est de 13,98 % de MS ce qui compense le déficit de l'association en azote.

1.2. Digestibilité de la matière organique (d.MO)

La digestibilité de la MO des aliments distribués au niveau des deux fermes est donnée dans le tableau 17.

Selon les résultats du tableau 17, nous constatons, qu'à part le concentré, les fourrages donnés aux vaches de la ferme 1 sont plus digestibles que ceux donnés au niveau de la ferme 2. La digestibilité est comprise entre 74,4 et 70 % pour la ferme 1 et entre 70,0 et 68,28 % pour la ferme 2. Ce résultat est logique vue la richesse des fourrages de la ferme 1 en matières azotées. Concernant l'herbe pâturée riche en espèces fourragères, la d.MO correspond aux résultats de la littérature où la digestibilité des repousses feuillues est comprise entre 85 et 70% (**DEMARQUILLY** et **ANDRIEU, 1988**).

Aussi, les différences de digestibilité de la matière organique du trèfle blanc et de l'avoine sont donc faibles (70 et 67,6 % respectivement), en revanche, la digestibilité de l'association s'est légèrement améliorée (68,28 %) par rapport à l'avoine pure (67,6 %). le même résultat est obtenu par **GIOVANI (1988)** avec 40 % de trèfle, la digestibilité de l'association était peu différente de celle du ray-grass pur (80,4 et 73,8 % respectivement à 35 jours de repousses).

1.3. Ingestibilité

Les résultats du tableau 17 montrent que l'ingestibilité varie dans le même sens que la digestibilité car elles dépendent des mêmes critères.

Les résultats montrent que l'herbe pâturée a été consommée en plus grande quantité par rapport au fourrage cultivé qui est le trèfle blanc et ce au niveau de la ferme 1, les valeurs sont : 138,58 ; 144,8 et 134,94 g/kg p^{0,75} respectivement pour l'herbe 1, l'herbe 2 et le trèfle. Ces valeurs sont supérieures à celles de la ferme 2 qui sont respectivement de 132,46 ; 134,94 et 131,06 g/kg p^{0,75} pour l'avoine, le trèfle blanc et l'association trèfle-avoine.

Les quantités ingérées plus faibles de fourrage consommées par les vaches de la ferme 2 s'expliquent par le fait que ces vaches ont consommées chacune, en plus fourrage, 8 kg de concentré ce qui a fait que les vaches ont diminué leur consommation en fourrage (car elles sont limitées par leur capacité d'ingestion) en consommant la totalité du concentré, c'est ce qu'on appelle le phénomène de substitution fourrage-concentré.

Aussi, l'ingestibilité augmente avec la teneur en matières azotées, et avec l'augmentation de la digestibilité de la matière organique, c'est le cas des fourrages de la ferme 1.

Les résultats montrent aussi que dans le cas de l'association, il y a eu augmentation de l'ingestibilité par rapport à l'avoine seule ce qui permet d'attribuer au trèfle blanc une très bonne efficacité alimentaire. Selon **GIOVANNI (1988)**, les aliments, en particulier chez la vache laitière, seraient mieux utilisés en présence de trèfle blanc dans la ration, et cela se traduit par une augmentation de la quantité de fourrage ingéré.

2. Valeur énergétique et azotée de l'aliment consommé

La valeur énergétique (UFL) et azotée (PDI) des échantillons prélevés au cours de notre travail 2018, sont rapportées dans le tableau 18.

Tableau 18 : Valeur nutritive des aliments prélevés dans les deux fermes.

Elevage	Aliment	UFL	PDIN (g)	PDIE (g)
Ferme 1	Herbe 1	0,84	97	96
	Herbe 2	0,90	112	103
	Trèfle Blanc	0,82	91	82
	X ± ø	0,85 ± 0,042	100 ± 10,82	93,66 ± 10,69
Ferme 2	Avoine	0,78	55	76
	Trèfle Blanc	0,82	91	82
	Trèfle + Avoine	0,80	73	79
	X ± ø	0,80 ± 0,02	73 ± 18	79 ± 3

2.1. La valeur énergétique

La valeur énergétique du fourrage dépend avant tout de la teneur en matière organique digestible (MOD) et donc du coefficient de digestibilité de la MO, ce dernier entraîne une augmentation de la valeur énergétique ce qui aboutit à l'augmentation de l'ingestibilité.

Par rapport aux fourrages consommés par les vaches de la ferme 2, les fourrages distribués au niveau de la ferme 1 présentent en moyenne une bonne valeur alimentaire. Ainsi, la valeur énergétique moyenne est légèrement plus élevée pour la ration donnée au niveau de la ferme 1 par rapport à celle donnée au niveau de la ferme 2 ; les valeurs sont de $0,85 \pm 0,042$ et de $0,81 \pm 0,022$ UFL/kg de MS respectivement. Ces résultats sont conformes aux normes données par **DEMARQUILLY** et **ANDRIEU (1988)** pour les repousses : 0,85 et 1,10 UFL/kg MS pour des digestibilités de 70 et 85% respectivement, cependant, la ration donnée au niveau de la ferme 2 présente une valeur énergétique moyenne légèrement plus faible que la norme.

Nous constatons que l'herbe naturel pâturée par les vaches de la ferme 1 présente de bonnes valeurs énergétiques comparativement au cultivé, elles sont de 0,84 ; 0,90 et 0,82 pour l'herbe 1, l'herbe 2 et le trèfle respectivement. Cette bonne valeur énergétique des fourrages naturels est due probablement à la bonne valeur alimentaire des espèces fourragères diversifiées qui la compose notamment les légumineuses riches en feuilles. Il est bien connu que les

repousses sont riches en légumineuses qui poussent bien avec l'augmentation de la température **(DEMARQUILLY et J. ANDRIEU, 1988 ; GIOVANNI, 1988)**.

La relation entre la valeur énergétique et la digestibilité de la matière organique est positive et bien connue, nous constatons que les fourrages distribués au niveau de la ferme 1, où la valeur énergétique extrême est de 0,9 UFL/Kg MS, disposent d'une digestibilité élevée (74,4 %) alors que la valeur énergétique la plus faible (0,78 UFL/Kg de MS) présente une digestibilité faible (67,6 %) c'est le cas de la graminée pure. Cependant, il apparaît que la valeur énergétique de l'association avoine + Trèfle blanc n'est pas améliorée pour les repousses de l'association même avec 50 % MS de trèfle au second cycle soit 0,80 UFL et 0,78/kg MS.

2.2. La valeur azotée

La valeur azotée des fourrages s'exprime par leur teneur en protéines digestibles dans l'intestin (PDI). On distingue :

- La valeur PDIN : sa teneur dépend de celle des MAT, de la dégradabilité théorique (DT) et de sa dégradabilité réelle (dr) ;
- La valeur PDIE dont la teneur dépend des mêmes critères que ceux des PDIN et de la MO fermentée dans le rumen utilisable pour la synthèse de la matière azotée microbienne.

La valeur azotée moyenne exprimée en g de PDI est respectivement de $100 \pm 10,82$ g et de $93,66 \pm 10,69$ g pour les PDIN et les PDIE des fourrages de la ferme 1. Ces valeurs moyennes sont très élevées par rapport aux résultats des fourrages de la ferme 2, elles sont respectivement de $77 \pm 16,73$ g et $85 \pm 12,25$ g pour les PDIN et les PDIE.

On constate que l'herbe pâturée au niveau de la ferme 1 possède une valeur azotée élevée, notamment l'herbe 2 (103 et 112 respectivement pour les PDIE et PDIN), mais reste légèrement inférieur aux résultats obtenus pour les fourrages du 2^{ème} cycle dans les prairies permanentes de demi-montagne des régions d'Auvergne (107 et 131 pour les PDIN et 92 et 101 pour les PDIE) **(DEMARQUILLY et ANDRIEU, 1988)**.

Contrairement à la valeur énergétique, la valeur azotée de l'association est très élevée par rapport à celle de la graminée seule surtout pour les PDIN, les teneurs sont de 73 g contre 55 g et 79 g contre 76 g pour les PDIN et les PDIE respectivement.

3. La production laitière

3.1 Résultats d'analyses physico-chimiques du lait

Après l'enregistrement des analyses physico-chimiques du lait de mélange collecté dans chaque ferme séparément, nous avons recueilli les résultats résumés dans le tableau 19.

Tableau 19 : Caractéristiques physico-chimiques des laits de mélange collecté dans les 2 fermes étudiées.

Paramètres Lait de la :	Échantillon	MG (g/l)	Densité	Acidité (°D)	Température (T°)
Ferme 1	1	38,5	1031,5	16	10
	2	39	1031,6	16	3
	3	38	1029,4	16	7
Moyenne ± σ		38,5 ± 0,5	1030,8 ± 1,24	16 ± 0	6,66 ± 3,51
Ferme 2	1	40	1028,6	14	13
	2	43	1031,2	18	1
	3	39	1028	16	5
Moyenne ± σ		40,67 ± 2,08	1029,27 ± 1,70	16 ± 2	6,33 ± 6,11

3.1.1 La densité

La densité moyenne du lait des vaches appartenant à la ferme 1 est supérieure à celle du lait des vaches de la ferme 2 : 1030,8 et 1029,3 respectivement. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes et aux normes fixées par l'unité pour les laits destinés à la fromagerie, c'est-à-dire une densité comprise dans l'intervalle 1029-1035. D'après les recherches de **TOOHER (1925)** comportant environ 700 mesures, le chiffre de 1031 correspond à un lait normal d'une vache de 8 ans, valeur enregistrée dans 80% des cas.

L'analyse de la figure 14 et du tableau 19 montrent que, par rapport au lait de vaches de la ferme 2, les densités des trois échantillons de lait de vaches de la ferme 1, sont dans les normes, tandis que deux sur trois des laits de vaches de la ferme 2 ont une densité un peu plus faible que la norme. Selon la littérature, la densité est d'autant plus faible que le lait est riche en matières grasses ce qui est confirmé par les résultats du tableau 19 qui donne une teneur en

MG du lot 2 plus élevée que celle des vaches du lot 1 : $40,66 \pm 2,08$ et $38,5 \pm 0,5$ g/l respectivement .

Le lait de la ferme 1 serait donc moins riche en matière grasse que le lait de la ferme 2. Ainsi, la faible densité retrouvée dans les deux cas chez l'éleveur 2, pourrait être due à un mouillage pour augmenter le volume ou au taux butyreux élevé relaté dans ses deux cas.

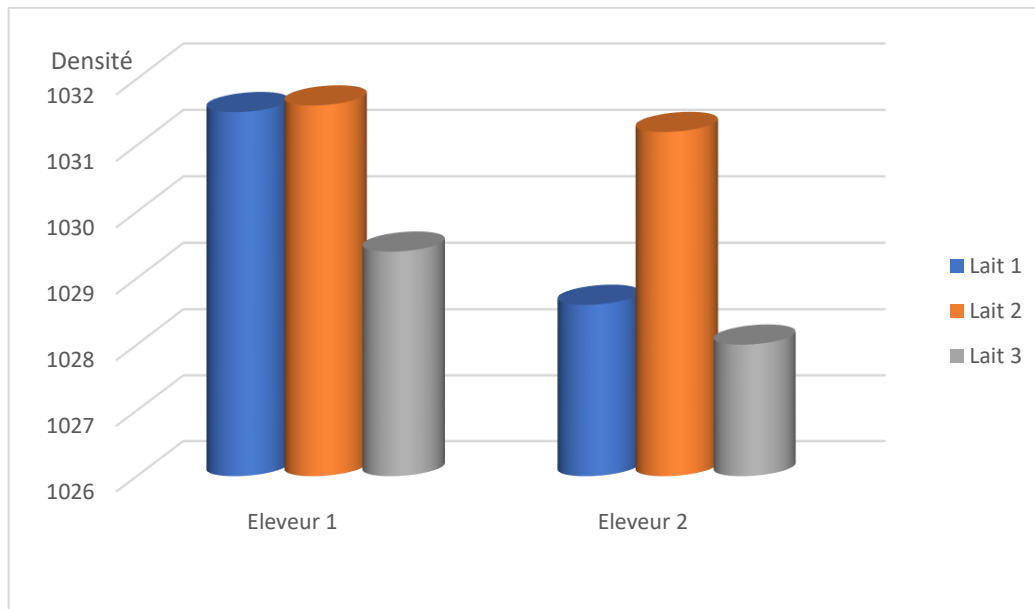


Figure 14 : Variation de la densité du lait de vaches des deux fermes.

3.1.2. L'acidité du lait

La surveillance de l'acidité est un moyen de surveiller l'état de fraîcheur du lait ainsi que la qualité hygiénique de la traite. Tous les laits analysés ont une acidité conforme aux normes, qu'elles soient nationales, internationales et à celles de l'unité, c'est-à-dire une acidité comprise dans un intervalle de 14 et 18 D°.

Dans le cas des vaches du lot 2, nous constatons une variation d'acidité entre les trois testes de laits que nous avons effectué (18, 16, 14 D°), contrairement aux échantillons de lait des vaches du lot 1, où nous avons noté une stabilité de l'acidité du lait (16 D°). La mesure de l'acidité d'un lait permet d'évaluer sa fraîcheur. Ainsi moins un lait est frais, plus son acidité est grande.

D'après ces résultats, on peut dire que le lait des vaches de la ferme 1 est plus frais que celui des vaches de la ferme 2 car il présente dans les 3 tests une acidité non variable et

inférieure à 18. La stabilité de la fraîcheur du lait des vaches de la ferme 1 est due sûrement aux bonnes conditions de stockage du lait dans les cuves réfrigérées juste après la traite et surtout une bonne hygiène de traite (hygiène de la mamelle, de la machine à traire, des cuves).

La stabilité de l'acidité du lait de vache de la ferme 1 ainsi que la variation de celle de la ferme 2 est bien illustrée par la figure suivante 15.

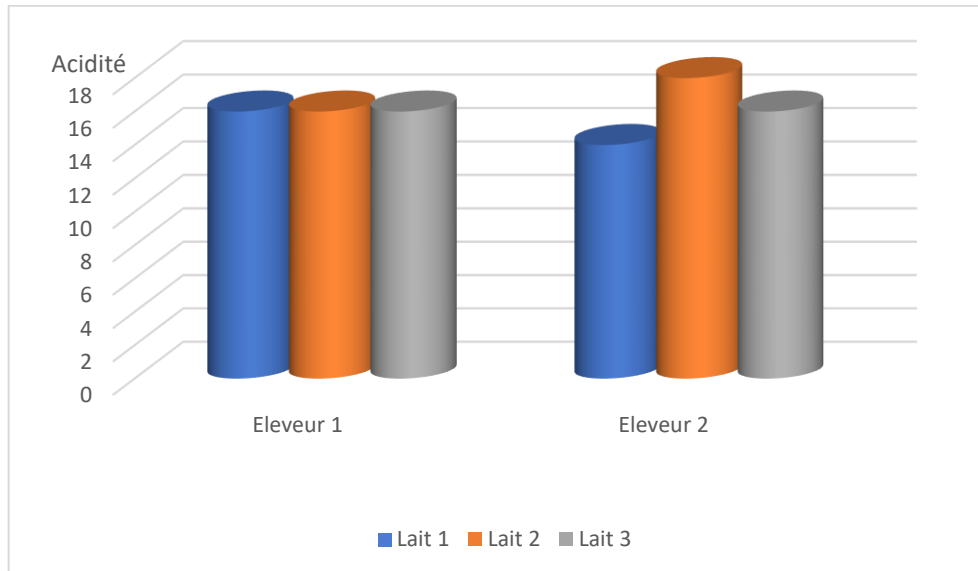


Figure 15 : Variation de l'acidité des échantillons du lait des vaches des deux fermes.

3.1.3. La matière grasse

Selon les résultats indiqués dans le tableau 19, tous les échantillons de laits analysés ont montré un taux de matière grasse conforme aux normes et aux résultats obtenus par **AGABRIEL (1990)** qui donnent des valeurs variant entre 33 et 43,51 g/l. Le taux butyreux moyen a été plus élevé dans les échantillons de lait de la ferme 2 que ceux de la ferme 1, soit $40,66 \pm 2,08$ et $38,5 \pm 0,5$ g/l respectivement.

L'analyse de la figure 16 et du tableau 19 montrent que, les teneurs de la matière grasse des trois échantillons du lait de vaches de la ferme 1 sont inférieures (variant entre 38 et 39 g/l) à celles des échantillons du lait de la ferme 2 (variant entre 39 et 43 g/l).

Le lait de la ferme 1 serait donc moins riche en matières grasses que le lait de la ferme 2. Selon la littérature, plusieurs facteurs font varier le taux butyreux (TB) du lait :

- il varie en fonction du stade de lactation, et cela en sens inverse de la quantité journalière de lait produite, ainsi, c'est au pic de lactation et en début de lactation que le TB est le plus faible.

- Il varie aussi en fonction de l'alimentation, les aliments riches en sucres simples (s'ils ne sont pas distribués en excès), augmentent la production de butyrate, ce qui est très favorable à de bon TB. C'est le cas des vaches de la ferme 2 qui reçoivent de la mélasse apportée par le concentré.

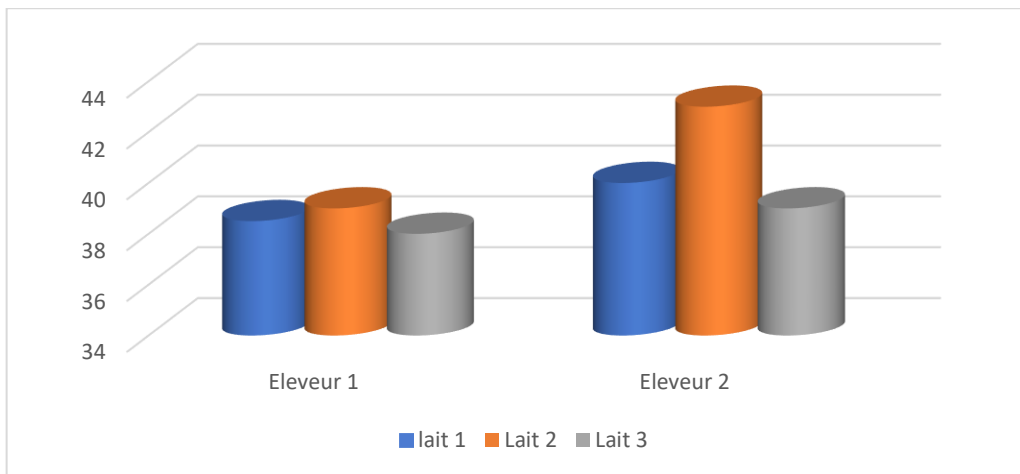


Figure 16 : Variation du taux de matière grasse (MG) des échantillons du lait au niveau des deux élevages.

3.2. La production laitière des deux fermes

3.2.1. La production journalière et Mensuelle

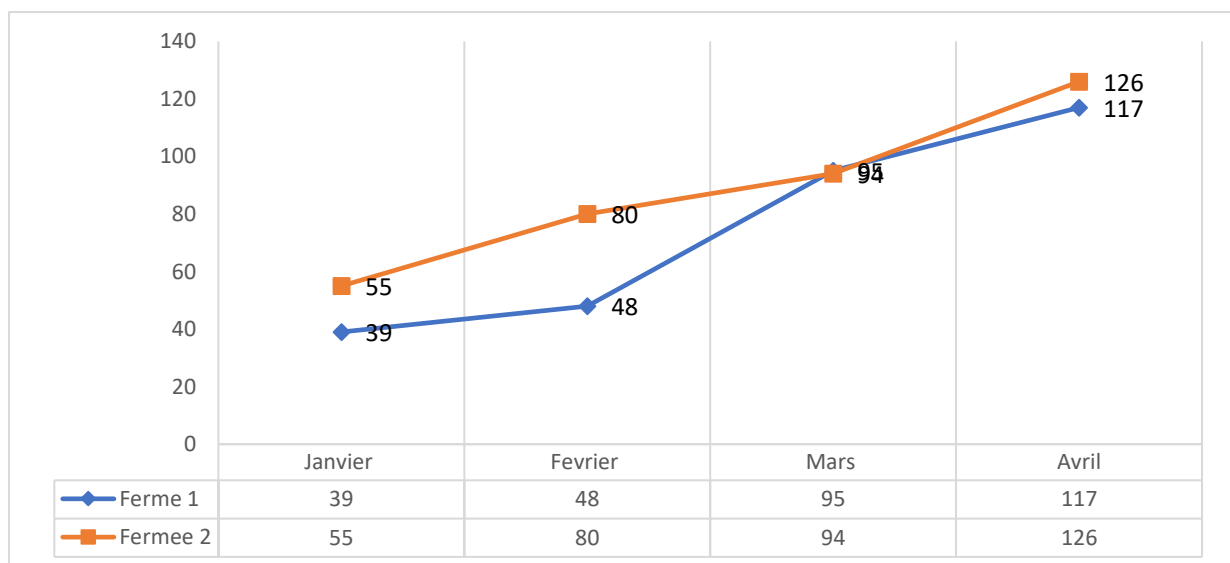


Figure 17 : Moyenne mensuelle de la production laitière des vaches des deux fermes.

La figure 17 montre que la production laitière des deux fermes suit presque le même rythme d'évolution, mais avec une légère différence lors des deux premiers mois (Janvier et Février), cela est due sûrement au fait que la plupart des vaches étaient encore en gestation et n'étaient pas encore en lactation, et au niveau de la ferme 2 la production était un peu plus importante, cela est expliqué par le simple fait que cet élevage dispose de plus de vaches.

La production laitière a largement augmenté en période Mars/Avril dans les deux fermes avec un rythme un peu plus élevé dans le cas de la ferme 1 ; et cela est expliqué par le fait de la disponibilité du vert durant cette période et que l'éleveur a fait sortir ses vaches au pâturage d'où le fait de la hausse de production, , tandis qu'au niveau de la ferme 2, les vaches ne sortaient pas pâturer, ce qui explique la légère différence de production entre les deux fermes.

La production laitière totale dans les deux élevages suit le même rythme d'évolution que celui de la production journalière, c'est-à-dire une constante évolution. Le tableau n°20 montre la quantité de lait produite par mois dans les deux fermes.

Tableau 20 : Total de la production laitière dans les deux élevages (l).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Total
Ferme 1	627	677	1420	1752	4476
Ferme 2	818	1109	1506	1887	5320

3.2.2. Les courbes de lactation : comparaison

L'évolution des courbes de lactations des fermes 1 et 2 sont données dans les figures 18 et 19.

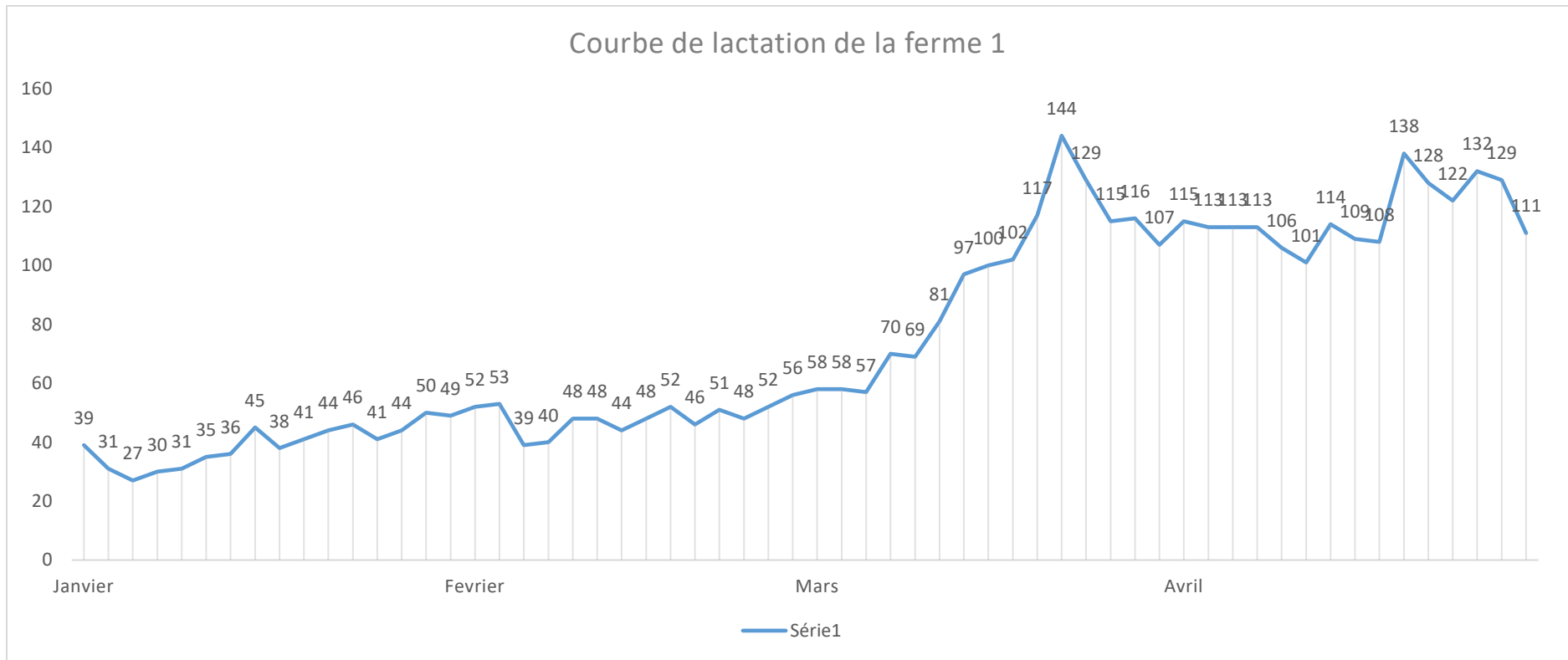


Figure 18 : Courbe de lactation de ferme 1

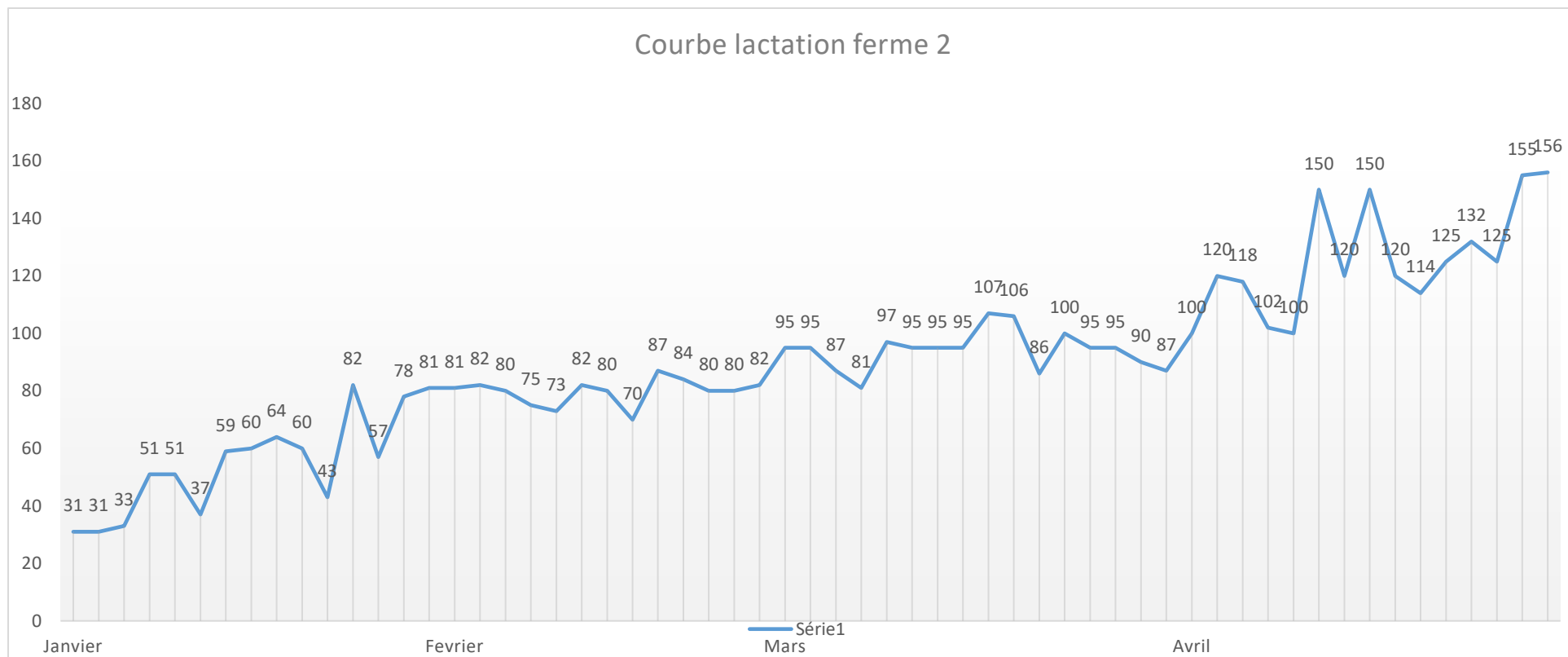


Figure 19 : Courbe de lactation de ferme 2

❖ Comparaison entre les 2 fermes :

Les résultats obtenus dans les deux fermes restent inférieurs aux normes notamment pour les mois de Janvier et Février, cette faible production est plus visible au niveau de la ferme 1. Elle est due probablement :

- Au fait que la région a vu un hiver, pluvieux et froid, les vaches ne sortaient pas au pâturage ; elles recevaient leurs alimentations composées de fourrage vert et de Trèfle blanc à l'auge. Comparativement aux vaches de la ferme 1, celles de la ferme 2 recevaient, en plus du fourrage composé de l'avoine et du trèfle blanc les deux cultivés, 8 à 10 kg/vache/jour de concentré ce qui a permis à ces vaches de donner plus de lait.
- Le fait que la plupart des vaches étaient en fin de gestation (en période de tarissement) et donc quelques-unes seulement qui produisaient pendant cette période.

➤ Courbe de lactation de la ferme 1

La courbe de lactation réalisée à partir des données de la production laitière journalière, est illustrée par la figure 18.

En analysant la production laitière journalière et mensuelle obtenue au niveau de la ferme 1, on constate que la production était en constante évolution, elle augmente avec un rythme plutôt stable, notamment lors des mois de Janvier et Février, pour augmenter d'une façon considérable lors du mois de Mars pour atteindre un pic de production de 144 litres. Cette augmentation coïncide avec le fait que la plupart des vaches de cette ferme ont mis bas en fin du mois de Février et quasiment au même moment vu qu'elles sont inséminées artificiellement. Après ce pic de production, nous assistons à une chute de la production, ce constat est dû au fait que ces vaches ont épuisé leurs propres réserves corporelles pour produire ce pic de lactation qui chute après. L'utilisation des réserves corporelles est un phénomène inévitable car pendant cette période, la capacité d'ingestion de la vache est faible alors que ces besoins surtout énergétiques sont élevés. Cette partie de la courbe de lactation correspond à la phase ascendante de la courbe où la production laitière commence à diminuer après un pic de lactation de deux mois environ.

Un deuxième pic avec 138 litres de lait a été enregistré durant le mois d'Avril, ceci est dû probablement à l'abondance du fourrage de prairie pendant cette période qui est complétement avec du trèfle blanc qui est une légumineuse riche en azote.

Après ce deuxième pic, nous constatons une faible diminution de la production ce qui est normal vu que les vaches commencent la troisième phase de lactation.

➤ Courbe de lactation de la ferme 2

La courbe de lactation qui représente la production laitière des vaches de la ferme 2 est illustrée par la figure 19.

Comme pour la ferme 1, la production laitière était en constante évolution, mais dans ce deuxième cas, cette évolution progressive a duré un peu plus longtemps et le pic de production est atteint au début du mois d'Avril. Ce laps de temps où la production est plutôt stable et constante revient au fait que certaines vaches ont mis bas mi-janvier et d'autres début Février car la saillie des vaches se fait naturellement. Au milieu du mois de Mars, d'autres vaches ont vêlé d'où le pic de production avec 150 litres au début du mois d'Avril.

Après le pic de lactation, l'éleveur avait opté pour une alimentation mixte entre fourrage cultivé distribué à l'auge et une quantité assez élevée de concentré et cela afin de recouvrir les pertes que ses vaches ont subies en utilisant leurs réserves corporelles et afin de produire du lait. Effectivement, après la chute de la production juste après le pic de lactation, cette dernière a vu une hausse considérable le mois d'Avril qui dépasse même le pic de départ avec 156 litres. Ceci est dû probablement à l'alimentation donnée aux vaches surtout le concentré de production qui permet aux vaches de produire plus de lait.

Discussion générale

La composition de l'herbe pâturée par les vaches de la ferme 1, est composée d'un mélange d'espèces fourragères qui forment d'elle une herbe équilibrée surtout au printemps. Elle est composée en moyenne de 17% de graminées, de 14% de légumineuses, de 57% de plantes diverses (composées, qui sont consommables au stade jeune), le reste, 12%, représente les déchets et les feuilles sénescents. La figure 20, qui donne la moyenne des composants botaniques de la parcelle est donnée en annexe 5.

On note que le fourrage pâturé dispose d'une assez bonne quantité de graminée qui sont riches en amidon c'est-à-dire en énergie. L'éleveur laisse pâturer ses vaches dans ce champ le matin et l'après-midi, et donc elles consomment une bonne quantité d'énergie contenue dans le fourrage, il leurs ajoute du trèfle blanc à volonté à l'auge, et cela quatre fois par jour, ce qui fait un apport considérable en protéine et donc en azote ce qui permet aux animaux de satisfaire leurs besoins d'entretien et de production. Ce régime se traduit par une production laitière élevée et une très bonne qualité notamment du point de vue densité et matière grasse.

Dans le cas de la ferme 1, l'alimentation était à base de fourrages verts en qualité et quantité suffisante, cela s'est traduit par une très bonne production laitière notamment le mois de Mars et Avril qui avait atteint son surcroît avec 1420 et 1752 litres respectivement. Une hausse considérable en production laitière est permise par l'abondance du vert pendant cette période.

La quantité de lait élevée produite par les vaches de la ferme 2 est due à la quantité d'énergie ingérée apportée par la ration journalière totale qui est représentée par le fourrage et le concentré.

De nombreux tests ont montré qu'une faible consommation en fourrage, due à une ingestion élevée de concentré, diminue la production laitière mais aussi provoque une chute du taux de matière grasse du lait. Au niveau de cette ferme 1, le fourrage était consommé en grande quantité, ce qui a permis d'avoir un taux de MG dans les normes compris entre 38 et 39 g/L.

Une ration riche en MS, donc riche en nutriments, donne une bonne densité au lait. Au niveau de la ferme 1, l'alimentation qui était à base de fourrage a permis aux vaches de produire un lait avec un bon taux de MG et une bonne densité comprise entre 1029 et 1031,6 ; des résultats qui sont conformes aux normes utilisées dans l'unité et aux normes nationales.

Au niveau de la ferme 2, les vaches ont reçu une alimentation mixte : l'avoine qui est une graminée qui apporte de l'énergie et le trèfle qui est une légumineuse qui apporte de l'azote, les deux sont cultivés et donnés à l'auge et du concentré. Ce dernier a permis une augmentation de la quantité du lait produit et de celle du taux de matière grasse dans le lait où les valeurs étaient comprises entre 39 et 43 g/l. Ce taux élevé de la MG a conduit à une faible densité du le lait analysé comparativement à celle du lot 1.

Conclusion

Conclusion générale

Nous ne pouvons pas tirer de conclusions très objectives, ceci est dû d'une part au nombre insuffisant des échantillons exploités lors de l'expérimentation, et d'autre part aux résultats eux même qui sont très difficiles à exploiter.

Cette étude nous confirme la nécessité de déterminer la composition chimique des fourrages dans les conditions algériennes afin d'établir nos propres tables de valeurs alimentaires.

Ce travail nous a permis d'une part de connaître la teneur en constituants pariétaux de certains fourrages de la zone de montagne dans la région de Tizi-Ouzou, (la région de Draa-El-Mizan), lors du 2^{ème} cycle, et d'autre part, de déterminer leurs valeurs nutritives et la matière organique, ces dernières ont été déduites grâce au logiciel PrivAlim et ce à partir de la composition chimique (MS, MM, CB, CB,) des aliments.

Le suivis de ce travail nous a permis déduire les qualités physico-chimique (acidité, densité, matière grasse) des laits produits dans chacune des deux fermes (analyses effectuées au niveau de la laiterie de Draa-Ben-Khedda), mais aussi de suivre leurs productions laitières durant cette période.

A la fin de notre travail, on conclue, qu'une bonne production laitière n'est pas nécessairement liée à apport de concentré si la ration journalière est bien équilibrée en énergie et en azote : ainsi une bonne alimentation composée de fourrages verts seules permet d'avoir une très bonne production laitière et un lait de meilleure qualité qu'un lait produit issue de fourrages et d'une complémentation en concentré surtout si le pourcentage de ce dernier est très élevé dans la ration. Le facteur humain joue aussi un rôle primordial dans la gestion d'un élevage qui aboutira sans doute à une bonne production, car connaître bien les normes d'hygiène et les pratiques d'élevage permet d'avoir des résultats meilleurs que ça soit en qualité ou en quantité de lait produit.

Enfin, il est nécessaire d'avoir des tables de valeurs alimentaires des aliments disponibles en Algérie, et que les éleveurs aient un minimum de connaissances dans la gestion des élevages si on veut que la production régionale et nationale augmente.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ABOUTAYEB R. (2009). Technologie du lait et dérivés laitiers. *In* Ghaoues S. (2011). Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'Est Algérien. Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires: Technologie Alimentaire. Constantine: Institut de la Nutrition de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires, 130 p.

ADRIAN J., POTUS J. et FRANGNE R., (2004). La science alimentaire de A à Z ,2^{ème} édition, Tec et Doc, Lavoisier : 79 (477 pages).

AFNOR. (1986). Contrôle de qualité des produits laitiers. 3^{ème} Ed.

AGABRIEL C., CORNU A., JOURNAL C., SIBRA C., GROLIER P., MARTIN B. (2007).“Tanker milk variability according to farm feeding practices: vitamins A and e, carotenoids, color and terpenoids”, J. dairy sci., 90, 4884-4896. **BAUMAN D.e., CORL B.A., BAUMGARD L.H., GRIINARI J.**

AGABRIEL C., COULON J.B., MARTY J., CHENEAU N., 1990. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache. Etude dans les exploitations du Puy-de-Dome. INRA Prod. Anim., 6,53-60.

AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H., (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait *In* **VIGNOLA C.L,** Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN P :1-69 (600 pages).

AMRANE. R., 2002.Prévision de la valeur nutritive des fourrages par des méthodes de laboratoires. Application à des fourrages Algériens. Thèse Doctorat. INA EL-HARRACH. 137p.

ANONYME XX 2018: <https://www.alg24.net/la-production-nationale-de-lait-a-atteint-352-milliards-de-litre-en-2017/>

ANONYME XY_2018_. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886594/document>

BAUMONT R., AUFRERE J., MESCHY F. (2009). “La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation”, Fourrages, 198 : 153-173.**Bayer et Waters-Bayer, 1999**

BIOCHARD D. (1986). Relation entre production et fertilité chez la vache laitières. Revue : Elev. Et Inse. N° 213, p : 15-23

BYLUND G., (1995).Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86 , Lund ,Sweden : 18- 23-381(436 pages).

CHILLARD Y., REMOND B., SAUVANT D, VERMOREL M., 1983. Particularités du métabolisme énergétique. In : Paarticularités nutritionnelles des vaches à haut potentiel de production. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 53, 37-64.

COTTO G., 1991. L'utilisation des céréales par les vaches. Synthèse d'essais. ITEB Bd., Coll. Lignes, 48p.

COULON J.B.,(1994). Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation. INRA Prod. Anim.,4 (4) : 303-309 In **POUGHEON S.,**Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire ,Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 59 (102 pages).

CRAPELET C., THIBIER M., 1973. La vache laitière. 2^{ème} édition Vigot frères. 707p.

CUVELIER C., DUFRASNE I. 2015. L'alimentation de la vache laitière : Aliments, calculs de ration, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle.Livret de l'agriculture. 91p.

D.S.A. de T.O, 2018. Direction des services agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou, série statistique.

D'HOOR P., COULON J.B. (1994). Variation de la production et de la composition du lait au pâturage en fonction des conditions climatiques. Annales de zootechnie, 43, P : 105-109.

DEINUM B. VAN ES A J H AND VAN SOEST P J. 1968. Climate, nitrogen and grass. 2

DEINUM. B, DIRVEN. J.G.P, 1975. « Climate, nitrogen and grass. VII. Comparaison of yield and chemical composition of some tropical and temperate grass species grown at different temperatures” Neth.J. Agric., n°23, pp 69-82.Cite par SEMSARE S. 2007. Evolution de la composition chimique et de la digestibilité en fonction du stade végétatif de quelques fourrages cultivés dans la willaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Magister

DEINUM. B. 1966. « Influence of some climatological factors on the chiminal composition and feeding value of herbage” Proc. 10th . Intern. Grass. Congr., pp 415-418.

DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., WEGAT-LITRE E., 1981. Table de prévision de la valeur alimentaire des fourrages. In : C Demarquilly (ed), prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, 343-591. INRA Paris

DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., 1992. Caractéristiques des fourrages Européens exploités en verts. INRA. Prod. Anim., 5. 213-221.

DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., SAUVANT D., 1988. Table de valeur nutritives des aliments. In : R. Jarrige (ed), alimentation des bovins, ovins et caprins, 341-443. INRA Paris.

DEMARQUILLY, ANDRIEU 1988. Les fourrages., In alimentation des bovins, ovins et caprins, Ed. INRA. Publication, 315-335.

DEMARQUILLY, ANDRIEU et WEISS, 1981 : L'ingestibilité des fourrages verts et des foin et sa préservation. In prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Ed INRA : 155-167,

DSA de TO. 2018 : Direction des services agricoles de Tizi Ouzou 2018

FAVERDIN P., DELAGARDE R., DELABY L. ET MESCHY F. (2007). Alimentation des bovins, ovins et caprins. *Editions Quæ*. Paris, 23-55.

FAVIER JC. (1985). Composition du lait de vache : Lait de consommation. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 20 (5): 355-363: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/b_fdi_14-15/20798.pdf

FREDOT E. (2006). Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier: 25 (397 pages).

GAUCHERON F., (2004). Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier. P : 494-783. (922 pages).

GIOVANNI R. 1988. "Valeur alimentaire des associations graminées/trèfle blanc", INRA Prod. Anim., 1 (3), 193-200.

GIOVANNI R., 1990. La prairie graminées trèfle blanc. Valeur alimentaire du trèfle blanc et de l'association, Fourrage, 121, 47-63.

GIOVANNI R., SCEHOVIC J., PEYRAUD J.L., AUFRERE J., 1992. Prévision de la digestibilité des graminées, des trèfles et des associations graminées-trèfle blanc à partir de leur composition chimique et de la digestibilité par la cellulase. Ann. Zootech., 41, 17-18.

I.N.R.A. 1978 (a), Alimentation des ruminants. Ed. INRA Publications (Route de Saint-Cyr),
78000 Versailles

I.N.R.A., 1978 (b), Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants : Besoins
alimentaires des animaux, valeur nutritive des aliments. INRA Publications Ed. 598p.

I.N.R.A., 1987. Alimentation des ruminants : révision des systèmes et des tables de l'INRA.
Bull Tech CRZV Theix, INRA 70, 222 p.

I.N.R.A. 1978 (a), Alimentation des ruminants. Ed. INRA Publications (Route de Saint-Cyr),
78000 Versailles

I.N.R.A., 1978 (b), Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants : Besoins
alimentaires des animaux, valeur nutritive des aliments. INRA Publications Ed. 598p.

I.N.R.A., 1987. Alimentation des ruminants : révision des systèmes et des tables de l'INRA.
Bull Tech CRZV Theix, INRA 70, 222 p.

I.N.R.A. 1981. Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. CRZU. Theix
INRA, 580p

I.N.R.A. (1988). Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. INRA Paris. 471p.

I.N.R.A., 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeur des
aliments. Tables Inra 2007, mise à jour 2010. Editions Quæ, 2010, 311 p.

IKARE, 2015.Fiche C3. Les facteurs de variation de la valeur alimentaire des fourrages
tropicaux.

INRA ,1981. Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. INRA Paris, 471p.

INRA, 1978. Alimentation des ruminants. INRA Paris, 597p.

INSTITUT DE L'ELEVAGE. 2010. Guide pratique de l'alimentation du troupeau laitier.
Edition Quae. 261p.

JARRIGE R. (1988). Alimentation des bovins, ovins et caprins. *Ed. INRA*. Paris, 471 p.

JARRIGE R., JOURNET M., VERITE R., 1978. AZOTE. IN : R. JARRIGE (ED),
Alimentation des ruminants, chapitre 3, 89-128. INRA Paris.

JARRIGE R., RUCKEBUSCH Y., DEMARQUILLY C., FARCE M. -H., JOURNET M.
(1995). Nutrition des ruminants domestiques : ingestion et digestion, Ed. INRA, Paris

JEAN C. ET DIJON C. (1993). Au fil du lait. *Edition ENESAD*. Bourgogne, 389 p.

JEAN C., et DIJON C., (1993). Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.

JEAN-BLAIN. C, 2002. Introduction à la nutrition des animaux domestiques. Edition Tec et Doc., Paris, 424pp.

JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P. et BRULE G., (2007). Science des aliments-technologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier : 17 (456 pages).

JENSEN RG. ET NEVILLE MC. (1995). Handbook of milk composition. *Editions Academic Press.* New York, 919 p.

KHETIB-CHIBANI. C. 2013. Elément princips de la valeur alimentaire des fourrages algériens pour les ruminants. Modèles de prédiction. Thèse Doctorat

LE COQ R., 1965. Manuel d'analyses alimentaire et d'expertises usuelles. Edition Doin.Deren et Cie. Tome II. Paris, 241-251pp. in

M.A.D.R., 2014. Ministère d'agriculture et de développement rural, série statistique.

MADR, 2007 : Ministère de l'agriculture et du développement rural 2007

MADR, 2014 : Ministère de l'agriculture et du développement rural 2014

MADR, 2016 : Ministère de l'agriculture et du développement rural 2016

MATHIEU J., (1999). Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (**HODEN et COULON, 1991**220 pages).

POUGHEON S .et GOURSAUD J., (2001). Le lait caractéristique physicochimiques In **DEBRY G.,** Lait, nutrition et santé, Tec et Doc,

SEMSARE S. 2007. Evolution de la composition chimique et de la digestibilité en fonction du stade végétatif de quelques fourrages cultivés dans la willaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Magister. 92p.

SOLTNER D. 1979. Alimentation des animaux domestiques, le rationnement des bovins, des ovins et des porcs. Collection et Techniques Agricoles, 13^{ème} édition. 79pp.

SOLTNER D. 2001. Alimentation des animaux domestiques. le rationnement des bovins, des ovins et des porcs. Collection et Techniques Agricoles, 21^{ème} édition. 272pp.

SRAIRI M.T., HASNI ALAOUI I., HAMAMA A., FAYE B. (2005). Relation entre pratiques d'élevages et qualité globale du lait de vache en étable sub-urbaines au MAROC. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 156 (3). P : 155-162.

STOLL W. (2003). Vaches laitières : l'alimentation influence la composition du lait. RAP Agri. N° 15, Vol 9, Suisse.

THAPON J.L., (2005). Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France : P : 14-51. (77 pages).

VAN SOEST P J. MERTENS D R and DEINUM B. 1978. preharvest factors influencing quality of conserved fourrages. Journal of Animal science 47:712-720

VIGNOLA CL. (2002). Science et technologie du lait : Transformation du lait. Ecole polytechnique de Montréal. ISBN : 29-34. 600 p.

VOUGH L.R., MARTIN G.C., 1971. Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of alfalfa forage. Agro. J., 63, 40-42. Cité par **AMRANE. R., 2002.** Préviation de la valeur nutritive des fourrages par des méthodes de laboratoires. Application à des fourrages Algériens. Thèse Doctorat. INA EL-HARRACH. 137p.

WALTER, 1994 : Alimentation de la vache laitière. 2^{ème} édition France agricole.235p

WILSON. J.R. 1981. “Environmental and nutritional factors affecting herbage quality” In, “Nutritional limits to animal production from pasture” Ed. By J.B. HACKER, Farnham Royal, Cmm..... Agricultural bureau. U.K., 111-131.

WILSON. J.R., FORT. C.W. 1971. « Temperature influences on the growth, digestibility and carbohydrate composition of tow tropical grasses, *Panicum maximum* var. Trichoglume and *Setariasphacellata*, and two cultivars of the temperate grass *Loliumperenne*” Aust. J. Agric. Res., n°22, pp 563-571.

WOLTER R. 1992. Les bases technico-économiques de l'alimentation de de la vache laitière. 223p

XANDE A., GARCIA-TRUJILLO R., CACERES O., 1989. Feeds of the humid tropics (West Indies). In: R. Jarrige (ed), Ruminant nutrition-Recommended allowances and feed tables, 347-363. INRA and John Libbey Eurotext, Paris Londres.

YAAKOUB F., 2005. Evaluation "in vitro" de la dégradation des principaux fourrages des zones arides. Mémoire de Magister .Uni. Batna. 145p.

Annexes

Annexe 1 : équations utilisées dans les calculs.

$$PDIN = PDIA + PDIMN \text{ en g/kg}$$

$$PDIE = PDIA + PDIME$$

$$PDIA = MAT \times (1 - DT) \times dr$$

$$PDIMN = MAT \times (1 - 1,11 (1 - DT)) \times 0,9 \times 0,8 \times 0,8$$

$$PDIME = MOF \times 0,145 \times 0,8 \times 0,8$$

$$MOF = Mod - MG - (MAT \times (1 - DT) - \text{produits de la fermentation dans la cas des ensilages})$$

$$QMSIL = 66,3 + 0,655 \text{ d.MO} + 0,098 \text{ MAT} + 0,626 \text{ MS} - 1,4 \quad R^2 = 0,67 \quad ETR = 5,10$$

$$dMO (\text{Fourrages verts}) = 90,1 - 0,95CB + 0,44MAT$$

$$dMO (\text{graminées}) = 90,8 - 0,091CB + 0,035MAT$$

$$dMO (\text{légumineuses}) = 95,5 - 1,101CB$$

$$DT (\text{fourrages verts}) = 51,2 + 0,14MAT - 0,00017MAT + \Delta$$

Annexe 2 : Estimation de la valeur DT

Équations utilisées pour estimer la DT (%) et la dr (%) des fourrages à base d'herbe en fonction des teneurs en MAT (g/kg MS), de la teneur en MS (%) pour les ensilages, et des caractéristiques des fourrages.

Estimation des valeurs de DT		N	Équations	R ²	ETR
Fourrages verts		375	$DT_{FV} = 51,2 + 0,14MAT_{FV} - 0,00017MAT_{FV} + \Delta_{FV}$	0,87	3,5
Ensilages et foins : estimation à partir de la connaissance du fourrage vert correspondant					
Ensilages sans conservateur ^a		32	$DT = 46,5 + 0,56DT_{FV} - 0,25MS_{\text{Ensilage}}$	0,53	4,2
Ensilages avec conservateur		16	$DT = 0,96DT_{\text{Ensilage sans conservateur}}$	0,83	1,8
Foins		29	$DT = 17,08 + 0,68DT_{FV}$	0,71	3,6
Ensilages et foins : estimation à partir de leur composition ^b					
Ensilages sans conservateur ^a			$DT = 73,7 + 0,088MAT - 0,00011MAT^2 - 0,25MS + \Delta_{\text{Ensilage}}$		
Ensilages avec conservateur			$DT = 0,96DT_{\text{Ensilage sans conservateur}}$		
Foins			$DT = 50,8 + 0,12MAT - 0,00018MAT^2 + \Delta_{\text{Foin}}$		
Valeurs de Δ			$\Delta_{FV} \quad \Delta_{\text{Ensilage}} \quad \Delta_{\text{Foin}}$		
Graminées 1 ^{er} cycle			8,8 4,9 6,2		
Graminées autres cycles			4,6 2,5 3,2		
Légumineuses			6,8 4,2 5,0		
Prairies permanentes 1 ^{er} cycle			4,4 2,5 1,9		
Prairies permanentes autres cycles			0,0 0,0 0,0		
Estimation des valeurs de dr :					
$dr = 100 \times [1,11 \times (1 - DT / 100) \times MAT - PANDI] / [1,11 \times (1 - DT / 100) \times MAT]$					
avec $PANDI = 7,9 + 0,08MAT - 0,00033MAT^2 + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$ (N = 63 ; R ² = 0,50 ; ETR = 2,1)					
et $\Delta_1 = -1,9$ au 1 ^{er} cycle et 0 pour les autres cycles					
$\Delta_2 = -2,3$ pour les graminées et prairies permanentes et 0 pour les légumineuses					
$\Delta_3 = -2,0$ pour les fourrages verts et 0 pour les fourrages conservés.					
^a Du fait de la prise en compte de la matière sèche de l'ensilage, ces équations s'appliquent pour tous les types d'ensilages (brins courts en coupe directe, préfanés et mi-fanés).					
^b Équations calculées sur les valeurs des tables.					

Annexe 3 : Calcul de la valeur énergétique

Principes de calcul de la valeur des aliments.

Valeur énergétique

UFL = ENL/1 700 UFV = ENEV/1 820

Énergie nette pour la lactation ENL = EM × kl en kcal/kg
 Énergie nette pour l'entretien et la production de viande ENEV = EM × kmf en Kcal/kg
 avec kl, km et kf coefficients d'efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable (EM) et q, la concentration en EM de l'aliment (q = EM/EB) :

- pour la lactation et l'engraissement kl = 0,60 + 0,24 (q - 0,57)
- pour l'entretien km = 0,287q + 0,554
- pour l'engraissement kf = 0,78q + 0,006
- pour l'entretien et la production de viande kmf = (km × kf × 1,5)/(kf + 0,5 km).

Énergie métabolisable EM = EB × dE × (EM/ED) en kcal/kg
 avec EB = énergie brute de l'aliment
 dE = digestibilité de l'énergie fonction de la dMO de l'aliment
 EM/ED = rend compte des pertes d'énergie sous forme de gaz et dans les urines,
 = (84,17 - 0,0099CBo - 0,0196MATo + 2,21NA)/100
 avec NA = niveau alimentaire
 CBo = teneur en CB en g/kg MO
 MATo = teneur en MAT en g/kg MO.

Annexe 4 : Calcul de la valeur azotée et de la valeur d'encombrement.

Valeur azotée

PDIN = PDIA + PDIMN en g/kg
 PDIE = PDIA + PDIME

avec PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire
 PDIM = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable (PDIMN), par l'énergie fermentescible (PDIME).

PDIA = MAT × [1,11 × (1 - DT)] × dr
 PDIMN = MAT × [1 - 1,11(1 - DT)] × 0,9 × 0,8 × 0,8
 PDIME = MOF × 0,145 × 0,8 × 0,8

avec MAT = matières azotées totales de l'aliment en g/kg
 DT = dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (0 < DT < 1)
 dr = digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (0 < dr < 1)
 MOF = matière organique fermentescible de l'aliment en g/kg

avec MOF = matière organique digestible - matières grasses - matières azotées non dégradables soit (MAT × (1 - DT)) - produits de fermentation dans le cas des ensilages.

Valeur d'encombrement

Fourrages : UEM = 75/QIM UEB = 95/QIB UEL = 140/QIL
 avec UEM, UEB et UEL, respectivement unité d'encombrement mouton, bovin et lait
 QIM, QIB et QIL, respectivement ingestibilité mouton, bovin (génisse) et vache laitière en g/kg PV^{0,75}.

Concentrés : UE_{concentré} = Sg × UE_{foufrage}, avec Sg taux de substitution global de l'aliment concentré.

Annexe 5 : La composition botanique en moyenne des parcelles étudiées.

