

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE 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

Présenté en vue de l'Obtention du Diplôme de Master Académique II
Spécialité : Nutrition animale et produits animaux

Thème

**Evaluation de l'efficacité alimentaire chez les vaches
laitières dans l'exploitation EURL SEA de Draa Ben
Khedda à Tizi-Ouzou.**

Présenté par :

HOCINE Myriam

KACI-CHAOUCH Amel

Devant le jury:

Président : M. Berchiche M. Professeur - UMMTO

Promoteur : M. Kadi S.A. Maitre de conférences A- UMMTO

Examineur: M. Mouhous A. Maitre de conférences B- UMMTO

Examineur: M^{me} Hannachi née Rabia R. Maitre Assistante A-UMMTO

Invitée : M^{elle} Selhi Y. Ingénieur d'Etat à l'EURL SEA D.B.K-TO

Promotion 2015/2016

Dédicace

Je remercie dieu tous puissant de m'avoir donnée la force pour reprendre mes études malgré mes conditions.

Je dédie ce mémoire de fin d'étude à mes parents qui ont veillés à ma réussite, à mon chère mari qui ma soutenue tous le longs de mon cursus, mes chères enfants « CHAHINEZ », « FERIEL » et le petit « RAMDANE » qui ont été très compréhensifs malgré leur jeune âge.

À ma chère grand-mère à qui je souhaite un bon rétablissement et une longue vie.

À mes sœurs, mon frère, mes belles-sœurs et beaux-frères ainsi qu'à mes chères nièces, neveux et à toute ma famille.

À tous mes amies qui m'ont soutenue et particulièrement « Amel » pour sa compréhension durant toute ma maternité. À « Yasmine » pour sa contribution dans ce travail, sa disponibilité et son encouragement.

À toutes mes collègues de la Direction des Services Agricole qui mon soutenus.

À la mémoire de mes grand-mères, mes grands-pères, mes tantes et oncles qu'ils reposent en paix.

À toute la promotion 2015-2016 et enseignants du Master nutrition animale et produits animaux.



Myriam

Dédicace

Je dédie ce travail tout particulièrement à mes parents chéris qui m'ont tant soutenue, encouragée et cru en moi jusqu'au bout et toujours ; à mon petit trésor Mehdi. Merci pour tout et aussi pour votre patience, que dieu vous garde pour nous.

À mes frères Samy et Sofiane que j'aime énormément,

À toute ma famille d'Azazga, d'Alger, de France et d'Allemagne,

À la mémoire de tous mes proches que j'ai perdu . Vous resterez à jamais présents dans mon cœur.

À ma sœur de cœur Yasmine qui m'a rendu tant de fois espoir et guidé dans cette formation,

À ma puce Hacina qui m'a énormément épaulée et encouragée,

À l'adorable Myriam et sa petite famille Hamiti,

À mes amis(es) : Djamilia, Yamina, Souhila, Fatiha B, Kenza, Nora, ...etc.

À toute la promotion 2015-2016 et enseignants du Master nutrition animale et produits animaux,

À tous les moments vécus en préparant ce master(s).

Amel

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre très grande considération et notre vive reconnaissance à :

- ♦ *M^r Kadi S.A., Maitre de conférences classe A au département des sciences agronomiques à l'UMMTO, qui a assuré notre encadrement, pour sa patience, ses précieux conseils, le suivi et l'orientation dont nous avons pu bénéficier.*

Nous tenons également à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'examiner ce mémoire :

- ♦ *M^r Berchiche M., Professeur à l'UMMTO, qui nous a fait l'honneur de présider le jury et de juger ce travail. Nous tenons à le remercier vivement de nous avoir admises dans son master et encourager à finaliser ce travail.*
- ♦ *M^r Mouhous A., Maitre de conférences classe B à la faculté des sciences Biologiques et Agronomiques de l'UMMTO, d'avoir accepté d'examiner notre travail et de nous avoir soutenues durant notre cursus.*
- ♦ *M^{me} Hannachi née Rabia R., Maitre assistante classe A à la faculté des sciences Biologiques et Agronomiques de l'UMMTO, d'avoir accepté d'examiner notre travail et de nous avoir soutenues durant notre cursus.*

Nous remercions vivement :

- ♦ *M^r OuldAli O., directeur de l'EURL SEA de Draa Ben Khedda de nous avoir autorisées d'effectuer notre stage au sein de son établissement.*

Nous exprimons également nos vifs remerciements à :

- ♦ *M^{me} Selhi Y., Ingénieur d'Etat en Agronomie au niveau de l'EURL SEA de Draa Ben Khedda qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail, pour sa patience, ses précieux conseils, le suivi et l'orientation dont nous avons pu bénéficier, qui nous a toujours accueilli avec extrême humilité, et de mettre à notre disposition toute la documentation pour l'élaboration de ce mémoire.*

Liste des abréviations

AA	Acide Aminé
AGV	Acide Gras Volatils
Kgcal	Kilo-Calorie
EA	Efficacité Alimentaire
ENL	Energie Nette Lait
FCM	Fat Corrected Milk
L	Litre
MAD	Matière Azotée Digestible
MAT	Matière Azotée Totale
M Cal	Méga Calorie
MG	Matière Grasse
MB	Matière Brute
MS	Matière Sèche
MSI	Matière sèche ingérée
N	Azote
PDI	Protéines réellement digestibles dans l'intestin
PDIA	Protéines digestibles dans l'intestin qui proviennent des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen
PDIE	Protéines réellement digestibles dans l'intestin permises par l'énergie.
PDIM	Protéines digestibles dans l'intestin qui proviennent des protéines vraies synthétisées par la population microbienne du rumen
PL	Production laitière
TB	Taux butyreux
TP	Taux protéique
UFL	Unité Fourragère Lait (/ kg)
VS	Versus

Sommaire

Introduction	10
Partie Bibliographique.....	11
Chapitre I - Alimentation de la vache laitière	13
I- Les bases de l'alimentation de la vache laitière.....	13
I-1- La digestion des aliments	14
I.1.1-La digestion des glucides.....	15
I-1-2-La digestion des lipides.....	16
I-1-3-La digestion des matières azotées	16
I-2 Les besoins nutritifs de la vache laitière.....	17
I-3-Alimentation de la vache laitière au cours de la lactation	19
Chapitre II - L'efficacité alimentaire.....	25
I- Qu'est ce-que l'efficacité alimentaire ?	25
I-1-Vache efficace ou efficiente ?	27
I-2-Qu'est ce qu'une vache efficiente ?.....	27
I-3-Calcul de l'efficacité alimentaire (EA).....	28
II-Les facteurs qui influent l'EA	31
II-1- Facteurs liés à l'animal.....	31
a. Ingestion	31
b. Besoins d'entretien	32
c. Stade et rang de lactation	32
d- L'âge	33
e- L'intervalle de vêlage.....	35
f- Une période de tarissement.....	35
g-Gestation	35
h-Poids.....	35
i- Emissions de gaz.....	36
j- Etat de santé du rumen	37
II-2- Facteurs liés à l'aliment	37
a-Digestibilité de la ration	37
b-Additifs alimentaires	38
II-3-Génétique.....	38
II-4- Facteurs liés à l'environnement	39
a. Température	39
b. Bien être.....	39

III-Restiction de la ration	40
IV-Maîtrise de l'efficacité alimentaire	40
V-Le taux de valorisation de la ration	41
I- Matériels et Méthodes.....	44
I-1-Présentation de la ferme d'étude	44
I-1-1- Création de la ferme	44
I-1-2- Situation géographique de la ferme.....	44
I-1-3- Superficies et répartition des terres et des cultures	45
I-2-Description du cheptel.....	45
I-3- Conduite alimentaire	45
I-4- La disponibilité des aliments.....	46
I-4-1-Les fourrages cultivés	46
I-4-2- Les concentrés	46
I-5- L'abreuvement.....	46
II- Méthodologies	47
II-1- Méthode de calcul des valeurs alimentaires des aliments consommés	48
II-2-La Production laitière.....	48
II-3- Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire	48
II-3-1- Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire de la matière sèche ingérée.....	48
II-3-2- Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire énergétique	49
II-3-3- Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire azotée.....	49
II-4- Traitement statistique	50
III- Résultats et Discussion.....	51
III-1- La part du concentré et du fourrage dans la ration	51
III-2- L'évolution de la production laitière en fonction de l'ingestion de la matière sèche	52
III-3- L'évolution de la production laitière en fonction de la distribution de concentré	53
III-4- La part du fourrage dans la production laitière.....	55
III-5- L'efficacité alimentaire (EA) de la matière sèche ingérée (MSI).....	56
III -6- L'efficacité alimentaire énergétique	58
III-7- L'efficacité alimentaire azotée.....	60
Discussion Générale	63
Conclusion.....	69
Références bibliographiques	71
Annexe.....	82

Liste des tableaux

Tableau 1: Les besoins nutritifs de la vache laitière (Leborgne et al, 2013)	18
Tableau 2 : Niveau adulte lactations 305j par race - Année 2015 (Douguet et Thomas, 2016)	20
Tableau 3: Teneurs recommandées des rations des vaches laitières en énergie, en azote et en fibres selon le cycle de production (Araba, 2006).....	23
Tableau 4 : Repères pour les comparaisons d'efficacité d'alimentation (Hutjens, 2005a)	32
Tableau 5: Influence de la durée d'utilisation des vaches laitières sur l'efficacité alimentaire (Thomet et Steiger Burgos,2007)	34
Tableau 6: L'efficacité alimentaire (kg ECM/Kg MS) de vaches laitières en fonction de leurs poids vif et de leurs productions laitières annuelles (Thomet et Steiger Burgos, 2007).....	36
Tableau 7: Le calendrier fourrager de la ferme (2014)	46
Tableau 8: Calendrier alimentaire 2014 de la ferme	47
Tableau 9: Evolution de la production laitière des vaches à l'EURL SEA de Draa Ben Khedda (Tizi-Ouzou) durant l'année 2014	52

Liste des figures

Figure 1 : Description et fonctions des principaux organes du tube digestif d'une vache (Brocard et al, 2010).....	13
Figure 2 : Les caractéristiques de l'animal et de la ration et leurs relations (Meyer et Denis, 1999).....	14
Figure 3: Evolution des proportions des acides gras en fonction du pH ruminal (Wolter et Ponter, 2013). ..	16
Figure 4: Schéma simplifié de la digestion des glucides, des lipides et des matières azotées chez le ruminant (Cuvelier et Dufrasne, 2014).....	17
Figure 5 : Influence de l'apport d'aliment concentré sur la composition moyenne du lait. Synthèse bibliographique (Sauvant et Mertens, 2000 In Sauvant, 2004).....	21
Figure 6: Evolution de l'équilibre énergétique, de la production laitière, de l'ingestion et du poids vif durant les phases du cycle de lactation de la vache laitière (Wolter, 1997).....	21
Figure 7: Evolution du niveau alimentaire en début de lactation (Wolter, 1997).....	22
Figure 8 : Amélioration de l'efficacité alimentaire en fonction du niveau de production laitière (Wolter, 1997).....	26
Figure 9 : Schéma représentatif des facteurs qui influent sur l'efficacité alimentaire (Rastoin et Ghers, 2010).....	28
Figure 10 : L'efficacité alimentaire selon le nombre de lactation (Sutter, 2013).....	34
Figure 11 : Relation entre l'efficacité alimentaire (litre ECM par kg MS d'alimentation) et les émissions de méthane exprimée en grammes / litre ECM (Colman et al, 2011).....	37
Figure 12 : La part du fourrage et du concentré distribuée en kg de MSI/j/vache durant l'année 2014.....	51
Figure 13 : Evolution de la production laitière en fonction de l'ingestion de la matière sèche.....	52
Figure 14 : Corrélation entre rendement laitier et consommation de concentrés par vache.	54
Figure 15 : Evolution de la production laitière permise par le fourrage seul ou « Lait fourrager ».	55
Figure 16 : Evolution de l'efficacité alimentaire de la matière sèche ingérée.....	57
Figure 17 : Rapport entre les UFL ingérées et les UFL produites.....	59
Figure 18 : Evolution de l'efficacité alimentaire énergétique.....	59
Figure 19 : Rapport entre l'azote ingéré, l'azote du lait et la courbe de lactation.....	61
Figure 20 : L'efficacité alimentaire azotée.....	62
Figure 21 : L'énergie permise par la ration.....	62

Introduction

L'Algérie est un pays ayant d'importantes potentialités mais demeurant dépendant alimentaires de l'étranger. La production nationale du lait couvre environ (40%) de la demande. L'essentiel de la production est assurée par le cheptel bovin laitier à hauteur de 80%. L'importation de vaches laitières a permis un accroissement de la production du lait, demeurant néanmoins insuffisant par rapport à la demande (Kacimi El Hassani, 2013).

L'alimentation du bétail en Algérie se caractérise notamment par une offre insuffisante en ressources fourragères ce qui se traduit par un déficit fourrager estimé à l'échelle nationale à 34% par Houmani (1999) et à 30% dans la région de Tizi-Ouzou par Kadi et al (2007). En plus du déficit, la transformation des fourrages disponibles en lait se fait, souvent, avec de faibles rendements.

L'efficacité alimentaire est un paramètre mesurable qui permet à l'éleveur de mieux maîtriser le volet alimentaire de son élevage. Elle mesure la capacité de la vache laitière à convertir les aliments en lait donc le rendement de transformation.

La maîtrise du poste alimentaire est une condition de réussite de tout élevage. Dans les conditions de productions algériennes, ce volet est le moins maîtrisé (Houmani 1999 ; Kadi et al, 2007 ; Belkheir et al, 2011 ; Bendiab et Dekhili 2011 ; Mouhous et al, 2012 ; Bousbia et al 2013). Cependant, dans quelques grandes exploitations, où la conduite d'élevage est globalement correcte et le fourrage disponible, la mesure de l'efficacité alimentaire peut être envisagée.

L'objectif de cette étude est, justement, d'évaluer l'efficacité alimentaire des vaches laitières au niveau de la ferme EURL SEA de Draa Ben Khedda à Tizi-Ouzou sur une période d'une année (2014).

Partie Bibliographique

Chapitre I

Alimentation de la vache laitière

L'alimentation rationnelle de la vache laitière suppose d'abord de bien prendre en compte les particularités digestives du ruminant. Le système digestif des bovins présente la particularité d'être pourvu de 4 poches :

3 « pré-estomacs » (réseau, rumen et feuillet) et un estomac proprement dit, la caillette. Cette configuration particulière permet au ruminant d'effectuer une prédigestion fermentaire, obligatoire, et très efficace facilitant une utilisation poussée des fibres présentes dans la ration (Toutain et al, 2009).

Grâce à la fermentation ils élaborent des protéines microbiennes et des produits qui sont ensuite métabolisés. D'où l'intérêt de stimuler l'activité microbienne et l'orienter pour qu'elle profite le plus possible à la productivité, à la santé et à la qualité des productions (Wolter, 1997).

I- Les bases de l'alimentation de la vache laitière

Quand l'animal ingère des aliments, il les stocke peu mâchés dans la panse. Une seconde période de mastication, la rumination, est ensuite nécessaire pour obtenir des végétaux finement broyés. Ces derniers peuvent alors être digérés par les microorganismes présents dans la panse qui permettent aux ruminants d'utiliser des aliments fibreux (fourrages, résidus de récoltes et sous-produits industriels) et l'azote non-protéique (ammoniac, urée) (figure1).

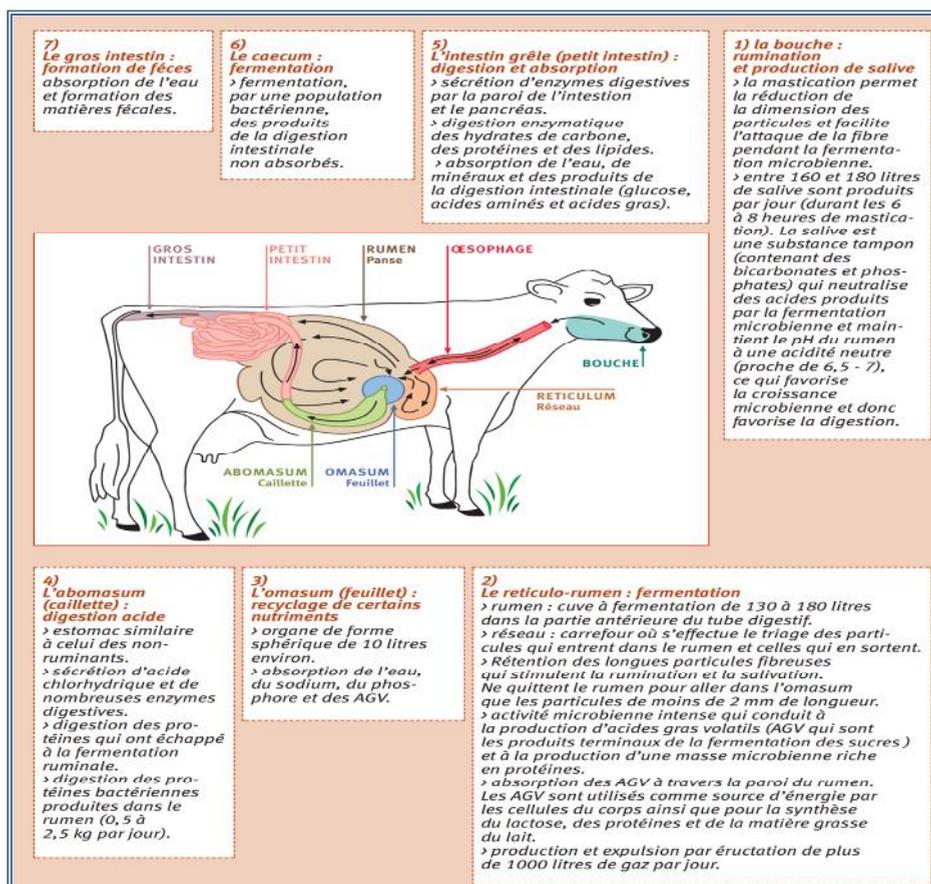


Figure 1 : Description et fonctions des principaux organes du tube digestif d'une vache (Brocard et al, 2010).

Selon Meyer et Denis (1999), les apports alimentaires sont à quantifier en fonction des objectifs de production (figure 2).

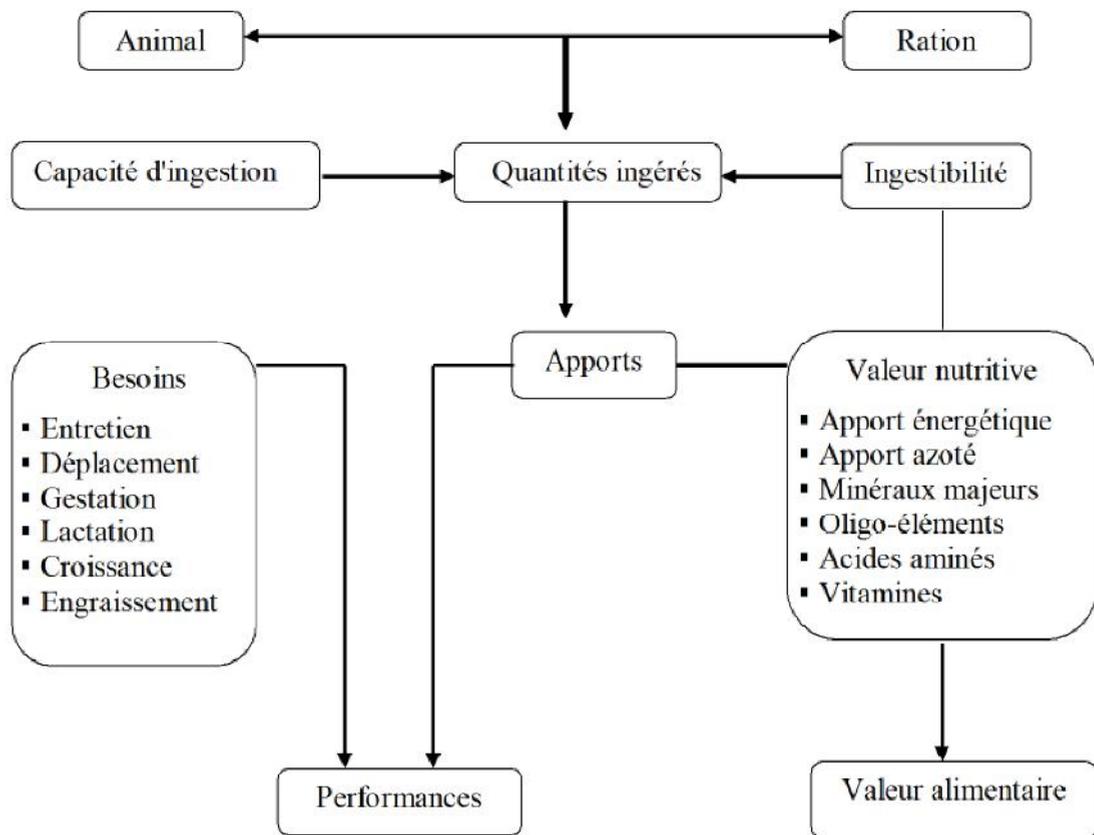


Figure 2 : Les caractéristiques de l'animal et de la ration et leurs relations (Meyer et Denis, 1999).

I-1- La digestion des aliments

Les quantités d'aliments ingérables sont limitées par l'encombrement créé au niveau du rumen et par la capacité d'ingestion de l'animal. On traduit donc généralement la qualité de la ration en termes de valeur énergétique, de valeur protéique et d'ingestibilité. Et l'on met ensuite cette valeur en relation avec les besoins en énergie et en protéines de l'animal ainsi qu'avec sa capacité d'ingestion (Guérin et al, 2002).

Une vache peut manger des fourrages (aliments pauvres en énergie) et des concentrés (en général aliments riches en énergie). Cependant, l'addition de grandes quantités de concentrés dans la ration doit être très progressive et étalée sur une période de transition de 4 à 5 jours pour permettre aux bactéries du rumen de s'adapter à la nouvelle ration (Wattiaux et Homan, 1996).

Toutes les plantes fourragères ont une valeur alimentaire et une digestibilité bien meilleure quand elles sont jeunes, le stade de récolte sera donc toujours un compromis entre la valeur fourragère et le

niveau de la production (Sprumont, 2009). Le fourrage de haute qualité offre beaucoup plus de flexibilité en termes de formulation des rations (Beauchemin et Rode, 2012).

Pour couvrir ses besoins quotidiens, le ruminant doit disposer d'un aliment qui lui apporte des quantités suffisantes d'énergie et de matières azotées (Guérin et al, 2002).

I.1.1-La digestion des glucides

Les micro-organismes qui vivent dans le rumen permettent à la vache d'extraire de l'énergie des hydrates de carbone fibreux (cellulose et hémicellulose) (Wattiaux et Homan, 1996).

Une fois arrivés dans le rumen, ces derniers subissent une fermentation microbienne conduisant à la formation d'un mélange d'acides gras volatils (AGV) : acide acétique (C2), acide propionique (C3) et acide butyrique (C4), les proportions de ces 3 acides gras étant généralement de l'ordre de 65 : 20 : 15. Ces différents AGV sont ensuite absorbés à travers la paroi du rumen (figure 3).

La production d'AGV serait d'environ 3kg/vache/jour. Elle est issue à plus de 80% de la fermentation des glucides et peut couvrir jusqu'à 70% des besoins énergétiques.

La proportion de fourrages et de concentrés dans la ration a un effet profond sur la quantité et le pourcentage d'AGV produits dans le rumen en fonction de son pH qui résulte de l'intensité des fermentations (figure 3). L'acide acétique permet le maintien du taux butyreux, il est favorisé par les fourrages. L'acide propionique est le seul AGV glucoformateur, donc anti-cétogène. Il est favorisé par les concentrés et permet le maintien du taux protéique (Wolter et Ponter, 2013).

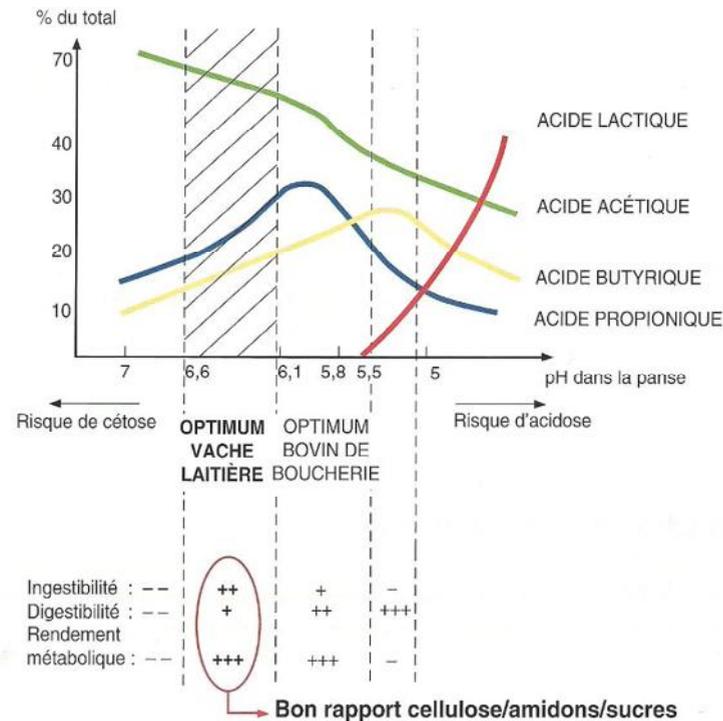


Figure 3: Evolution des proportions des acides gras en fonction du pH ruminal (Wolter et Ponter, 2013).

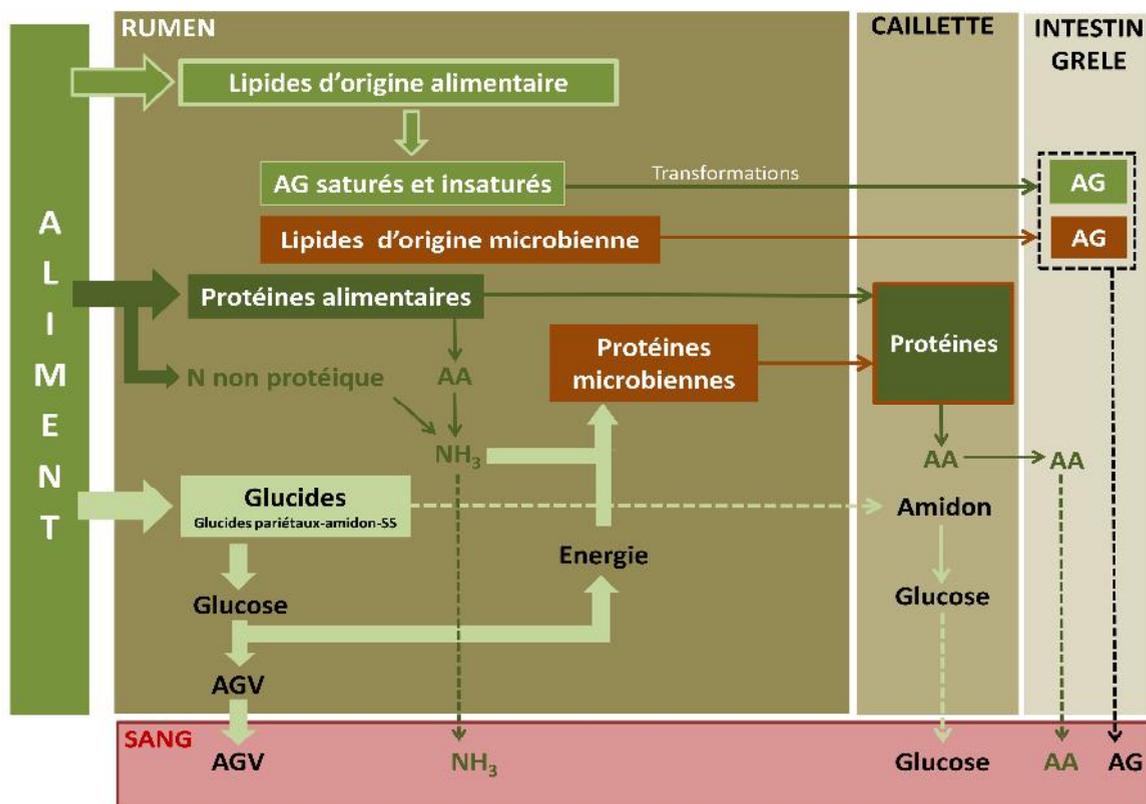
I-1-2-La digestion des lipides

Les lipides alimentaires sont hydrolysés par les microorganismes du rumen, ce qui permet la production de glycérol et d'acides gras libres. Ils synthétisent également des lipides microbiens qui rejoignent le pool d'acides gras libres d'origine alimentaire pour subir une digestion et une absorption intestinales (figure 4).

I-1-3-La digestion des matières azotées

Les matières azotées alimentaires subissent dans le rumen une dégradation dont le produit terminal est l'ammoniac (NH_3); utilisé par les microorganismes pour synthétiser leurs protéines microbiennes en présence d'une quantité suffisante d'énergie. Cette dernière est fournie par la dégradation des glucides via les fermentations microbiennes. L'ammoniac excédentaire est absorbé puis transformé en urée dans le foie.

Les protéines microbiennes subissent une digestion enzymatique dans la caillette, conduisant à la formation d'acides aminés (AA) (figure 4).



AA : acide aminé ; AG : acides gras ; AGV : acide gras volatil ; N non protéique : azote non protéique ; SS : sucres solubles

Figure 4: Schéma simplifié de la digestion des glucides, des lipides et des matières azotées chez le ruminant (Cuvelier et Dufrasne, 2014).

I-2 Les besoins nutritifs de la vache laitière

Le métabolisme basal, à savoir la respiration, la digestion, l'homéothermie, ainsi que les activités, engendrent des dépenses énergétiques. La base du rationnement consiste à pourvoir ces besoins par l'alimentation. A cela s'ajoute, des besoins de production. Les besoins de croissance sont dus au développement squelettique et musculaire. Les besoins de gestation liés au développement du fœtus ne sont pris en compte que dans le dernier trimestre de la gestation (Agabriel et De LaTorre, 2014).

Les besoins d'entretien sont déterminés par le poids corporel, les besoins de production augmentent avec la performance laitière. Les besoins totaux en nutriments par kilo de lait produit diminuent donc lorsque la performance augmente (Sutter, 2013).

Les besoins de lactation dépendent de la quantité de lait produite ainsi que sa composition. A partir de l'estimation de ces besoins des recommandations sont émises afin de couvrir de façon optimale le besoin des animaux (INRA, 2010). Les besoins des laitières de petite taille sont légèrement plus élevés que pour les races plus lourdes (Sprumont, 2009).

L'estimation des besoins en énergie des vaches laitières doit être affinée de manière à permettre l'expression du potentiel laitier, la reconstitution des réserves, tout en évitant l'engraissement qui serait défavorable tant pour la production laitière que pour la mise à la reproduction.

L'alimentation azotée doit être conduite pour couvrir les besoins de l'animal lui-même, mais aussi favoriser le fonctionnement des microorganismes du rumen.

Les bases du calcul des besoins en UFL et PDI de la vache laitière sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1: Les besoins nutritifs de la vache laitière (Leborgne et al, 2013).

	UFL		PDI (g)	
	Formule de base	Formule simplifiée	Formule de base	Formule simplifiée
Entretien	$0.041 \times PV^{0.75*}$	$1.4 + 0.006 \times PV^*$	$3.25 \times PV^{0.75}$	$95 + 0.5 \times PV$
Croissance	$3.25 - (0.08 \times \text{âge})$		$422 - (10.4 \times \text{âge})$	
Production laitière(1)	$PL \times [0.44 + (0.0055 \times (TB - 40)) + (0.0033 \times (TP - 31))]$	$0.44 \times PL_{4\%}$	$(PL \times TP) / 0.64$	$48 \times PL_{4\%}$
Gestation	$0.00072 \times PV_{\text{nais}} \times e^{0.116 \times 10 \text{ sem } G}$	0.6 au 6 mois 1.1 au 7 mois 1.8 au 8 mois 2.9 au 9 mois (Pour un veau de 45 kg)	$0,07 \times PV_{\text{nais}} \times e^{0.111 \times \text{sem } G}$	47 au 6 mois 88 au 7 mois 148 au 8 mois 227 au 9 mois (Pour un veau de 45 kg)
Reconstitution des réserves		$4.5 \times \text{gain de PV}$		

PV : poids vif en kg. PV_{nais} : poids vif du veau en kg à la naissance. sem G : numéro de la semaine de gestation.
 Age en mois (pour les femelles de moins de 40 mois). * A multiplier par le coefficient... (indice d'activité)... en stabulation entravé..... = 1,1 en stabulation libre et ...=1,2 au pâturage.(1) PL = production laitière observé et PL_{4%} = PL x (0,4+(0,015x TB) TB et TP sont exprimés en g/kg.

En effet, la vache doit ingérer une ration théorique très concentrée en éléments nutritifs (Serieys, 1997). Ainsi, la vache mobilise ses réserves corporelles pour couvrir ses besoins en énergie d'autant plus que son niveau de production est plus élevé.

Le rapport PDIE/UFL permet de juger de l'équilibre des nutriments, acides aminés et énergie mis à la disposition de la vache après digestion lorsque l'équilibre nutritionnel des microbes est satisfaisant (Faverdin et al, 2003).

Après l'équilibre de la ration en énergie et en azote, il convient de couvrir les besoins en minéraux majeurs (Phosphore, Calcium, Magnésium, Sodium et Potassium) et en oligo-éléments.

Selon Jarrige (1988), les besoins des vaches laitières en calcium (Ca) et en phosphore (P) augmentent substantiellement à partir du vêlage, du fait qu'ils entrent amplement dans la composition du lait.

Meyer et Denis (1999) ajoutent que si leurs apport alimentaire est insuffisant, l'animal utilise ses réserves osseuses. Cependant, en cas de carence grave, la production laitière diminue.

Chez le ruminant, il n'est pas nécessaire d'apporter via la ration alimentaire les vitamines du groupe B ainsi que les vitamines C et K. Les microorganismes du rumen sont en effet capables de les synthétiser. Les autres vitamines doivent par contre impérativement être apportées par les aliments distribués.

L'eau est un élément indispensable de la ration : il doit être fourni avec le moins de restriction possible car il conditionne l'ingestion et donc les productions. En moyenne, une vache laitière consomme 3 à 4 L d'eau/L de lait collecté (Cuvelier et al, 2012).

I-3-Alimentation de la vache laitière au cours de la lactation

Le lait est un mélange complexe mais stable de substances insolubles dans l'eau (matières grasses, certaines protéines, et certaines vitamines) et de substances solubles dans l'eau (lactose, d'autres protéines et d'autres vitamines) (Wattiaux et Homan, 1996).

La teneur en matière grasse est souvent un bon indice de la teneur en protéine. Plus il y a de matière grasse, plus il y a de protéine. Dans le temps, les valeurs des vaches étaient souvent exprimées en kilos de beurre par lactation (Sprumont, 2009).

Les principaux facteurs de variation de la production et de la composition chimique du lait sont bien connus. Ils sont soit liés à l'animal (Tableau 2) (facteurs génétiques, stades physiologiques, l'état sanitaire...) soit liés au milieu dans lequel l'animal vit (saison, alimentation, hygiène, traite..., Wolter, 1997).

Selon Faverdin et al (1987), les variations de production (quantité et composition du lait) de consommation et de poids vif sont en fonction de l'âge des animaux (primipares, multipares), de leur niveau de production et de leur stade de lactation, avec une attention particulière pour les premiers mois qui constituent une période critique.

Tableau 2 : Niveau adulte lactations 305j par race - Année 2015 (Douguet et Thomas, 2016).

Race	Nombre résultats	Production moyenne kg	Taux Butyreux (TB) %	Taux Azoté (TA) %
Prim'Holstein	1 706 420	9 073	3,84	3,28
Montbéliarde	439 609	7 232	3,84	3,43
Normande	217 642	6 589	4,15	3,60
Abondance	23 412	5 579	3,66	3,47
Brune	17 344	7 148	4,10	3,55
Simmental Française	16 938	6 400	3,96	3,52
Pie Rouge des Plaines	10 221	7 781	4,19	3,44
Tarentaise	7 816	4 487	3,65	3,39
Jersiaise	5 829	5 091	5,46	3,98

Rationner un animal consiste à satisfaire ses besoins nutritifs, par l'ajustement d'apports alimentaires, suffisants, équilibrés, adaptés à ses facultés digestives ainsi que sa valeur nutritive, et il doit être le plus économique possible. Toutefois, il est nécessaire de confronter cette ration calculée aux réalités de la pratique, pour juger de son efficacité (Wolter, 1994).

Un accroissement de l'apport de concentré à des vaches laitières se traduit simultanément par une baisse de l'ingestion du fourrage et du taux butyreux du lait et une augmentation de l'ingestion de l'ensemble de la ration, de la production du lait et de sa teneur en protéines et en lactose (Sauvant, 2004) (figure 5).

Les apports énergétiques sous forme de concentrés influent sur le taux en protéines, alors que la part de matières azotées n'a aucune répercussion, sauf dans le cas des vaches très fortes productrices, pour lesquelles la qualité des protéines peut avoir des répercussions (Meyer et Denis, 1999).

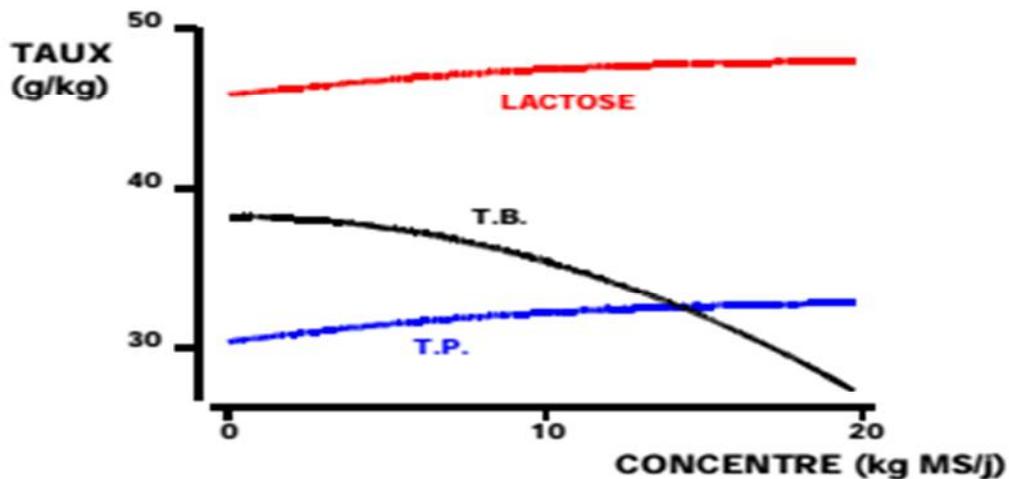


Figure 5 : Influence de l'apport d'aliment concentré sur la composition moyenne du lait. Synthèse bibliographique (Sauvant et Mertens, 2000 In Sauvant, 2004).

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 ration, et une multiplication des besoins par trois en seulement deux semaines (Enjalbert, 2003).

La période la plus critique pour une vache laitière se situe entre le vêlage et le pic de lactation. Cette période se caractérise par une très rapide et très forte augmentation des besoins nutritifs suite à l'augmentation de la production laitière qui atteint son maximum à la troisième ou quatrième semaine chez les fortes productrices, et à la quatrième ou cinquième semaine chez les faibles productrices (figure 6) (Enjalbert, 2003 ; Wolter, 1997).

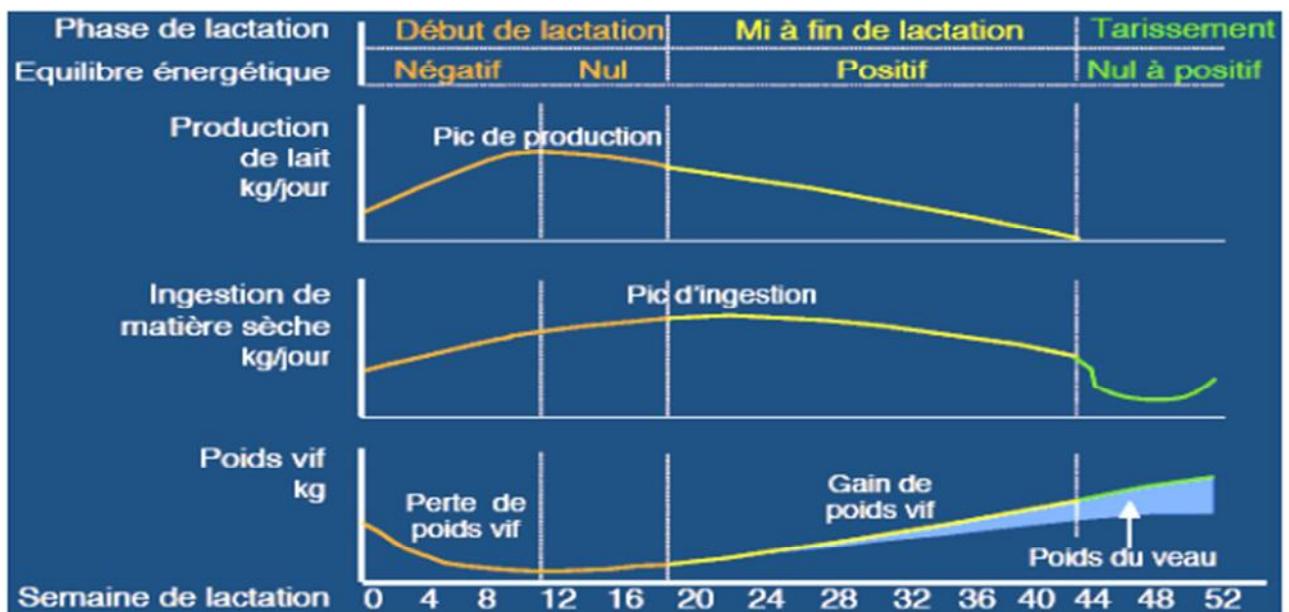


Figure 6 : Evolution de l'équilibre énergétique, de la production laitière, de l'ingestion et du poids vif durant les phases du cycle de lactation de la vache laitière (Wolter, 1997).

Ces besoins représentent 3 à 6 fois ceux de l'entretien ou de la fin de gestation (Figure 7). Selon Wolter (1997), en début de lactation, le coût nutritionnel de 8 jours de lactation équivaut à 9 mois de gestation; tandis qu'un litre de lait au pic de lactation équivaut à 200 litres sur l'ensemble d'une lactation.

En général, la plupart des fourrages et concentrés sont des sources adéquates de protéines. Durant la première phase de lactation, les besoins en protéines de la vache laitière dépassent de loin les quantités fournies par les micro-organismes du rumen (PDIM). Cet écart est d'autant plus important que l'animal est sous-alimenté en énergie ou son niveau de production est élevé (Blanc et al, 2004). Le complément doit être apporté par des matières azotées non dégradées dans le rumen (PDIA) (Wolter, 1997).

Le maximum de production laitière est atteint à 5% de lipides. Malgré leur faible quantité dans la ration, ils sont importants parce qu'ils ont un contenu énergétique élevé et ils contribuent directement à environ 50% de la matière grasse du lait. L'excès de lipides peut diminuer l'ingestion totale, la production laitière et modifier la composition de la matière grasse du lait (Wattiaux et Homan, 1996).

Le besoin en protéine brute totale des vaches laitières varient de 18% en début de lactation et à 12% en période de tarissement (Wattiaux et Homan, 1996).

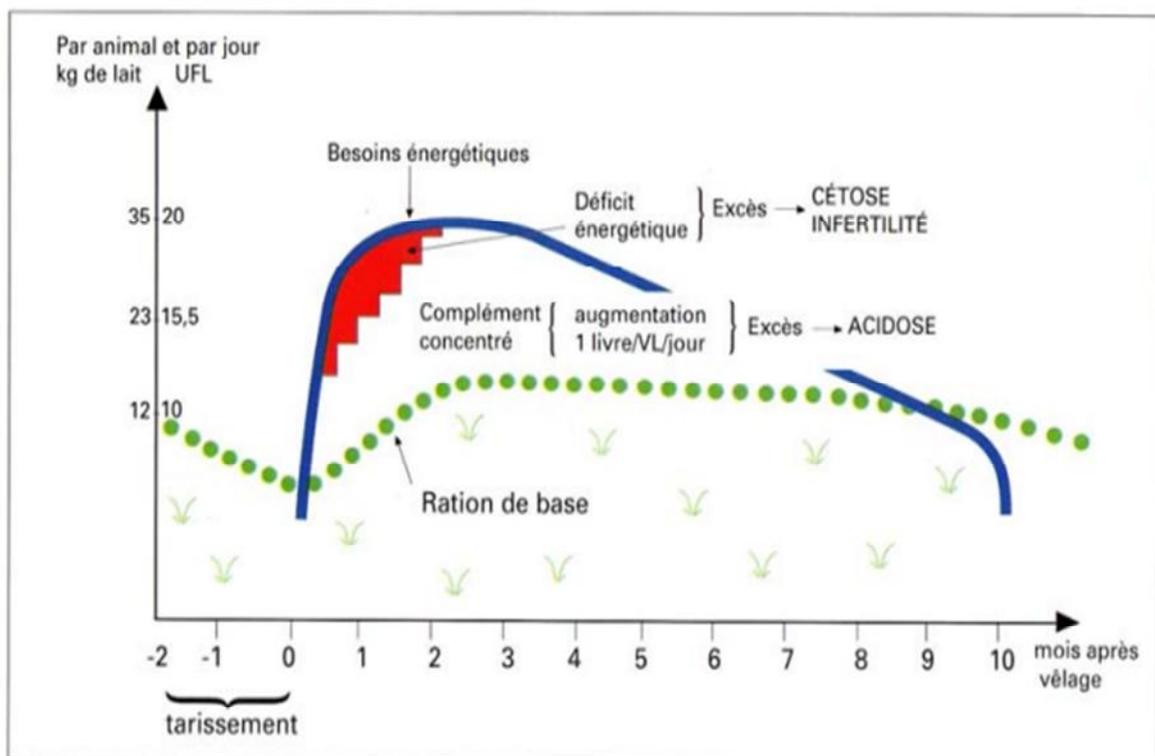


Figure 7: Evolution du niveau alimentaire en début de lactation (Wolter, 1997).

Les teneurs recommandées des rations des vaches laitières en énergie, en azote et en fibres selon le cycle de production sont présentées dans le tableau 3 ; les quantités à distribuer seront en fonction du niveau de production.

Tableau 3: Teneurs recommandées des rations des vaches laitières en énergie, en azote et en fibres selon le cycle de production (Araba, 2006).

Phase	Tarissement- Vêlage (2 mois)	Vêlage-pic de lactation (2 mois)	Pic d lactation- milieu de lactation (3 mois)	Milieu de lactation- Tarissement (5 mois)
UFL/Kg MS	0.6 - 0.65	0.85 - 0.90	0.85	0.75
MAT,% de la MS	11-12	17 - 19	15	14
Cellulose brut, % de la MS	20-22	14 - 15	15	17

La durée du tarissement est classiquement de 60 jours (Dosogne et al, 2000; Remond et al, 1997). Cette période est obligatoire pour une relance hormonale et une régénération des tissus mammaires et non pas pour une remise en état qui doit intervenir antérieurement, en seconde partie de la lactation (Wolter, 1997 ; Annen et al, 2004).

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

a)- Essayer de couvrir au maximum les besoins instantanés en énergie de l'animal, en apportant un régime à haute concentration énergétique (Chillard et al, 1983). L'ingestion de quantité croissante de concentré, provoque des modifications fermentaires qui perturbent la digestion des fourrages et en réduisent l'ingestion (Journet, 1988).

b)- Le rationnement devra alors tenir compte des déficits énergétiques 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).

Chapitre II

L'efficacité alimentaire

En comparaison avec les non-ruminants, les systèmes de production de ruminants sont moins efficaces, en raison de la densité plus faible des éléments nutritifs de la plupart des aliments utilisés et les procédés par lesquels les aliments sont digérés et utilisés. Les pertes que le méthane, les fèces, l'urine et la chaleur peuvent représenter pour plus de 70% de l'apport énergétique, et tandis que de telles pertes sont inévitables, ils doivent être contrôlés (Beever et Drackley, 2012).

En élevage bovins lait, l'alimentation du troupeau constitue en moyenne 70% du coût de production total. Pour gagner en compétitivité, un levier serait d'améliorer l'efficacité alimentaire (EA) des vaches pour optimiser la transformation de la ration en produits. L'EA est considérée comme un indicateur de l'efficacité économique plutôt que zootechnique (Chanteloube et al, 2015).

Seulement récemment, l'industrie laitière a commencé à mesurer et à évaluer l'efficacité alimentaire. Son utilisation est plus compliquée que dans les autres industries animales. Chez le bœuf, le porc et la volaille, elle est mesurée comme une sortie de produit unique (tissu croissance). Dans le secteur laitier, les éléments nutritifs sont nécessaires pour de multiples fonctions et non seulement pour la production de lait. Ces derniers sont répartis pour l'entretien, la reproduction, le gain du poids corporel, la croissance et l'activité. Cette utilisation multifonctionnelle des aliments par les vaches laitières complique l'utilisation et interprétation de l'efficacité alimentaire comme une référence de la rentabilité (Linn, 2006).

L'efficacité alimentaire dépend de la gestion de l'alimentation mais aussi, en très grande partie, des coûts de production de ces fourrages ou de ces aliments (Farmer, 2010).

I- Qu'est ce que l'efficacité alimentaire ?

Il y a un nouveau mot d'actualité dans l'industrie des bovins laitiers aux quatre coins du monde « l'efficacité alimentaire » ou « l'efficience alimentaire ».

Quel est ce caractère? Comment le mesure-t-on ?

Le problème majeur est que l'EA n'a pas de définition de référence et est par conséquent définie différemment par chaque utilisateur (Chanteloube et al, 2015).

« L'efficacité alimentaire est un indicateur récent, d'ordre technico-économique, permettant de quantifier la capacité d'un troupeau de vaches laitières à valoriser la ration proposée. Encore appelée DE (dairy efficiency), ou indice de conversion, elle se définit comme le nombre de kilogrammes de lait produits grâce à l'ingestion d'un kilogramme de matière sèche (MS). Lorsque le lait standard à 3,5 % de matière grasse (MG) est utilisé pour le calcul de l'efficacité alimentaire, cette dernière se nomme FE (feed efficiency) » (Linn et al, 2007).

« L'efficacité alimentaire est un critère économique de tout premier ordre car l'alimentation est le poste de charge le plus important de l'atelier laitier. Il ne remplacera pas le coût de concentré ni le coût alimentaire mais viendra s'ajouter à tous les critères qui permettent de s'assurer que les rations sont équilibrées et efficaces. Il rejoint le concept à la base de la nutrition qui est de considérer la vache comme un moyen de transformer les aliments en lait et non pas comme une finalité à produire. On a souvent dit qu'il fallait maximiser l'ingestion ; au regard de ce critère, il semble nettement plus important de l'optimiser » (Martinot, 2011).

A défaut de pouvoir produire plus, l'augmentation de productivité de la vache laitière (en kg de lait par vache et par an) s'impose pour améliorer la rentabilité (figure 8). On obtient ainsi une dilution des frais fixes d'élevage et d'entretien (notamment d'ordre alimentaire), entraînant un accroissement apparent du rendement alimentaire (kg de lait par UFL) qui profite à l'économie de la production. Pour une production de 18 kg de lait par jour, seulement la moitié des apports nutritifs totaux sont disponibles pour la production ; à 36 kg de lait par jour, cette proportion atteint les trois-quarts (Wolter, 1997).

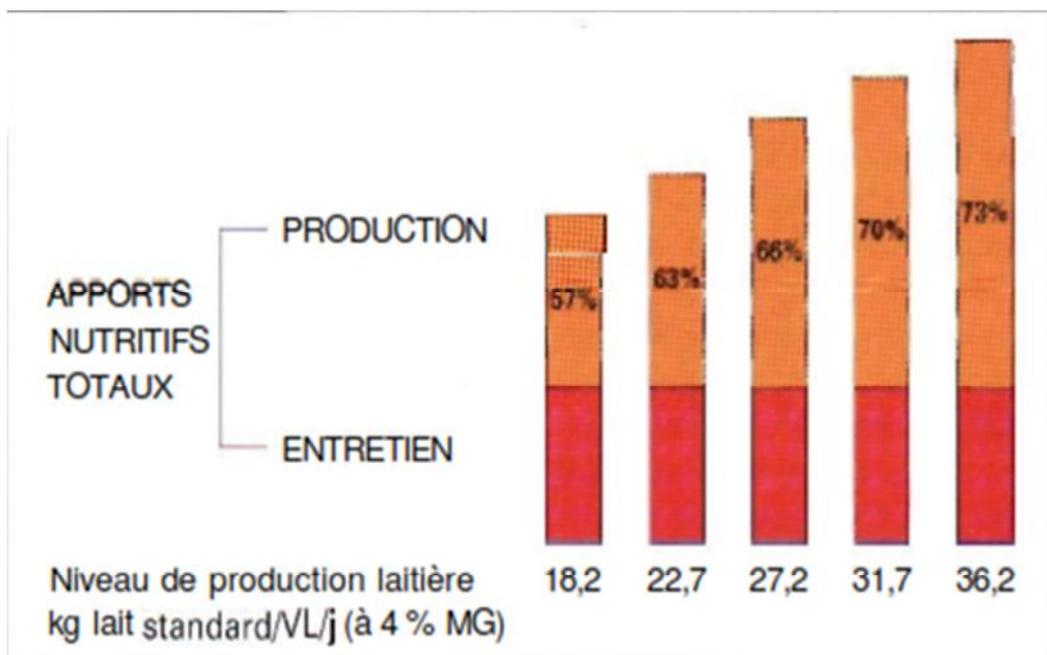


Figure 8 : Amélioration de l'efficacité alimentaire en fonction du niveau de production laitière (Wolter, 1997).

Améliorer son efficacité alimentaire peut conduire à deux stratégies : produire davantage de lait pour un kg de matière sèche ingérée ou bien diminuer la quantité ingérée en conservant la même production (Maulfair et al, 2011). Cette nouvelle approche consiste en l'optimisation de la consommation sans augmenter l'ingestion de matière sèche, c'est-à-dire extraire le maximum de la ration. Ainsi on diminue par la même occasion la quantité de résidus. Ce dernier point n'est pas négligeable du point de vue environnemental, surtout dans le contexte actuel (Hutjens, 2005a).

I-1-Vache efficace ou efficiente ?

En élevage laitier, le poste « alimentation » représente en moyenne plus de 70%des charges opérationnelles. Des vaches plus efficaces valoriseront mieux leurs rations pour accroître la compétitivité des élevages. Un enjeu majeur face à l'augmentation de la population mondiale. Seuls les ruminants transforment la cellulose en aliments consommables par l'homme. Des vaches plus efficaces permettront de produire plus avec moins de ressources (Van Doormaal, 2015).

I-2-Qu'est ce qu'une vache efficiente ?

Une vache laitière efficiente est une vache qui va optimiser l'utilisation de l'aliment ingéré pour produire du lait en quantité et qualité tout en maintenant l'ensemble de ses fonctions physiologiques (aptitude à la reproduction, résistance aux maladies ...) (Fischer et al, 2015).

En production laitière, nous nourrissons les vaches principalement pour qu'elles produisent du lait et ses composants. Certaines vaches doivent manger plus pour produire la même quantité de lait alors que d'autres vaches mangent moins. Cette différence entre les vaches laitières est une fonction de leur « efficience » à convertir les « éléments nutritifs » en lait et ses composants qui s'appelle donc l'efficience alimentaire (Van Doormaal, 2015).

Étant donné que les vaches dans différents troupeaux consomment des rations alimentaires différentes, la mesure de la quantité d'aliments ingérés est normalisée en unités d'ingestion de matière sèche. Une vache avec une meilleure efficience alimentaire produira plus de kilogrammes de lait, de gras et de protéine par kilogramme de matière sèche consommée (Van Doormaal, 2015).

On parlera de l'efficacité d'un produit ou d'un traitement (indépendamment de son coût ou d'autres contraintes), (figure 9) mais de l'efficience d'un processus, lorsqu'on tient compte des résultats et des ressources investies pour les obtenir. Ainsi, on devrait parler d'efficience plutôt que d'efficacité alimentaire, car on tient compte non seulement de l'effet de la ration sur la production, mais aussi du coût pour obtenir ce résultat (Gosselin et Lefebvre, 2005).

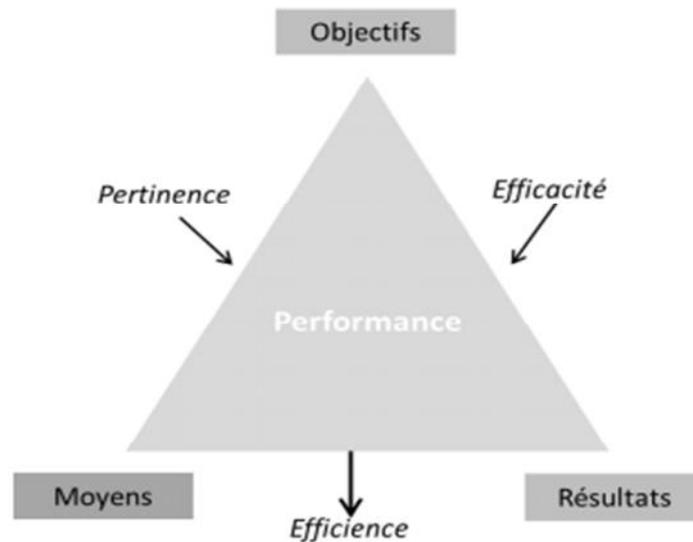


Figure 9 : Schéma représentatif des facteurs qui influent sur l'efficacité alimentaire (Rastoin et Ghers, 2010).

I-3-Calcul de l'efficacité alimentaire (EA)

Améliorer l'efficience alimentaire passe par la mise en place de mesures précises et complexes qui permettent de décomposer finement les processus d'ingestion et de digestion, ainsi que les métabolismes énergétique, protéique et minéral des animaux (Griffon, 2015).

Généralement, elle est calculée pour chaque vache soit comme le ratio entre les produits obtenus et les quantités ingérées, soit du point de vue économique comme rapport entre produit de l'atelier lait et coûts associés (Connor, 2015).

L'efficacité alimentaire des animaux peut s'exprimer par l'Indice de Consommation (IC) (chez les monogastriques) ou par l'EA proprement dite. Ces deux critères sont liés. Si on connaît la Production (P) et l'Ingestion (I), on a la relation :

$$\text{IC} = \text{I/P} = 1/\text{EA}$$

(Boval et al, 2015)

Selon Linn (2006), l'efficacité alimentaire peut varier de 1,0 à 2,0 au cours de la lactation d'une vache. En pratique, il est communément admis que l'efficacité alimentaire s'échelonne entre 0,8 et 2 par kg de lait corrigé à 4% de matière grasse par kg de matière sèche ingérée (Andrieu, 2012).

Une bonne efficacité alimentaire se situe au-delà de 1,4 et lorsqu'on souhaite améliorer son efficacité alimentaire, on vise à gagner 0,1 point (Carjot, 2013).

Une simple mesure de l'efficacité alimentaire qui est la quantité de lait produite divisé par la quantité de matière sèche (MS) consommé.

La base de calcul par vache est : kilogrammes de lait produit par jour divisé par le nombre de kilogrammes d'aliments consommés MS ((Aliment distribué - Aliment refusé) x % MS) (Carjot, 2013).

$$\text{EA} = \text{PL} / \text{MSI}$$

$$\text{MSI} = (\text{AD} - \text{AR}) * \% \text{MS}$$

EA : l'Efficacité Alimentaire ; PL : Quantité de Lait Produite (Kg) ; MSI : Matière Sèche Ingérée (Kg).

AD : Aliment distribué (Kg) ; AR : Aliment refusé (Kg) ; MS: Matière Sèche (Kg).

Il s'agit du rapport entre les kilos de lait produit par une vache (lait brut corrigé du TB taux butyreux) et la quantité de matière sèche qu'elle ingère dans une journée. En pratique, les choses sont nettement plus compliquées, à la fois pour obtenir un chiffre fiable et l'interpréter correctement (Griffoul, 2011).

Pour mesurer l'efficacité alimentaire, il faut connaître la quantité de lait produite en lait standard c'est à dire en lait corrigé à 4% de matière grasse et la quantité de matière sèche ingérée.

Pour calculer la MSI, il faut peser la ration distribuée et les refus (Andrieu, 2012).

*Formule pour obtenir le lait standard :

$$\frac{((0,44 + (0,0055 (TB - 40)) + (0,0033 (TP - 31))) * \text{Quantité Lait})}{0,44}$$

$$EA = \text{Lait Standard} / \text{MSI}$$

Le problème avec cette mesure est qu'elle ne prend pas en considération la teneur en matières grasses du lait. La production de cette dernière est une grande énergie ou une dépense d'alimentation par vache. Donc, matières grasses ou le contenu d'énergie de lait doivent être normalisés (standardisés) dans le calcul de EA pour obtenir la mesure la plus précise et la comparaison à travers des vaches et des groupes (Linn, 2006).

Le lait standard correspond à la quantité de lait corrigée selon la matière protéique et la matière grasse présentes, afin d'obtenir un produit uniformisé et comparable entre élevages. En France, deux taux de MG standards sont utilisés : 38 et 40 g/l, avec un taux protéique de 32 g/l. Ce paramètre, employé couramment aux États-Unis et dans d'autres pays où des suivis réguliers de troupeaux en alimentation sont effectués, permet de maîtriser objectivement la gestion de la table d'alimentation (Hutjens, 2005a).

- Le choix de l'indicateur PL/MSI, de type ratio, est lié à sa facilité d'application sur le terrain par rapport à d'autres indicateurs comme les résidus (Berry et Crowley, 2013).
- Une seconde méthode d'approche sur animaux en production consiste à mesurer l'efficacité productive globale des animaux grâce au paramètre d'ingestion résiduelle « Residual Feed Intake ». L'ingestion résiduelle est la différence entre l'ingestion réelle et l'ingestion prévue par un modèle ou par régression. Les animaux ayant l'ingestion résiduelle la plus faible mangent moins pour un gain de poids équivalent (Berry et Crowley, 2013).

II- Les facteurs qui influent l'EA

Selon Martinot (2011), l'efficacité alimentaire dépend de nombreux facteurs. Il a retenu trois qu'il considère comme majeurs: le poids des vaches, leur niveau de production et leur stade de lactation.

Les deux premiers sont liés aux besoins d'entretien, plus ou moins élevés selon le poids et plus ou moins dilués selon la quantité de lait produite. « Plus les animaux s'alourdissent, moins ils deviennent efficaces ». En revanche, plus ils sont productifs, moins ils consomment par kilo de lait produit. Quant au stade de lactation, il interfère du fait que la vache mobilise puis reconstitue ses réserves adipeuses. Après le vêlage, l'efficacité alimentaire est nettement meilleure qu'en fin de lactation. Elle est influencée également par d'autres facteurs comme le pourcentage de primipares (qui poursuivent leur croissance), la part de concentré (0,1 point par tranche de 10 % au-dessus de 30 %).

La quantité de lait produite par vache et par kilogramme de matière sèche ingérée dépend de nombreux facteurs liés à la composition, à la valorisation de la ration et à la conduite du troupeau (Castellani, 2014).

II-1- Facteurs liés à l'animal

Tout dépend du coût de la ration ingérée et de sa part de concentrés. De plus, il est logique que l'efficacité alimentaire soit meilleure en début de lactation (capacité d'ingestion limitée, utilisation des réserves corporelles pour produire du lait) et qu'elle soit dégradée en fin de lactation (reconstitution des réserves corporelles, concurrence production laitière-gestation). Ne pas observer ces variations serait mauvais signe pour la santé de vos animaux (Weidmann et Mauger, 2013).

a. Ingestion

L'efficacité alimentaire est fortement corrélée à l'ingestion. La capacité d'ingestion traduit l'appétit et la motivation d'une vache à consommer des aliments. Cependant de nombreux facteurs influent sur la capacité d'ingestion de la vache laitière telle que le poids vif, l'état d'engraissement, le stade de lactation, le stade de gestation et l'âge (Carjot, 2013).

Tous les aliments ne sont pas équivalents en termes d'encombrement. Ainsi « plus un aliment est digestible, plus sa valeur d'encombrement est faible, il est donc davantage consommé ».

L'éleveur a tout intérêt à stimuler ses animaux pour les inciter à consommer plus et ainsi optimiser le niveau du troupeau. Pour ce faire, il faut veiller à la qualité des aliments proposés, permettre un accès à la ration un maximum de temps (Jarrige, 1988).

b. Besoins d'entretien

Dès lors que les animaux s'amaigrissent, les besoins d'entretien diminuent eux aussi, l'efficacité alimentaire augmente alors. Cependant, les interactions entre ces différents facteurs sont telles qu'il peut être difficile de déterminer à quel effet est due la variation de l'efficacité alimentaire (Linn et al, 2007).

c. Stade et rang de lactation

Le stade de lactation a un impact non négligeable sur l'évaluation de l'efficacité alimentaire. En effet, en début de lactation physiologiquement la vache mobilise ses réserves, le déficit énergétique et la perte de poids entraînent une augmentation de l'efficacité alimentaire. Cette dernière est supérieure à deux (2) en début de lactation est révélatrice d'une perte de poids trop importante ou d'un désordre métabolique.

Pour le stade de lactation, on ajoute 0,15kg d'efficacité alimentaire par tranche de 50 jours à partir de 150 jours (Tableau 4) (Hutjens, 2005a).

En fin de lactation, les vaches reconstituent leurs réserves corporelles afin d'anticiper la prochaine lactation. Ceci a pour effet de diminuer l'efficacité alimentaire. Le mois moyen de lactation doit ainsi être pris en compte dans l'appréciation de l'efficacité alimentaire moyenne d'un troupeau (Maulfair et al ,2011).

Le rang de lactation est lui aussi un critère important à considérer, notamment pour les primipares. En effet, elles doivent encore consacrer une partie de leur énergie à la fin de leur croissance. L'efficacité alimentaire s'en trouve alors diminuée (Maulfair et al 2011). Il faut toujours s'attendre à des valeurs inférieures de 0,1 à 0,2 par rapport aux multipares (Hutjens, 2005a).

Tableau 4 : Repères pour les comparaisons d'efficacité d'alimentation (Hutjens, 2005a).

Catégorie de vaches	stade de lactation	EA (Kg de lait / Kg Ms)
Toutes les vaches	150-225	1,4 à 1,6
Vache 1 ^{ère} lactation	<90	1,5 à 1,6
Vache 1 ^{ère} lactation	> 200	1,2 à 1,4
Vache 2 ^{ème} lactation	<90	1,6 à 1,8
Vache > 2 ^{ème} lactation	> 200	1,3 à 1,5
Vaches fraîches vélées	<21	1,2 à 1,4

Chez les vaches qui sont dans le premier tiers de la lactation, l'EA oscille entre 1,6 et 1,8 alors qu'elle chute à 1,3- 1,5 durant le dernier tiers. L'objectif moyen visé d'un troupeau en lactation est de 1,5. Si les vaches tarées sont incluses dans le calcul, l'EA chute à 1,3 (Sutter, 2013).

Viser 1,5 à 1,6 kg de lait par kg de matière sèche est un objectif raisonnable pour des animaux en lactation depuis 150 à 200 jours. Après 250 jours, avec la reprise de poids et la gestation, un objectif de 1,4 est correct.

Pour des animaux en tout début de lactation (< 60jours), des valeurs de 1,8 peuvent être atteintes avec des rations hautement énergétiques. Il faut veiller cependant à ne pas masquer des désordres métaboliques (Linn et al, 2007).

En effet, une vache atteint sa production optimale à partir de la troisième lactation (elle en est à 75 % à sa première lactation et à 90 % à la deuxième). De plus, il ne faut pas oublier qu'en première et deuxième lactations, les vaches consacrent encore une partie des nutriments ingérés à la croissance, ce qui a pour effet de diminuer l'efficacité alimentaire. C'est à partir de la troisième lactation que la vache devient vraiment rentable. On a donc tout intérêt à bien nourrir et bien soigner ses vaches pour qu'elles restent productives et en santé le plus longtemps possible (Gosselin et Lefebvre, 2005).

d- L'âge

✓ Age au premier vêlage

L'élevage des génisses a déjà une grande influence sur l'efficacité de l'ensemble du système de production laitière.

La figure 10 représente la quantité de lait produite par kilo de fourrage ingéré en fonction de la somme de la production laitière pour des âges au premier vêlage de 24 et 30 mois. L'âge au premier vêlage le plus jeune améliore l'EA entre 4 et 12 % suivant le nombre de lactations (Sutter, 2013).

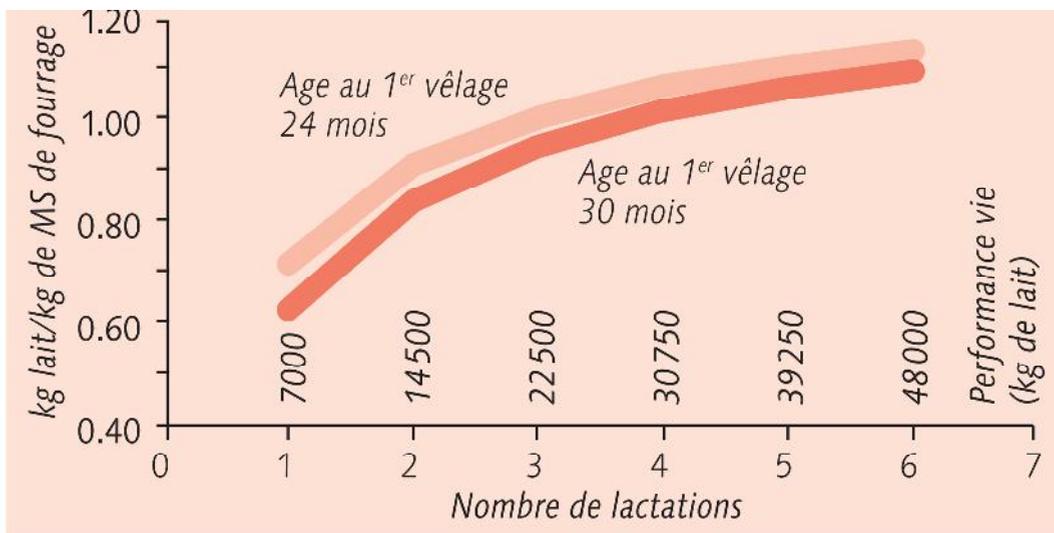


Figure 10 : L'efficacité alimentaire selon le nombre de lactation (Sutter, 2013).

La performance de vie a une influence bien plus importante. Les vaches avec deux lactations ont une EA de 25 à 30 % plus élevée. Plus la performance de vie augmente, plus l'augmentation de l'EA s'atténue (Sutter, 2013).

Il est constaté selon le tableau 5 que:

- en augmentant la durée d'utilisation, on améliore grandement l'efficacité;
- les plus grandes améliorations ont lieu jusqu'en troisième lactation;
- l'efficacité alimentaire est plus faible que dans les représentations usuelles par année, car le fourrage ingéré pendant la phase d'élevage est également pris en compte.

Tableau 5: Influence de la durée d'utilisation des vaches laitières sur l'efficacité alimentaire (Thomet et Steiger Burgos, 2007).

	Age (année)				
	1	2	3	5	7
Production laitière cumulée (kg ECM)			6500	22 000	38 000
Ingestion cumulée (kg MS)	1300	4560	10 810	23 530	36 500
Efficacité alimentaire (kg ECM/kg MS ingérée)	0	0	0,60	0,93	1,04

Hypothèse: vache Holstein vêlant à 26 mois et pesant 580 kg, puis atteignant 650 kg, produisant en 1^{re} lactation 6500 kg ECM, puis 7500 à 8000 kg ECM/an; la production laitière cumulée a ensuite été mise en rapport avec la quantité totale de fourrage ingéré jusqu'au moment pris en compte.
ECM: lait corrigé selon l'énergie.

e- L'intervalle de vêlage

Un intervalle plus long diminue la quantité de lait livré en 365 jours. Il y a donc diminution de l'efficacité alimentaire (Gosselin et Lefebvre, 2005).

f- Une période de tarissement

Trop longue (au-delà de 60 jours) diminue l'efficacité alimentaire du simple fait que davantage de nourriture est consommée en période non productive (Gosselin et Lefebvre, 2005).

g-Gestation

Les besoins de gestation réduisent les valeurs de EA au fur à mesure que les exigences du fœtus augmentent en fin de gestation (cet impact sera faible) (Hutjens, 2005a).

h-Poids

Les vaches qui prennent du poids corporel auront une faible efficacité du au stockage de nutriments sous forme de graisse. Cette baisse doit se produire si les vaches perdent du poids au début de lactation. EA inférieure à la fin de la lactation peut être souhaitable (Hutjens, 2005a).

Veerkamp (1998) a démontré qu'en comparant deux vaches, à un poids vif commun, la vache qui produit 25% plus de lait aura une efficacité alimentaire 10 à 15% plus élevée que l'autre.

L'efficacité alimentaire augmente au fur et à mesure que le niveau des performances (tableau 6). Pour que des vaches lourdes atteignent la même efficacité alimentaire que de vaches légères, leurs performances par lactation doivent être nettement plus élevées. Cette performance par lactation, par vache et par année est donc un mauvais paramètre pour mesurer l'efficacité de production, car le poids vif, et donc les besoins d'entretien, ne sont pas pris en compte (Thomet et Steiger Burgos, 2007).

Frigo et al (2010) ont constaté qu'en début de lactation, les vaches qui mobilisent une plus grande proportion des réserves corporelles apparaîtront plus efficaces par rapport aux vaches qui ne perdent pas de poids. Du fait que l'efficacité alimentaire ne fait pas la différence entre l'énergie utilisée pour la production de lait provenant de l'alimentation et de ce qui est disponible à partir de la mobilisation des réserves corporelles.

Tableau 6: L'efficacité alimentaire (kg ECM/Kg MS) de vaches laitière en fonction de leurs poids vif et de leurs productions laitières annuelles (Thomet et Steiger Burgos, 2007).

Poids vif (kg/vache)	Production laitière annuelle par vache (kg ECM)				
	5000	6000	7000	8000	9000
350	1,19	1,28	1,35	1,41	1,45
450	1,10	1,19	1,26	1,32	1,38
550	1,02	1,11	1,19	1,25	1,31
650	0,96	1,05	1,13	1,19	1,25
750	0,91	1,00	1,08	1,14	1,20

*ECM: lait corrigé selon l'énergie.

i- Emissions de gaz

Les systèmes d'élevages bovins sont particulièrement montrés du doigt pour les émissions de méthane. Diverses études ont confirmé qu'augmenter l'efficacité alimentaire permettait de réduire ces émissions (Beeveret Drackley, 2013).

L'azote (N) ingurgité avec le fourrage ne se retrouve aussi que partiellement dans le lait produit. Les vaches aux performances laitières élevées rejettent moins de méthane et d'azote par kilo de lait produit. Un doublement de la production laitière permet de réduire pratiquement de moitié les excréments de méthane et d'un tiers celles d'azote (figure 11).

L'intérêt pour l'efficience alimentaire a augmenté ces dernières années puisqu'elle contribue à augmenter les marges de profit tout en diminuant la production d'émissions de méthane qui ont un effet négatif sur l'environnement (Van Doormaal, 2015).

Par conséquent, il semble que des réductions significatives des coûts de l'alimentation et les impacts environnementaux liés à la production laitière peuvent être atteintes en augmentant la capacité de lactation par vache (Yan et al, 2010).

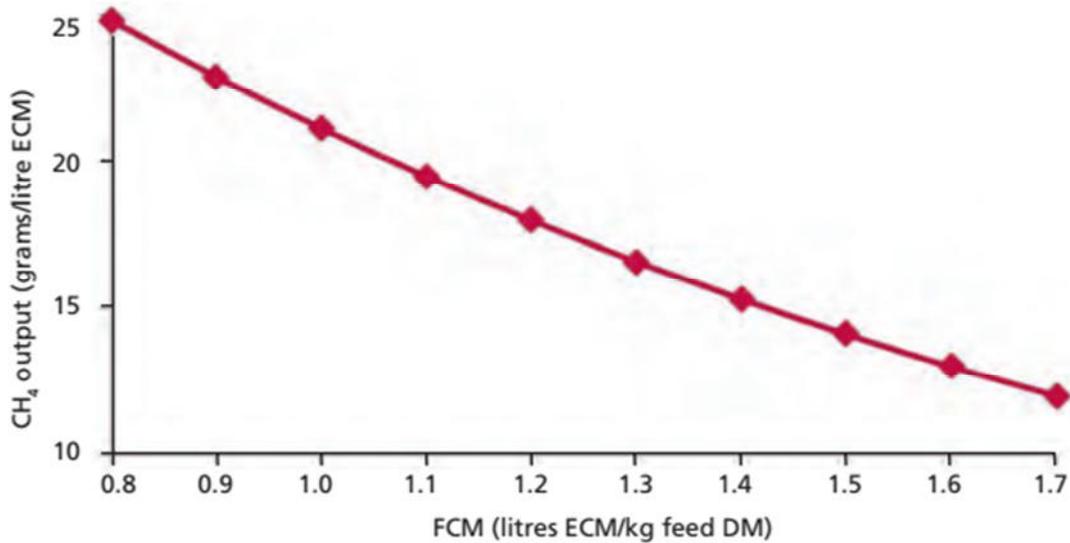


Figure 11 : Relation entre l'efficacité alimentaire (litre ECM / kg MSI) et les émissions de méthane exprimée en grammes / litre ECM (Colman et al, 2011).

La réduction de la production de méthane peut être mesurée par kg de Matière Sèche Ingérée, ce qui permet d'évaluer l'impact d'une pratique sur les processus digestifs, ou par kg de lait ou de viande produits, ce qui intègre l'efficacité de production. Les émissions de méthane dues aux éructations des vaches constituent une perte directe d'énergie (Doreau et al, 2011).

j- Etat de santé du rumen

La stimulation des fermentations ruminales ainsi que le maintien d'un milieu fonctionnel sont les garants d'une bonne efficacité alimentaire. En effet, cela garantit une utilisation optimale des nutriments, donc une bonne digestibilité et une bonne efficacité (Hutjens, 2005 b ; Beaver et Drackley, 2012). Par exemple, l'acidose peut diminuer l'efficacité alimentaire de 0,1. En effet, l'état d'acidose réduit la digestibilité de la cellulose, elle réduit donc la densité énergétique de la ration et par conséquent l'efficacité alimentaire (Hutjens, 2007).

II-2- Facteurs liés à l'aliment

Pour gérer son efficacité alimentaire, il faut apporter des aliments de qualité, de manière adéquate, synchrone afin d'optimiser leur utilisation.

a-Digestibilité de la ration

La digestibilité est l'un des facteurs les plus importants qui influence la disponibilité de l'énergie chez la vache. Elle a un effet direct sur l'efficacité alimentaire. Quand la digestibilité des aliments

augmente, davantage de nutriments sont absorbés et utilisables pour la production. Si l'efficacité alimentaire est faible, la digestibilité de la ration est médiocre et EA diminue de 1,8 à 1,4 (Hutjens, 2005a).

Les vaches n'ont pas forcément besoin d'ingérer de grande quantité de matière sèche pour avoir une production élevée. Il suffit de fournir la quantité nécessaire de nutriments digestibles dans la ration (Gordon et al, 1995).

En effet, les fourrages constituent la plus grande partie de la ration, leurs qualités et leur digestibilité ont un impact majeur sur l'efficacité alimentaire (Britt et al, 2003). Les moindres variations de cet équilibre influencent la dégradation des nutriments et impactent au final l'efficacité alimentaire de la ration. Les fibres participent aussi au maintien de la motilité ruminale (Maulfair et al, 2011).

b-Additifs alimentaires

Actuellement, de nombreuses substances probiotiques sont employées dans le but d'améliorer la dégradation des fibres. Les levures probiotiques agissent comme un stimulant de la population cellulolytique et notamment de leur activité enzymatique. Elles libéreraient des vitamines et divers facteurs de croissance essentiels au développement des bactéries cellulolytiques et de réduire les risques de subacidose. Ainsi, la digestibilité des fourrages est augmentée et par conséquent l'efficacité alimentaire aussi (Casper, 2008).

Injecter « BST » peut améliorer les valeurs de EA (Hutjens, 2007). L'effet stimulant de la somatotropine bovine (ou hormone de croissance, sur la production laitière (galactopoïèse) de la vache en lactation augmente la production laitière de 10 à 40% lorsqu'elle est administrée quotidiennement (Cisse, 1992).

II-3-Génétique

Les animaux modifiés génétiquement vont jouer un rôle important dans l'avenir de l'animal pour une alimentation efficace et une production durable (Niemann et al, 2011).

L'amélioration génétique de EA constitue une stratégie particulièrement intéressante car elle peut concerner la plupart des élevages laitiers avec un coût limité. La diminution de l'utilisation d'aliments grâce à ces gains d'efficacité donnera un avantage compétitif au secteur de la production laitière, mais contribuera également à réduire ses impacts sur l'environnement (Faverdin, 2015).

Il a été démontré que les lignées de hautes productrices sont plus efficaces dans la transformation de leur ration en lait. L'information génétique détermine la répartition des nutriments entre les besoins d'entretien, la production de lait (Linn et al, 2007).

II-4- Facteurs liés à l'environnement

Le respect des fondamentaux de la nutrition est le moyen le plus efficace pour augmenter l'efficacité alimentaire (Hutjens, 2005b). Cependant il ne faut pas négliger l'impact de l'environnement sur les animaux.

a. Température

Tout type de stress peut être à l'origine d'une diminution des performances, y compris celles de production.

Le stress thermique, lié aux fortes chaleurs, est susceptible d'avoir une incidence négative sur la valorisation de la ration (Bonnetoy et Noordhuizen, 2011).

Les variations de température extérieure impactent l'efficacité alimentaire via les variations des besoins d'entretien. Ainsi le froid mais surtout le chaud obligent les animaux à réguler leur température corporelle et diminuent l'efficacité alimentaire (Hutjens, 2007). L'efficacité des produits laitiers est plus faible dans la saison chaude (1,31) que dans la saison fraîche (1,40) (Maulfair et al, 2011).

b. Bien être

Ce critère est comme le précédent, à relier aux besoins d'entretien. En effet, tout stress aura pour effet d'augmenter les besoins d'entretien. La surdensité, les pathologies sont autant de facteurs de stress pour les animaux (Maulfair et al, 2011).

- ✓ L'environnement du repas a également un rôle primordial, aussi déterminant que la composition de la ration.
- ✓ L'appétence est un facteur à ne pas négliger, car le goût est assez développé chez les bovins. La connaissance du comportement des vaches peut être utile pour l'amélioration du bien-être et de l'efficacité.
- ✓ L'environnement de la vache à savoir la densité, l'espace, le mode de distribution d'aliment sont des éléments liés mais déterminants pour la production.
- ✓ La facilitation sociale influence aussi la prise alimentaire : les vaches sont des animaux grégaires quand l'une va manger, cela incite les autres à s'alimenter. Le comportement

alimentaire est enfin affecté par le climat, la dentition, l'âge des bovins, la nature et le type d'aliment (Albright, 1993).

III-Restiction de la ration

Le régime alimentaire des vaches en lactation augmente l'efficacité alimentaire grâce à l'apport d'alimentation réduite (Ipharraguerre et Clark, 2003).

Selon Agabriel (2010), un rationnement dans un but d'efficacité doit intégrer la capacité des vaches à mobiliser et reconstituer leurs réserves corporelles. Il est important de gérer l'équilibre global de l'animal où les apports doivent correspondre aux besoins. Il est donc essentiel de maîtriser les phases clés de la vie d'un animal entre période de croissance, période de reproduction et de vêlage.

Il a été démontré que les animaux rationnés adaptent leur rumen et ont donc un taux de refus moindre. La capacité du rumen en % du poids vif est plus importante chez les vaches ayant un régime plus pauvre. Ainsi, on observe une augmentation de la surface d'absorption. Un rumen volumineux avec une paroi ruminale bien faite est la base d'une bonne efficacité alimentaire.

Les résultats de quelques études (Hicks et al, 1990) indiquent les raisons possibles de cette restriction qui sont :

- 1) digestibilité de la matière organique d'une alimentation constante diminue par unité d'augmentation de la consommation au-dessus de l'entretien ;
- 2) lorsque l'efficacité énergétique métabolisable diminue, l'apport énergétique métabolisable augmente ;
- 3) les besoins d'entretien diminuent si le poids et l'activité des organes gastro-intestinaux et du foie sont réduits ;
- 4) l'extra chaleur dégagée par l'alimentation peut être réduite par une plus faible consommation.

IV-Maîtrise de l'efficacité alimentaire

Il est possible d'agir sur différents leviers pour améliorer la valorisation des fourrages qui composent la ration, soit l'efficacité alimentaire :

✓ Il convient de choisir les aliments capables d'équilibrer le contenu fourrager de la ration de base (semi-complète ou complète) en fonction de leur nature chimique et de leur cinétique digestive,

pour garantir des processus de fermentation de qualité dans le rumen et, par conséquent, un apport maximal de nutriments à la mamelle (objectif ultime de l'efficacité alimentaire).

- ✓ La présence d'un espace suffisant à l'auge et sur l'aire de repos pour tous les animaux, et le maintien d'un bon confort du lieu de vie favorisent la consommation quotidienne d'aliments et leur digestion (Brouk et Smith, 2000).
- ✓ Un tri méticuleux des aliments mal conservés et le maintien d'une teneur de MS optimale (35 à 40 % MS) sont des procédures à préconiser afin de préserver l'appétence de la ration.
- ✓ Il convient également d'ajouter de l'eau à la ration.
- ✓ Le respect des apports en énergie, en protéines et fibres doit être vérifié régulièrement pour prévenir toute détérioration des processus digestifs. Le contenu azoté de la ration est un excellent indicateur de la qualité et de la vitesse de la digestion dans le rumen.
- ✓ Si les paramètres de reproduction sont satisfaisants, la répartition entre animaux de rangs de lactation différents est correcte. Cela signifie qu'il existe au même moment dans le troupeau des vaches dont l'indice de conversion est potentiellement le meilleur (troisième lactation et plus) et d'autres (première et deuxième lactations) qui n'ont pas terminé leur développement (besoins de croissance) et dont la capacité d'ingestion est inférieure.
- ✓ Une vache génétiquement prédisposée à produire davantage a plus de chances d'avoir indirectement un meilleur indice de conversion (Casper, 2008).
- ✓ L'introduction d'additifs comme des levures est susceptible de favoriser l'activité de la flore cellulolytique, et de participer au maintien de l'efficacité alimentaire (Casper, 2008).

V-Le taux de valorisation de la ration

Le taux de valorisation de la ration est simple à calculer à partir d'un constat d'alimentation. Il s'agit de comparer la quantité de lait réellement produite avec la quantité de lait théoriquement permise par la ration lorsqu'on a déduit les besoins d'entretien (Thievent ,2016).

Taux de valorisation de la ration = (Lait permis par la ration / Lait produit) x 100

Plus le taux de valorisation diminue plus le troupeau valorise les aliments de la ration. Cela est le signe d'un bon fonctionnement de l'animal et d'un bon équilibre de la ration.

Le Taux de Valorisation de la Ration est très corrélé au coût de concentré (le prix/1000L) mais également à d'autres indicateurs technico-économiques comme la quantité de concentrés par tonne de lait et la valorisation de la ration de base (Thievent, 2016).

PARTIE PRATIQUE

I-Matériels et Méthodes

La pauvreté de la région de la wilaya de Tizi-Ouzou en sol constitue une contrainte pour l'extension des superficies cultivées en fourrage. Les animaux sont en stabulation quasi permanente, l'essentiel de leur alimentation est assurée par le concentré qui est distribué quotidiennement et durant toute l'année ; jusqu'à 10 kg/tête/jour, pour une production moyenne de 9.45 l/vache/jour (Kadi et al, 2007 ; Belkheir et al, 2011). Cette quantité de concentré va alourdir les charges alimentaires et induire ainsi un coût de production élevé.

L'efficacité alimentaire (EA) est un enjeu majeur pour la filière lait .Sa maîtrise pourrait contribuer à réduire la facture alimentaire des éleveurs de la région, en diminuant les quantités de concentré distribuée. La ration sera à ce moment mieux valorisée. Elle permet aussi de réduire l'impact environnemental de la production (émission de méthane) et de diminuer la compétition entre la production de matières premières destinées à l'alimentation animale et les productions pour l'alimentation humaine.

Notre étude consiste à évaluer l'efficacité alimentaire de l'élevage bovin laitier au niveau de la ferme EURL SEA de Draa Ben Khedda à Tizi-Ouzou.

I-1-Présentation de la ferme d'étude

I-1-1- Création de la ferme

La ferme pilote de « Draâ Ben Khedda » a été créée en 1969 dans le cadre du développement national des productions animales, mais ne fut fonctionnelle qu'en 1970. Par la suite, elle fut érigée le 13 octobre 1998 au statut de société d'exploitation agricole « EURL SEA », munie d'un registre de commerce. La ferme a pour vocation principale l'élevage de Bovin Laitier.

I-1-2- Situation géographique de la ferme

La ferme est située dans la commune à vocation agricole de Draâ Ben Khedda, à 10 Km du chef lieu de la Wilaya de Tizi-Ouzou et à 90 Km à l'est d'Alger. Elle est limitée au nord par l'oued « sébaou », à l'est par la cité « Touares », à l'ouest par « Oued Boughedoura » et au sud par la chaîne montagneuse de « Sidi Ali Bounab ». La ferme n'a pas de problèmes d'approvisionnement en eau puisqu'elle dispose de plusieurs puits.

I-1-3- Superficies et répartition des terres et des cultures

La ferme EURL SEA de Draâ Ben Khedda s'étend sur une superficie agricole totale d'environ 219 ha. La superficie agricole utile est de 206ha. La majeure partie des terres étant consacrée aux cultures fourragères (170 ha) destinées à l'alimentation interne. Les cultures pérennes (agrumes et olivier) occupent 28 ha. Durant l'année 2014, la ferme a exploité 10 ha de pomme de terre semence.

I-2-Description du cheptel

La ferme a connu un vide sanitaire en 2013 suite à un foyer de tuberculose. De ce fait, la ferme a été repeuplée en Novembre 2013 par l'importation de 47 génisses pleines.

La ferme de Draa Ben Khedda dispose en 2014 d'un troupeau de 47 vaches laitières primipares réparties comme suit :

- 15VL de race Montbéliarde ;
- 15 VL de race Fleckvieh ;
- 17 VL de race prime Holstein.

I-3- Conduite alimentaire

L'alimentation dépend de la disponibilité des aliments et de l'état physiologique de l'animal. La ration des vaches laitières est composée d'une ration de base (fourrage vert, sec ou ensilé) distribuée à volonté, et d'un concentré distribué selon un rationnement. Les vaches laitières sont en stabulation libre permanente.

L'estimation de la quantité de fourrage ingérée se fait de la manière suivante :

La remorque chargée de fourrage est pesée, et repesée une fois vide pour estimer le poids total du fourrage ; la quantité distribuée par vache est donc connue. Les refus sont eux aussi estimés le lendemain pour déterminer la quantité de fourrage ingérée.

Le rationnement se fait selon l'apport de la ration de base, le niveau de production et l'état physiologique des vaches. La ration de base est donc corrigée, puis une complémentation est attribuée aux vaches hautes productrices, dans le lot des fraîches vèlées (150 jours après mise bas).

I-4- La disponibilité des aliments

I-4-1- Les fourrages cultivés

Le calendrier de la mise en place des fourrages de la ferme est représenté dans le tableau 7. Les fourrages verts sont soit distribués directement à l'auge ou ensilés dans des silos. Les fourrages secs sont bottelés et stockés dans des hangars.

Tableau 7 : Le calendrier fourrager 2014 de la ferme.

Espèces		Mois											
		jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
Avoine	En vert											--	
	En foin					++	++	++					
	Ensilage				+	+							
	grain							++	++				
Ray gras d'Italie	En vert			++	++	++				--	--	++	
	En foin					++	++						
	Ensilage				++	++							
sorgho	En vert				--	--	++	++	++	++	++	++	
	En foin								++				
	Ensilage							++	++	+			
luzerne	En vert	+	+			++	++	++	--++		++	++	
	En foin						++	++	++	+			

-- : semis , ++ : récolte

I-4-2- Les concentrés

La ferme dispose d'un atelier de fabrication d'aliments où les concentrés sont formulés et préparés selon la disponibilité des matières premières sur le marché (le maïs, le son gros, le tourteau de soja).

I-5- L'abreuvement

Nous avons noté la présence d'abreuvoirs automatiques et d'abreuvoirs collectifs qui assurent un abreuvement permanent et à volonté pour les vaches.

II- Méthodologies

Notre travail consiste à estimer l'efficacité alimentaire (EA) des vaches laitières de la ferme pour l'année 2014. Les données de base sont les quantités de lait produites (kg) et les quantités de fourrages et de concentré consommés (kg).

- Les données recueillies sont sur une base de données sur Microsoft Excel® version 2007 :
 - Le fichier de production laitière, nous renseigne sur les quantités de lait produites, les moyennes techniques et économiques ainsi que les effectifs par jour et par mois.
 - Un calendrier alimentaire de l'année 2014, nous renseigne sur les différentes rations distribuées aux vaches par mois (tableau8).
 - Une feuille de calcul « rationneur Algérie » sert à déterminer les valeurs alimentaires (% MS, UF, MAD) des fourrages et concentrés selon les tables de l'ITELV (2009) (annexe).

Tableau 8 : Calendrier alimentaire 2014 de la ferme.

	Janv.	Févr.	Mars	avr.	Mai	juin	juil.	Aout	sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Foin d'avoine												
Foin de ray gras												
Ray gras en vert												
Luzerne en vert 1 ^{ère} coupe												
Luzerne en vert 2 ^{ème} coupe												
Luzerne en vert 3 ^{ème} coupe												
Luzerne en vert 4 ^{ème} coupe												
Luzerne en vert 5 ^{ème} coupe												
Luzerne en vert 6 ^{ème} coupe												
Luzerne en vert 8 ^{ème} coupe												
Luzerne en vert 9 ^{ème} coupe												
Sorgho en vert 1 ^{ère} coupe												
Sorgho en vert 2 ^{ème} coupe												
Sorgho en vert 3 ^{ème} coupe												
Ensilage de R.G.I												
Maïs grain												
Son gros de blé												
Tourteau de soja 48%												
Aliment concentré ONAB 21%												

■ Fourrage en vert
 ■ Foin
 ■ Maïs
 ■ ensilage
 ■ Son
 ■ Tourteau

II-1- Méthode de calcul des valeurs alimentaires des aliments consommés

Dans la feuille de calcul Microsoft Excel® version 2007 « rationneur Algérie », nous introduisons les quantités de matières brutes (kg) afin de les convertir en kg de MSI et en valeurs nutritives (UFL, MAD) comme suit :

$$\text{MSI (kg)} = (\text{MB (kg)} \times \% \text{ MS}) / 100.$$

$$\text{UFL} = (\text{MSI (kg)} \times \text{UFL}) / 100.$$

$$\text{MAD} = (\text{MSI (kg)} \times \text{MAD}) / 100.$$

➤ Pour le concentré vache laitière de l'ONAB (21% protéines), nous avons estimé les valeurs alimentaires nutritives par manque de données en utilisant les équations prédictives de la composition chimique des fourrages :

Chibani et al (2010) : $\text{UFL} = (0,0012 \times \text{MAT}) + 0,648$

Xandé et Trujillo (1985) : $\text{MAD} = (0,916 \times \text{MAT}) - 28,95$ (MAT (g/kg MS)).

Selon les tables de l'INRA (2007) : MS = 85%.

II-2-La Production laitière

Selon les analyses établies par la ferme, le lait produit est un lait standard de 4% de matière grasse et 3,2 % de protéines.

Nous avons utilisé les moyennes techniques de la production laitière (kg), par jour et par mois de l'année.

$$\text{La moyenne technique} = \text{quantité de lait produite} / \text{nombre de vaches lactantes.}$$

II-3- Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire

II-3-1- Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire de la matière sèche ingérée

D'après Hall (2004a), la version la plus simple d'efficacité alimentaire est le rapport entre les quantités de lait produites et les quantités de matière sèche ingérée. Il est cependant plus juste de considérer les matières grasses et protéines du lait par kilogramme de matière sèche ingérées ce qui fait ressortir, d'une manière plus correcte, la part de nutriment qui va dans le lait.

Pour calculer l'efficacité alimentaire, nous avons utilisé l'équation suivante :

$$EA = PL / C$$

EA : l'Efficacité Alimentaire ; PL : Quantité de Lait Produite (Kg) ; C : Consommation de kg de MSI.

On a calculé l'efficacité alimentaire de la ferme en fourrage (Kg de MSI) et en concentré (Kg de MSI). Ainsi que l'efficacité alimentaire énergétique et azotée.

II-3-1- Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire énergétique

D'après Baumont et al (1999), l'Unité Fourragère Lait (UFL) est déterminée comme étant l'Energie Nette Lait / 1700.

$$UFL = ENL \text{ (Mcal/kg)} / 1700$$

Selon Lefebvre et Pellerin (2001), pour un lait à 4% de matière grasse, ENL= 0,73

Donc : UFL= 0,73 / 1700= 0,00043 Mcal/kg d'où 0,00043 Mcal/kg = 0,43 kcal /kg.

$$EA \text{ énergétique} = UF \text{ lait} / UF \text{ aliment}$$

II-3-2- Méthode de calcul de l'efficacité alimentaire azotée

La mesure de l'efficacité donne une idée sur l'utilisation des protéines alimentaire, elle diminue souvent lorsque le taux d'urée dans le lait augmente. Les vaches peuvent atteindre une efficacité de 0,30 ou mieux (30 % de l'azote alimentaire est convertis en azote dans le lait) (Hall, 2004a).

$$\text{Efficacité de l'azote} = \text{Azote du lait (kg)} / \text{Azote de l'aliment (kg)}$$

Avec :

$$\text{Azote du lait (kg)} = (\text{kg de lait} \times (\text{protéines du lait \%} / 100)) / 6,38.$$

$$\text{Azote de l'aliment (kg)} = (\text{Matière sèche ingérée (kg)} \times (\text{protéines brutes de la ration \%}/100)) / 6,25.$$

Les protéines brute du lait ont un multiplicateurs différents ($N \times 6,38$) de celui des proteines brute de l'aliment ($N \times 6,25$), ceci parce que les protéines du lait et celles de l'aliment contiennent des proportions différentes d'azote (15,7 % vs 16,0 %) respectivement (Biwi, 1987).

Les protéines brutes du lait = Azote du lait x 6,38.

Les protéines brutes de l'aliment =Azote de l'aliment x 6,25.

II-4- Traitement statistique

Les données obtenues ont été soumises à des statistiques descriptives et, lorsque nécessaire, à un test de corrélation à l'aide du logiciel Excel[®] 2007.

III- Résultats et Discussion

III-1- La part du concentré et du fourrage dans la ration

Le calendrier alimentaire de l'année 2014 (tableau 8), nous renseigne sur les différents aliments distribués aux vaches par mois.

Les proportions de fourrage et de concentré distribuées sont représentées dans la figure 12.

Le calendrier alimentaire dépend du calendrier fourrager de l'année en cours et des disponibilités en fourrages secs et en ensilage au niveau de la ferme (tableau 7 et tableau 8).

La part du fourrage dans la ration des vaches est en moyenne de 77%. Cela diffère de ce que l'on a l'habitude de rencontrer dans les autres élevages en Algérie, où le concentré détient la plus grande part de la ration. Houmani (1999) rapporte que l'alimentation du bétail se caractérise par une offre insuffisante en ressources fourragères ce qui se traduit par un déficit fourrager estimé à 34 %. Kadi et al (2007) signalent que 40% des éleveurs de la région de Tizi-Ouzou distribuent plus de 10Kg de concentré par vache et par jour. A la ferme étudiée, la quantité journalière moyenne de concentré distribuée est de 4,41Kg par vache (23% de la ration totale).

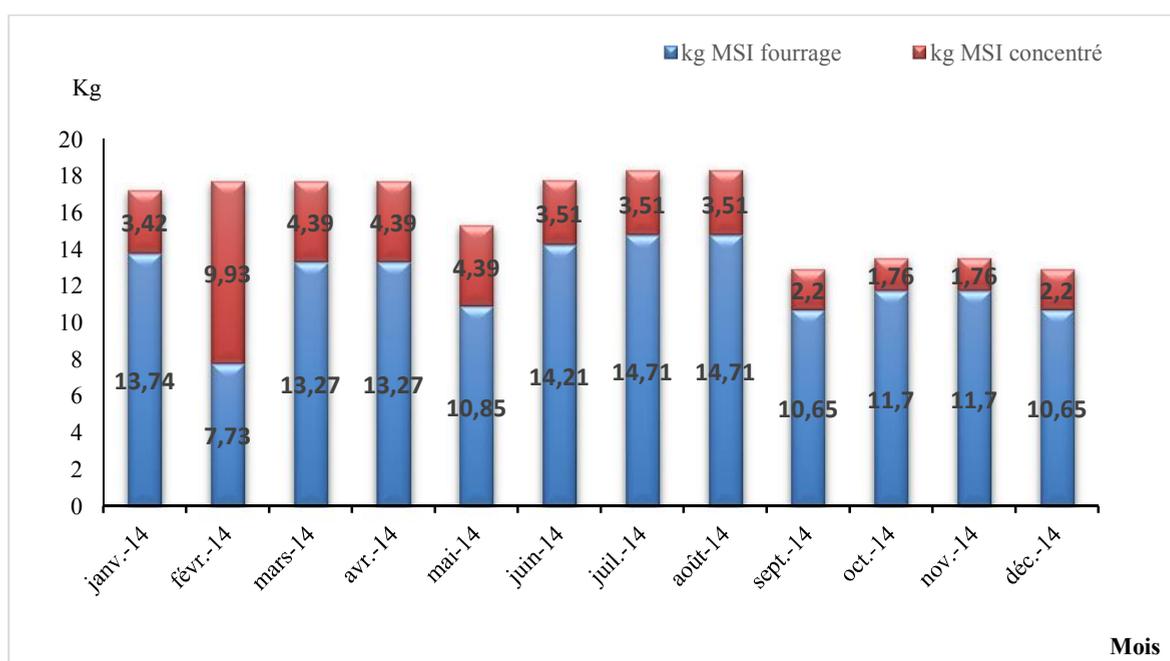


Figure 12 : La part du fourrage et du concentré distribuée en kg de MSI/j/vache durant l'année 2014.

III -2- L'évolution de la production laitière en fonction de l'ingestion de la matière sèche

La courbe de lactation obtenue (figure 13) a l'allure d'une courbe classique de lactation (wolter, 1997). L'évolution de la production laitière totale de l'année indique une augmentation entre le mois de février et mai (période de forte production). Elle a coïncidé avec la période de disponibilité des fourrages verts. Cela corrobore avec les résultats de Boukir (2007). La période été-automne (juin jusqu'à décembre) est très critique, alors que le printemps est caractéristique d'une bonne production fourragère et représente la période des maximums de production laitière enregistrés durant l'année comme rapporté par Belhadia (2014).

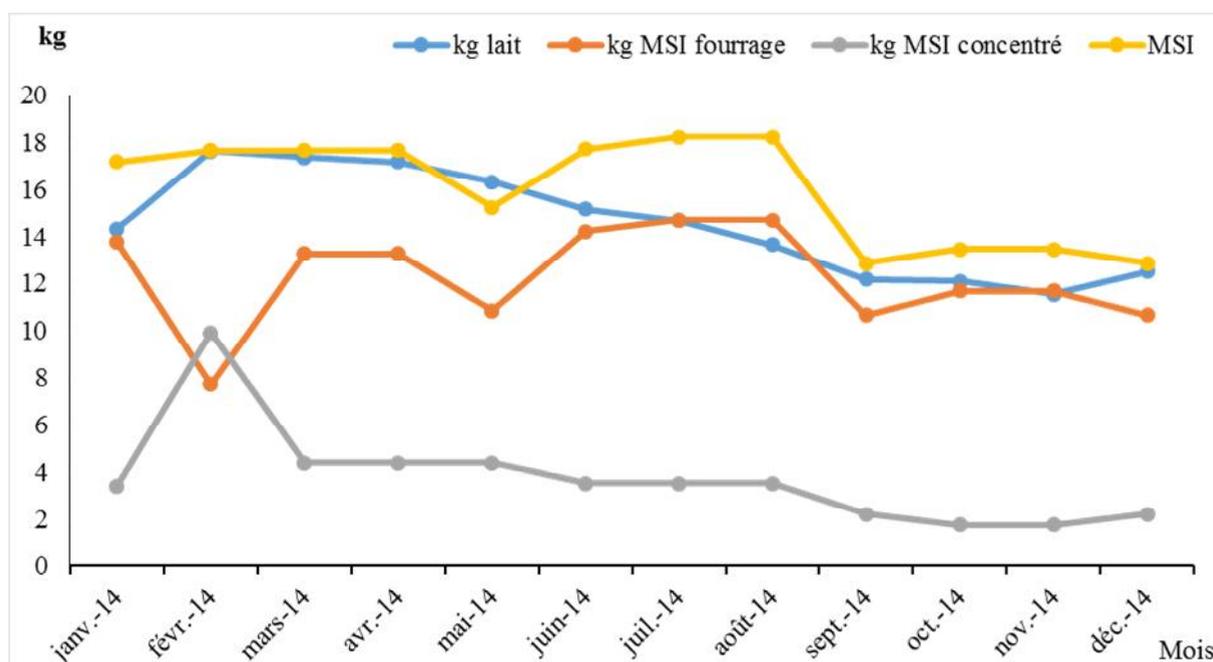


Figure 13 : Evolution de la production laitière en fonction de l'ingestion de la matière sèche.

Le pic de production est atteint au mois de février (17,64 kg de lait/vache) (tableau 9), du fait que la majeure partie des vaches (+50%) soit au premier tiers de lactation. Cela reste insuffisant par rapport à la capacité de production de la ferme (en moyenne 25kg de lait/vache). Cela pourrait être dû au fait que les vaches soient primipares durant la période d'étude (2014).

Tableau 9 : Evolution de la production laitière des vaches à l'EURL SEA de Draa Ben Khedda (Tizi-Ouzou) durant l'année 2014.

Mois	janv-14	févr-14	mars-14	avr- 14	mai-14	juin-14	juil-14	août-14	sept-14	oct-14	nov-14	déc-14
kg lait	14,31	17,64	17,36	17,17	16,32	15,16	14,67	13,65	12,17	11,79	10,92	10,75
Effectif	16	25	17	17	47	48	47	47	47	47	47	47

Le faible niveau de production pourrait aussi s'expliquer par la faible adaptation des vaches laitières à leur nouvel environnement. En effet, les vaches ont été importées deux (02) mois avant le début de notre étude.

L'ingestion de la matière sèche suit l'évolution normale de la courbe d'ingestion (Wolter, 1997). Au mois de Mai, nous avons constaté une baisse d'ingestion qui pourrait s'expliquer par un stress dû aux températures élevées (il y a eu des pics de chaleur de 32°C). Cela a été démontré par Mandonnet et al (2011). Cette baisse peut être aussi due aux opérations de dépistage et de vaccination effectuées durant cette période.

Nous avons constaté qu'à chaque changement dans le régime alimentaire, il y a une baisse de l'ingestion (Sauvant, 2004).

Nous remarquons une forte relation entre l'ingestion de la matière sèche totale est celle du fourrage à l'exception du mois de février. En effet, à cause du vide sanitaire et de la désinfection totale des bâtiments de la ferme, les disponibilités fourragères étaient limitées, d'où l'obligation de compenser la ration avec du concentré afin de maintenir le niveau de production.

Le recours au concentré, parfois de manière abusive, est la seule alternative pour assurer une production laitière acceptable (Kadi et al, 2007). Selon Sauvant (2004), un accroissement de l'apport de concentré à des vaches laitières se traduit simultanément par une baisse de l'ingestion du fourrage.

Au niveau de la ferme d'étude, l'ensilage de ray-grass est utilisé à partir du mois de septembre à cause de l'indisponibilité du fourrage vert. Selon Kadi et al (2007), l'utilisation de l'ensilage est absente dans la quasi-totalité (98,75 %) des exploitations de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Cette situation est commune à l'ensemble des exploitations au niveau national. En effet, seulement 6% des exploitations ayant du fourrage pratiquent l'ensilage dans la région (Belkheir et al, 2011).

III -3- L'évolution de la production laitière en fonction de la distribution de concentré

Selon la figure 14, il n'existe pas de corrélation entre les quantités de lait produites et la consommation du concentré, contrairement à ce qui a été signalé dans la région de Tizi-Ouzou où le lait est produit à coût de concentré (Kadi et al, 2007 ; Belkheir et al, 2011 ; Mouhous et al, 2012 ; Aouaa, 2016).

Dans la région de Tizi-Ouzou, le déficit fourrager est estimé à 30% (Nouad et al, 2000). Les éleveurs sont alors contraints de se rabattre sur des fourrages de moindre qualité mais surtout d'utiliser les concentrés d'une manière abusive. 40% des éleveurs distribuent plus de 10 kg/vache/jour (Kadi et al, 2007 ; Belkheir et al, 2011 ; Mouhous et al, 2012).

Dans les autres régions d'Algérie, l'effet de rapport fourrage/concentré a une incidence sur la production laitière qui est réalisée à «coup de concentré» (56%, Khelili, 2012).Le même auteur rajoute que les exploitations qui réalisent le meilleur rendement sont celles où l'apport du concentré est inférieur à 50%. Le surplus de concentré va augmenter les charges alimentaires et induire ainsi un coût de production élevée. Quant à Ferrah (2000), il signale une autonomie moyenne en fourrages de 27 %.

Selon Bousbia et al (2013), l'augmentation de la contribution des concentrés dans le régime alimentaire ne conduit pas à des changements significatifs dans la quantité de lait produite.

Contrairement aux résultats cités, l'exploitation étudiée n'est pas confronté à ce déficit fourrager. En effet, selon les travaux de Kadi et Djellal (2009) et Aourchid et Raiah (2015), la ferme est autonome en terme de production fourragère. C'est parmi les rares exploitations algériennes qui assurent une autosuffisance fourragère de 147 % (Aourchid et Raiah, 2015).

Durant l'année 2014, les cultures fourragères destinées à l'alimentation interne étaient de 170 ha. La distribution de concentré permet uniquement de corriger la ration de base.

Reste à savoir si la ration de base peut couvrir à elle seule la production laitière de la ferme ?

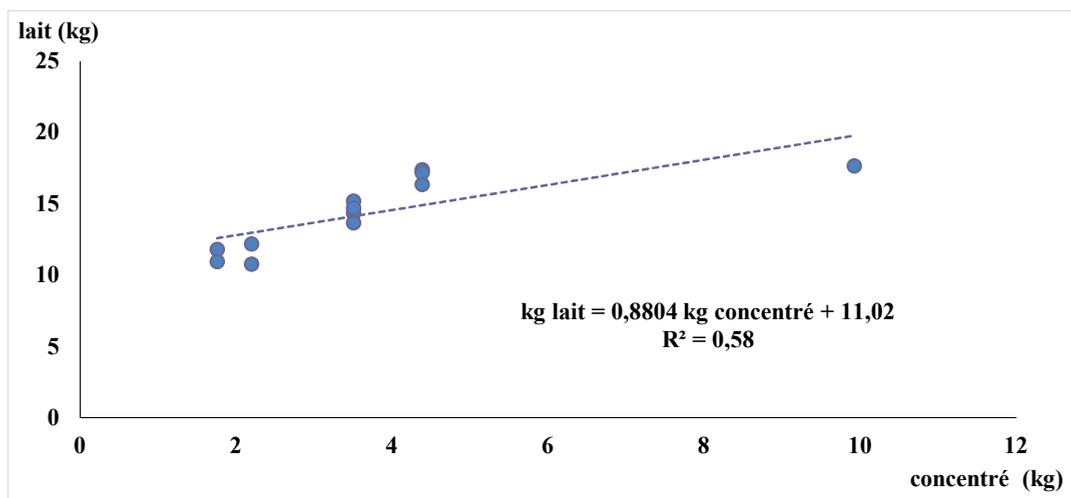


Figure 14 : Corrélation entre rendement laitier et consommation de concentrés par vache.

III-4- La part du fourrage dans la production laitière

Il apparait dans la figure 15 qu’effectivement le fourrage permet de couvrir les besoins de production des vaches laitières.

La courbe de lait produit et celle du lait permis par le fourrage vont dans le même sens, à l’exception du mois de février où la quantité de fourrage n’a pas été suffisante pour maintenir le niveau de production, d’où une forte compensation en concentré. En effet, durant ce mois, la part de ce dernier a atteint 56% de la ration (figure 12).

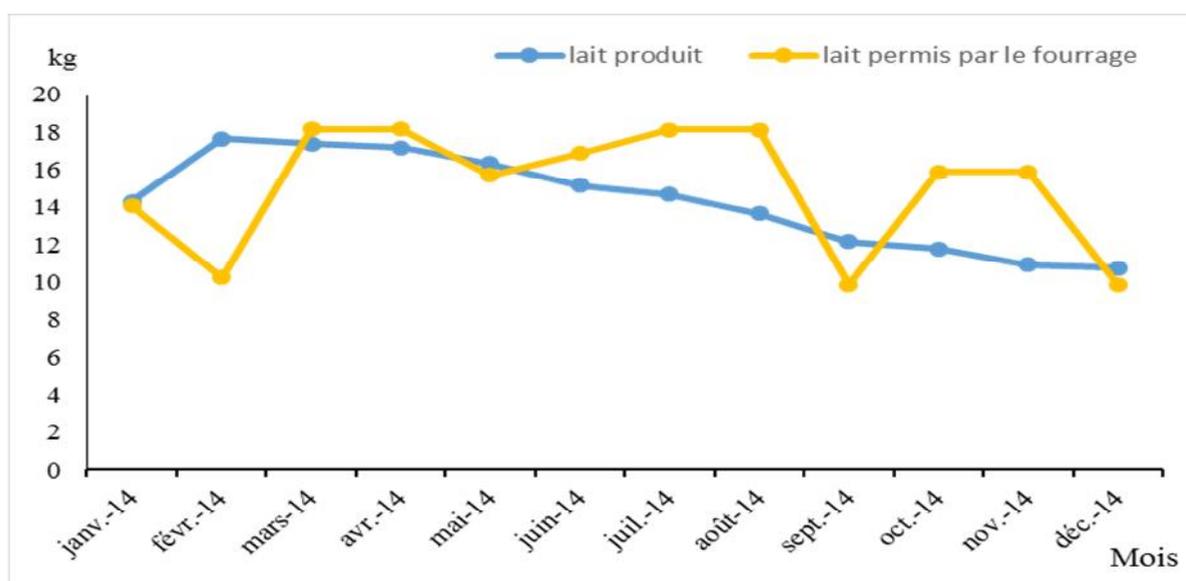


Figure 15 : Evolution de la production laitière permise par le fourrage seul ou « Lait fourrager ».

Les quantités de fourrages distribuées semblent suffire pour produire une quantité acceptable de lait, mais nous avons quand même noté un supplément de concentré qui est à hauteur de 23% de la ration de base.

Durant la période estivale, les vaches n’ont pas valorisé la totalité de la quantité de fourrage ingérée. Nous remarquons en effet qu’il y a un déficit de production laitière de trois (03) litres en moyenne par jour et par vache par rapport à la quantité permise par le fourrage. Cela représente un manque à gagner pour la ferme de plus de 12 000 litres pendant cette période de 03 mois.

Cela pourrait être dû aux fortes chaleurs enregistrées dans l’étable durant cette période. En effet, les vaches sont logées dans une ancienne bergerie aménagée en attendant l’aménagement de l’ancienne étable, la toiture est en éternit, et il n’existe aucune isolation thermique.

Selon Bousbia et al (2013), la production laitière est très saisonnière. Au cours de la haute saison, elle est faible.

Cela corrobore avec les résultats de Ouarfli et Chehma (2014) qui confirment que la production laitière des vaches se trouve négativement affectées par le stress thermique.

Nous avons aussi enregistré un manque à gagner d'une production laitière de quatre litres (04) en moyenne par vache et par jour durant les mois d'Octobre et Novembre. Cette période coïncide avec la fin de lactation des vaches, mais aussi à la mise à l'ensilage du cheptel.

Il est à remarquer que les changements alimentaires provoquent des perturbations dans la flore microbienne des animaux, ce qui peut affecter leur production.

Nous avons déjà noté que la ferme utilise les valeurs nutritives de l'ITELV (2009) comme base de calcul du rationnement. Ces valeurs peuvent ne pas correspondre aux valeurs réelles des fourrages cultivés à la ferme, ce qui peut fausser le calcul du rationnement. A titre indicatif, les valeurs comparées à celles rapportées par Chibani et al (2010) et Zirmi-Zembri et Kadi (2016) donnent des valeurs différentes.

III-5- L'efficacité alimentaire (EA) de la matière sèche ingérée (MSI)

Selon Andrieu (2012), l'efficacité alimentaire s'échelonne entre 0,8 et 2 pour un kg de lait corrigé à 4% de matière grasse par kg de matière sèche ingérée. Linn (2006) indique que l'efficacité alimentaire peut varier de 1,0 à 2,0 au cours de la lactation d'une vache. Une bonne efficacité alimentaire se situe au-delà de 1,4 et lorsqu'on souhaite améliorer son efficacité alimentaire, on vise à gagner 0,1 point. Elle est fortement corrélée à l'ingestion (Carjot, 2013). Nous avons enregistré, durant l'année, une efficacité alimentaire de la matière sèche qui varie de 0,75 à 1,07 (figure 16).

Nous pouvons dire que ces vaches sont efficaces malgré le fait qu'elles soient primipares et âgées d'en moyenne 3 ans. Thomet et Steiger Burgos (2007) indiquent que l'EA passe de 0,60 pour les vaches âgées de 03 ans à 0,93 pour celle de 05 ans, pour atteindre 1,04 à l'âge de 07 ans. De plus, et selon Maulfair et al (2011), les primipares doivent consacrer une partie de leur énergie pour la croissance, l'EA se trouve alors diminuée par rapport aux multipares.

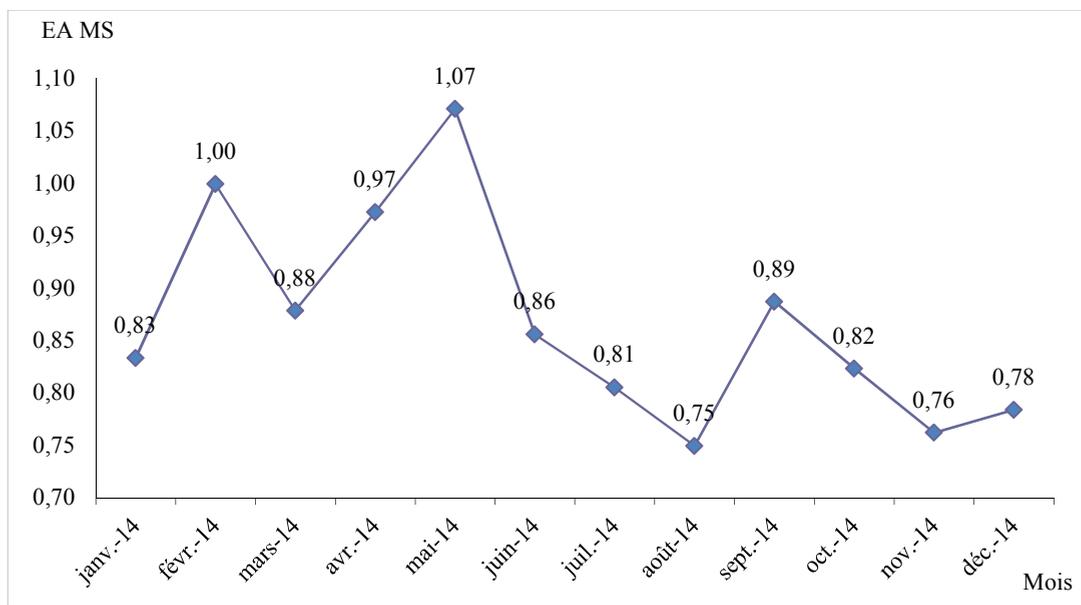


Figure 16 : Evolution de l'efficacité alimentaire de la matière sèche ingérée.

La ration a permis de couvrir les besoins de production, malgré les faibles quantités de concentrés incluses. Rappelons que la ration des vaches laitières de la ferme est composée de 77% de fourrage en moyenne, cela pourrait signifier que les fourrages utilisés sont de bonne qualité.

L'EA est en moyenne de 0,87 durant l'année. Les meilleures valeurs ont été obtenues au printemps, avec une moyenne de 0,97, avec un pic de 1,07 au mois de mai. Ce pic est probablement atteint grâce à la qualité de luzerne en vert distribuée durant ce mois (tableau 8).

Le mois de février a connu une EA élevée de l'ordre de 1,00, et c'est durant ce mois que nous avons obtenu le pic de lactation. Cela confirme les résultats de Hutjens (2007) qui rapporte que le stade de lactation a un effet non négligeable sur l'EA. Cela est dû à un déficit énergétique et une perte de poids qui entraînent ainsi son augmentation.

Nous avons enregistré un effet saison. L'efficacité était plus importante à la saison fraîche par rapport à la saison chaude, comme il a été rapporté par Britt et al (2003) et Maulfair et al (2011).

Les plus faibles valeurs sont enregistrées au mois d'août. Le mois le plus chaud de l'année. Et selon Hutjens (2007) l'efficacité alimentaire diminue en période de chaleurs car les animaux doivent réguler leur température corporelle.

La moyenne de EA en hiver était de 0,87. Celle de l'été et l'automne sont respectivement de 0,80 et 0,82. Cela corrobore avec les résultats obtenus par Aouaa (2016).

Les besoins de gestation réduisent les valeurs de l'EA au fur à mesure que les exigences du fœtus augmentent en fin de gestation (Hutjens, 2005a). Cela pourrait expliquer les faibles valeurs des mois de Novembre et Décembre (0,76 et 0,78).

III -6- L'efficacité alimentaire énergétique

Selon Aourchid et Raiah (2015), l'autonomie énergétique globale de la ferme étudiée est estimée à 86%, elle est satisfaisante comparée aux résultats de Rouillé et al (2014).

Selon la Figure 17, l'énergie se trouvant dans la ration (en moyenne 12,37 UFL) aurait permis une production moyenne annuelle par vache de 28 Kg , mais la production réelle n'est que de 14 Kg.

Au mois de mars et avril, 13,96 UFL, en moyenne, ont été permise par la ration ; c'est les plus grandes valeurs énergétiques permises au courant de l'année. Cela coïncide avec la période de grande disponibilité en fourrage vert notamment le ray grass d'Italie. Durant ces mois, l'énergie du lait était de 7,42 UFL en moyenne. Nous remarquons que la perte en énergie est importante (6,54 UFL).

En été, le même phénomène s'est reproduit, l'énergie était permise en majeure partie par le sorgho en vert, 12,87 UFL, et l'énergie retrouvée dans le lait est de 6,23 UFL. Soit une perte de 6,64 UFL.

En automne et en hiver, la ration était composée principalement d'ensilage de ray grass, l'énergie permise par la ration est en moyenne de 11,36 UFL. Nous avons retrouvé 4,90 UFL dans le lait. La perte est de 6,45 UFL.

Le mois de février enregistre la valeur la plus élevée des UFL retrouvées dans le lait, 7,59 UFL, malgré que la ration ne soit pas la plus énergétique à ce moment (12,49UFL). Les pertes sont de 4,9UFL. C'est la perte la plus faible enregistrée dans l'année. Rappelons que durant ce mois, la ration était pauvre en fourrage, le lait a été permis par le concentré. C'est la période la plus productive de l'année.

D'après nos résultats, il apparaît que l'énergie ingérée de la ration ne s'est pas retrouvée en totalité dans le lait produit. En effet la perte est estimée à 51% en moyenne pour l'ensemble des vaches.

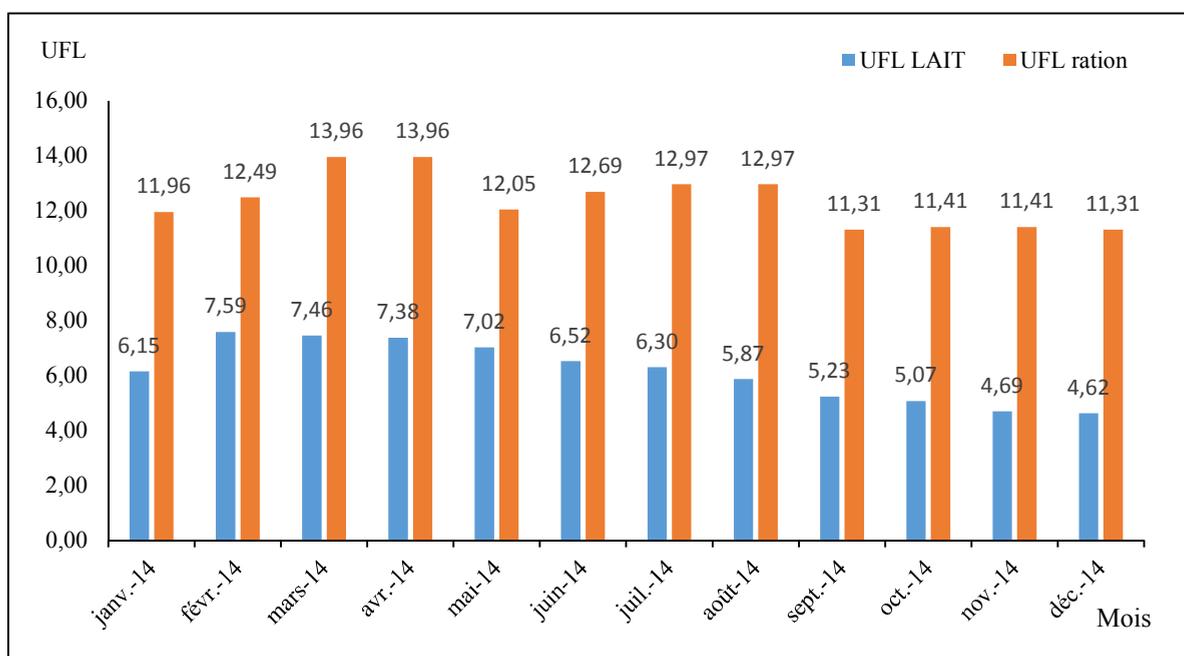


Figure 17 : Rapport entre les UFL ingérées et les UFL produites.

Selon la figure 18, l'efficacité alimentaire en UFL varie de 0,40 à 0,60.

Notre cheptel est un lot de primipares, en effet, elles doivent encore consacrer une partie de leur énergie à la fin de leur croissance. L'efficacité alimentaire s'en trouve alors diminuée (Maulfair et al 2011). Il faut toujours s'attendre à des valeurs inférieures d'EA par rapport aux multipares (Hutjens, 2007).

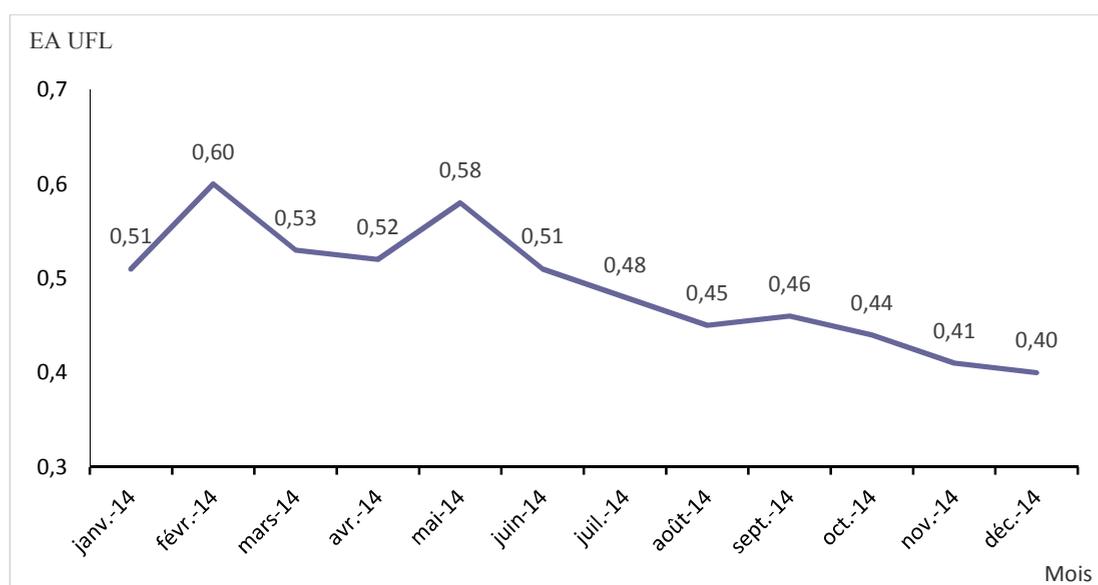


Figure 18 : Evolution de l'efficacité alimentaire énergétique.

En été, l'EA est de 0,48. Selon NRC (1981), l'EA diminue avec les fortes températures (+ 20°C) car les vaches perdent de l'énergie en régulant leurs température.

Nous remarquons que les deux figures 17 et 18 se complètent. En effet, l'efficacité est la plus importante durant les mois où les quantités de concentré étaient les plus élevées.

Le pic a été obtenu au mois de février (0,6), la ration était composée de 56% de concentré.

En début de lactation, physiologiquement la vache mobilise ses réserves, le déficit énergétique et la perte de poids entraînent une augmentation de l'efficacité alimentaire (Hutjens ,2007).

Nous pouvons conclure que l'EA énergétique est fortement liée à la provenance (fourrage ou concentré) des UFL de la ration.

La digestibilité a un effet direct sur l'efficacité alimentaire. Quand elle augmente, davantage de nutriments sont absorbés et utilisables pour la production. Si l'efficacité alimentaire est faible, la digestibilité de la ration est médiocre (Hutjens ,2005b).

III-7- L'efficacité alimentaire azotée

Pour l'autonomie en matières azotées, la ferme est largement autonome en matières protéiques, les taux peuvent dépasser les 100%, cela s'explique par l'utilisation du vert en quantités importantes (fourrage vert ou ensilé), riche en matières azotées (Aourchid et Raiah, 2015).

D'après la figure 19, on remarque le niveau de l'azote du lait est élevé comparé à la portion d'azote total contenue dans la ration, cela voudrait dire qu'il n'y a pas de relation directe entre ces deux paramètres ; et que l'azote du lait ne provient pas uniquement de l'azote ingéré.

Meyer et Denis (1999) indiquent que les apports énergétiques sous forme de concentrés influent sur le taux en protéines, alors que la part de matières azotées n'a aucune répercussion, sauf dans le cas des vaches très fortes productrices, pour lesquelles la qualité des protéines peut avoir des répercussions.

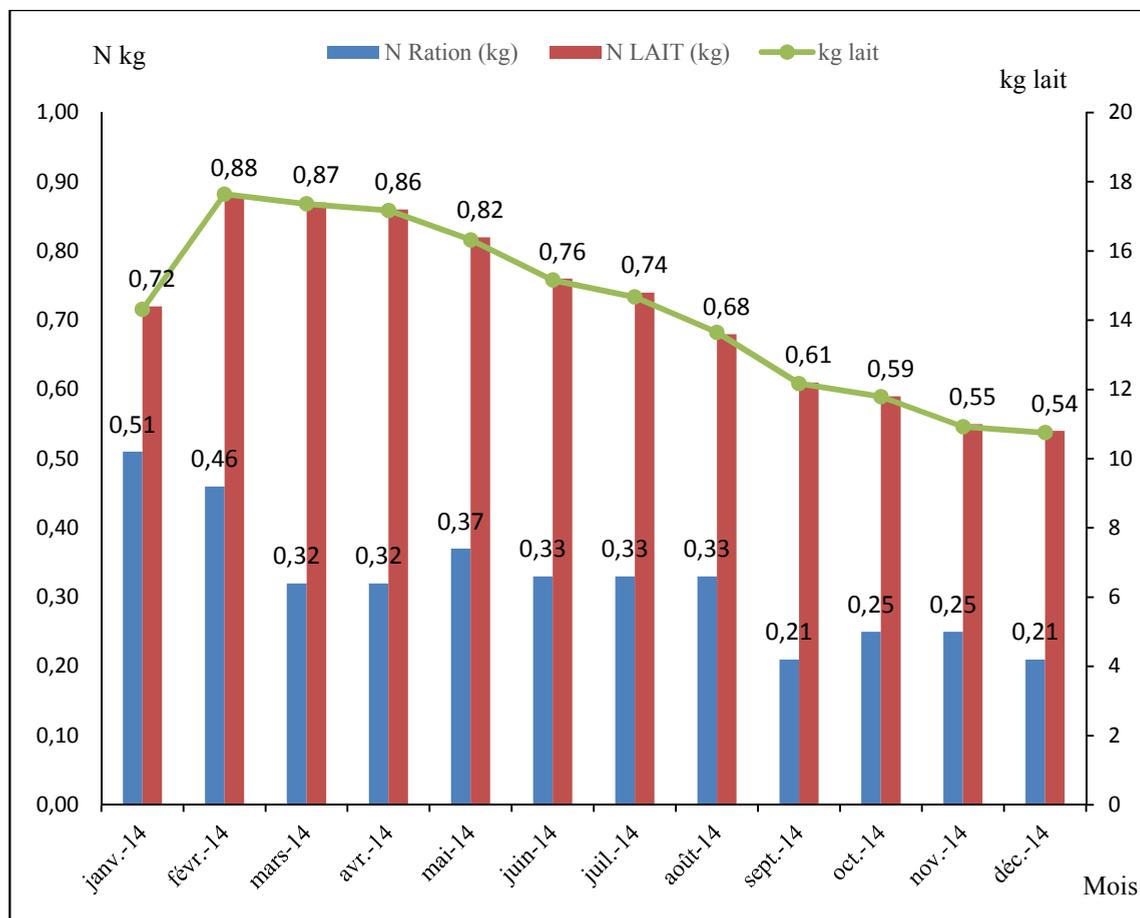


Figure 19 : Rapport entre l’azote ingéré, l’azote du lait et la courbe de lactation.

D’après nos résultats cités précédemment, et qui apparaissent dans la figure 17, la ration distribuée est très énergétique. Cela aurait une répercussion positive sur le taux protéique du lait.

Le taux protéique du lait est influencé principalement par l’apport énergétique. Les rations riches en énergie stimulent le taux protéique du lait comme déjà signalé par Araba (2006).

Nous remarquons clairement dans la figure 19 que l’évolution de l’azote du lait suit la courbe de lactation. Il y a une relation entre la quantité de lait produite et la quantité d’azote qu’il contient. Ces quantités sont très importantes durant la période printanière. Selon Agabriel et al (1990), le début de la période du pâturage s’accompagne d’une amélioration sensible de la richesse du lait (respectivement + 0,8 et + 0,6 g/kg pour les taux butyreux et protéique), ces mêmes auteurs rajoutent en 1993 ; que la mise à l’herbe apparait comme une période de variation considérable du taux protéique du lait (+ 2,7 g/l entre avril et mai).

Selon la figure 20, l’efficacité azotée obtenue varie entre 1,41 et 2,94. Ces chiffres semblent satisfaisants étant donné que nous retrouvons plus d’azote dans le lait par rapport à l’azote ingéré.

La valeur la plus élevée est enregistrée au mois de septembre (2,94), bien que la ration soit la plus pauvre en azote durant cette période. D'après Hall(2003), l'efficacité de l'utilisation de l'azote semble augmenter avec la diminution des protéines alimentaires. Si nous comparons les deux courbes de l'efficacité azotée (figure20), et celle des UFL permises par la ration (figure 21).

Les deux courbes évoluent dans le même sens, exception faite pour le mois de septembre.

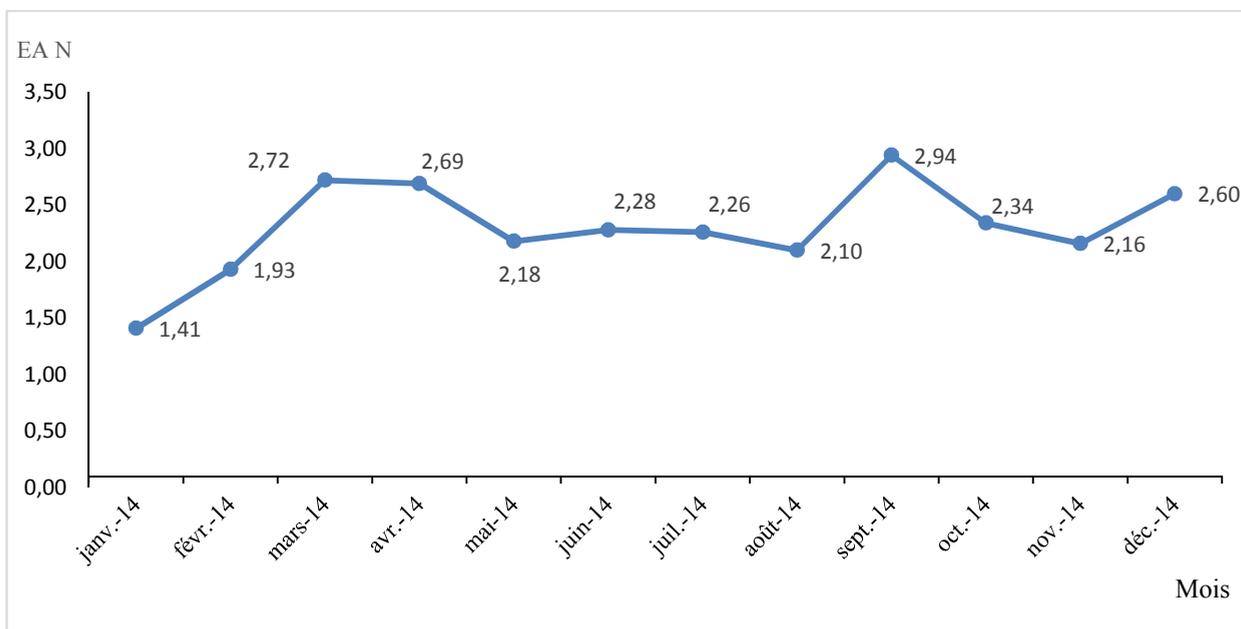


Figure 20 : L'efficacité alimentaire azotée.



Figure 21 : L'énergie permise par la ration.

Discussion Générale

L'EURL S.E.A de Draa Ben Khedda est une ferme d'élevage bovin laitier qui jouit d'une grande production fourragère grâce à son emplacement stratégique, ses terres localisées dans la plaine située entre les Oueds Bougdoura et Sébaou ; ce qui lui permet de cultiver du fourrage presque toute l'année, même en saison estivale. Cela lui permet d'atteindre une autonomie alimentaire et une autonomie fourragère totale (Aourchid et Raiah, 2015).

Notre travail s'est déroulé à la ferme et a consisté à étudier l'efficacité alimentaire de la ration d'un lot de 47 VL, toutes primipares, de trois (03) races différentes, issues de l'importation (novembre 2013). Le calendrier alimentaire du cheptel dépend du plan de production fourrager, ce dernier est élaboré en fonction de l'effectif total présent et des objectifs de production tracé. Il est élaboré au début de chaque saison.

Nous avons noté que la ration des vaches est composée essentiellement de fourrage ; ce dernier occupe 77% de la ration. Cela diffère de ce que l'on a l'habitude de rencontrer dans les autres élevages en Algérie, où le concentré détient la plus grande part de la ration. Le déficit fourrager est estimé à 34% selon Houmani (1999). Dans la région de Tizi-Ouzou, le déficit fourrager est estimé à 30% (Nouad et al 2000). Les éleveurs sont alors contraints de se rabattre sur des fourrages de moindre qualité mais surtout d'utiliser les concentrés d'une manière abusive (Kadi et al, 2007 ; Belkheir et al, 2011 ; Mouhous et al, 2012).

Contrairement aux résultats cités, l'exploitation étudiée n'est pas confrontée à ce déficit fourrager. En effet, selon les travaux de Kadi et Djellal (2009) et Aourchid et Raiah (2015) la ferme est autonome en terme de production fourragère. Elle est parmi les rares exploitations algériennes qui assurent une autosuffisance fourragère de 147 % (Aourchid et Raiah, 2015). Durant l'année 2014, les cultures fourragères destinées à l'alimentation interne étaient de 170 ha. La distribution de concentré permet uniquement de corriger la ration de base.

Kadi et al (2007) signalent que 40% des éleveurs de la région de Tizi-Ouzou distribuent plus de 10Kg de concentré par vache et par jour. A la ferme étudiée, la quantité journalière moyenne de concentré distribuée est de 4,41 Kg par vache (23% de la ration totale).

Le fourrage est distribué sous forme de vert, d'ensilage ou de foin, selon la saison. Un rationnement est fait selon la nature du fourrage distribué, l'état physiologique des vaches et la production laitière.

Exceptionnellement, durant le mois de février, les vaches ont reçu 9 kg de concentré par jour, car la ration de base se trouvait pauvre en fourrages (surtout verts) à cause d'un vide sanitaire effectué l'année précédente. Une complémentation en concentré était donc nécessaire pour couvrir les besoins d'entretien et de croissance, vu que les vaches n'ont pas encore atteint l'âge adulte et leur permettre enfin de produire du lait.

Dans les autres régions du pays, l'effet de rapport fourrage/concentré a une incidence sur la production laitière qui est réalisée à «coup de concentré» (56%). Les exploitations qui réalisent le meilleur rendement sont celles où l'apport du concentré est inférieur à 50%. Le surplus de concentré va augmenter les charges alimentaires et induire ainsi un coût de production élevée (Khelili, 2012). Ferrah (2000) signale une autonomie moyenne en fourrages de 27 %.

Nous n'avons constaté que la matière sèche ingérée du fourrage évolue au même temps que la matière sèche ingérée de la ration à l'exception du mois de février. En effet, à cause du vide sanitaire et de la désinfection totale des bâtiments de la ferme, les disponibilités fourragères étaient limitées, d'où l'obligation de compenser la ration avec du concentré afin de maintenir le niveau de production. Selon Sauvart (2004), un accroissement de l'apport de concentré à des vaches laitières se traduit simultanément par une baisse de l'ingestion du fourrage.

Au mois de Mai, nous avons constaté une baisse d'ingestion qui pourrait s'expliquer par un stress dû aux températures élevées (il y a eu des pics de chaleur de 32°C), ou encore aux opérations de dépistage et de vaccination effectuées durant cette période. Chez les ruminants, la baisse du niveau d'ingestion d'une même ration entraîne généralement une augmentation de la digestibilité de la matière organique. Cela s'explique par un transit plus lent des particules de fourrages dans le tractus digestif et un temps de contact des aliments avec les microorganismes du rumen (Michalet-Doreau et al 1987). Nous avons constaté qu'à chaque changement dans le régime alimentaire, il y a une baisse de l'ingestion.

Selon Kadi et al (2007), l'utilisation de l'ensilage est absente dans la quasi-totalité (98,75 %) des exploitations de la wilaya de Tizi-Ouzou. D'après Aouaa (2016) seulement 18,18% utilise de l'ensilage. Au niveau de la ferme d'étude, l'ensilage de ray-grass est utilisé à partir du mois de septembre à cause de l'indisponibilité du fourrage vert.

Cette situation est commune à l'ensemble des exploitations au niveau national. En effet, seulement 6 % des exploitations ayant du fourrage pratiquent l'ensilage (Belkheir et al, 2011).

Nous signalons que la ferme n'utilise pas la paille comme fourrage dans l'alimentation des vaches laitières contrairement aux autres élevages en Algérie qui se caractérisent par son usage excessif (Houmani, 1999).

D'après les analyses de lait effectuées par la laiterie, les taux butyreux et protéiques sont respectivement de 4 % et 3,2 %. La courbe de lactation obtenue a l'allure d'une courbe classique. La moyenne de production journalière est de 14,33 kg par vache, avec un maximum de 17,64 kg au mois de février qui correspond au pic de lactation.

Il n'existe pas de corrélation entre les quantités de lait produites et la consommation du concentré, contrairement à ce qui a été signalé dans la région de Tizi-Ouzou où le lait est produit à coût de concentré (Kadi et al, 2007 ; Belkheir et al, 2011 ; Bendiab et Dekhili ,2011 ; Mouhous et al, 2012 ; Aouaa, 2016). Bousbia et al (2013) rapporte que l'augmentation de la contribution des concentrés dans le régime alimentaire ne conduit pas à des changements significatifs dans la quantité de lait produite.

Au niveau de la ferme, la période la plus productive est le printemps. Elle correspond à la période d'abondance du fourrage vert. Cela signifie que la production laitière est en relation directe avec la disponibilité fourragère contrairement aux autres élevages dans la région. Selon Bousbia et al (2013), la production laitière est très saisonnière. Au cours de la haute saison, elle est faible. Cela corrobore avec les résultats de Ouarfli et Chehma (2014) qui confirment que la production laitière des vaches se trouve négativement affectée par le stress thermique.

En comparant la quantité moyenne de lait permise par le fourrage (15,07 l/v/j), et celle produite durant l'année (14,33 l/v/j), il ressort que le fourrage à lui seul aurait suffi pour produire du lait. De là, nous pouvons dire que la ferme produit un lait fourrager.

Le faible niveau de production moyenne (14,33 kg /v/j) reste insuffisant par rapport à la capacité de production de la ferme (25 kg /v/j). Cette production reste tout de même plus importante que celle trouvée par Belhadi (2009) qui est de 12,89kg/V/j. La production de ces vaches reste insuffisante par rapport aux moyennes obtenues dans leurs pays d'origines.

Cette faible production pourrait s'expliquer par le fait d'une part que les vaches soient primipares et ont été importées deux (02) mois avant le début de notre étude. D'autre part, la majeure partie (+50%) soit au premier tiers de lactation et la faible adaptation des vaches laitières à leur nouvel environnement.

La production laitière annuelle de la ferme de DBK est de 5 156kg/VL/an, elle est supérieure à la moyenne nationale qui est de l'ordre de 3 806 kg/VL/an (Ferrah, 2007) et reste toujours élevée par rapport à celles citées dans la bibliographie. Pour la même région, Adem (2003) et Kadi et al (2007) obtiennent respectivement 4 169 et 4 101 kg/VL/an, comparable à celles obtenues par Bouzida et al (2010) 4 074 kg/VL/an. Au niveau de la Mitidja, elle est de 4 191 kg selon Ouakli et Yakhlef (2003) et au niveau de la région d'Annaba, Ghozlane et al (2006) rapportent une moyenne de 4 683 kg/VL/an.

Nous avons obtenu des valeurs de l'efficacité alimentaire de la matière sèche ingérées comprises entre 0,75 et 1,07. Ce résultat se situe dans la fourchette citée par Andrieu (2012). Cela signifie que la quantité de matière sèche ingérée a bien été valorisée par les vaches, malgré qu'elles soient primipares et âgées de moins de trois (03) ans. Thomet et Steiger Burgos (2007) indiquent que l'EA est de 0,60 pour les vaches âgées de trois (03) ans.

Une bonne efficacité alimentaire se situe au-delà de 1,4 et lorsqu'on souhaite améliorer son efficacité alimentaire, on vise à gagner 0,1 point. Elle est fortement corrélée à l'ingestion (Carjot, 2013).

Nous avons noté un effet saison sur l'EA de la matière sèche : elle est meilleure en saison fraîche qu'en saison chaude, cela corrobore avec les résultats obtenus par Britt et al (2003) ; Maulfair et al (2011) et Aouaa (2016). L'EA diminue en période de chaleurs, car les animaux doivent réguler leur température corporelle (Hutjens, 2007 ; Hall, 2003). Elle décroît aussi selon les besoins de gestation au fur à mesure que les exigences du fœtus augmentent en fin de gestation (Hutjens, 2005a).

Selon Aourchid et Raiah (2015), l'autonomie énergétique globale de la ferme étudiée est estimée à 86%, elle est satisfaisante comparée aux résultats de Rouillé et al (2014). Concernant l'EA énergétique, elle varie entre 0,4 et 0,6. Seules 49% des UFL de la ration se sont retrouvées dans le lait ; ce qui signifie que la perte est estimée à 51% en moyenne (6,54 UFL) dans le lait.

D'après nos résultats, EA se modifie au cours de la lactation et elle chute durant le dernier tiers. Ce résultat est confirmé par Sutter (2013). En début de lactation, l'EA était de 0,60. Physiologiquement la vache mobilise ses réserves, le déficit énergétique et la perte de poids entraînent une augmentation de l'efficacité alimentaire (Hutjens, 2007). Au mois de Mai, EA a augmenté (0,58) c'est probablement dû à une bonne digestibilité de la ration. Selon Hutjens (2005), elle a un effet direct sur l'efficacité alimentaire. Quand elle augmente, davantage de nutriments sont absorbés et utilisables pour la production. En été, nous avons enregistré une efficacité de 0,48.

Selon NRC (1981), EA diminue avec les fortes températures (+ 20°C) car les vaches perdent de l'énergie en régulant leurs température. De plus, et selon Maulfair et al (2011), les primipares doivent consacrer une partie de leur énergie pour la croissance, l'EA se trouve alors diminuée par rapport aux multipares. Les besoins totaux en nutriments par kilo de lait produit diminuent lorsque la performance augmente (Sutter, 2013).

Nous pouvons conclure que EA énergétique est fortement liée à la provenance (fourrage ou concentré) des UFL de la ration.

Pour l'autonomie en matières azotées, la ferme est largement autonome en matières protéiques, les taux peuvent dépasser les 100%, cela s'explique par l'utilisation du vert en quantités importantes (fourrage vert ou ensilé), riche en matières azotées (Aourchid et Raiah, 2015).

Nous remarquons que le niveau de l'azote du lait est élevé comparé à la portion d'azote total contenue dans la ration, cela voudrait dire qu'il n'y a pas de relation directe entre ces deux paramètres ; et que l'azote du lait ne provient pas uniquement de l'azote ingéré. Les vaches peuvent convertir 30% l'azote alimentaire en azote dans le lait (Hall, 2004a).

D'après nos résultats, la ration distribuée est très énergétique. Cela aurait une répercussion positive sur le taux protéique du lait comme déjà signalé par Araba (2006).

Meyer et Denis (1999) indiquent que les apports énergétiques sous forme de concentrés influent sur le taux en protéines, alors que la part de matières azotées n'a aucune répercussion, sauf dans le cas des vaches très fortes productrices.

Selon Agabriel et al (1990), le début de la période du pâturage s'accompagne d'une amélioration sensible de la richesse du lait (+ 0,6 g/kg pour les taux protéiques), ces mêmes auteurs rajoutent en 1993 que la mise à l'herbe apparait comme une période de variation considérable du taux protéique du lait (+ 2,7 g/l entre avril et mai).

Nous remarquons clairement que l'évolution de l'azote du lait suit la courbe de lactation. Il y a apparemment une relation entre la quantité de lait produite et la quantité d'azote qu'il contient. Chez les ruminants, l'adaptation à une sous-alimentation protéique réside donc davantage dans la réduction des pertes azotées (recyclage de l'azote) que dans la mobilisation des réserves protéiques (Mandonnet et al, 2011).

L'efficacité azotée obtenue varie entre 1,41 et 2,94. Ces chiffres semblent satisfaisants étant donné que nous retrouvons plus d'azote dans le lait par rapport à l'azote ingéré. D'après Hall (2003), l'efficacité de l'utilisation de l'azote semble augmenter avec la diminution des protéines alimentaires.

La valeur la plus élevée est enregistrée au mois de septembre (2,94) bien que la ration soit la plus pauvre en azote durant cette période. Cette ration contient de l'ensilage.

D'après Leduc et Fournier (1998), la fermentation de l'ensilage fait augmenter la teneur en azote non protéique qui se traduit en une augmentation de la dégradabilité ruminale de la protéine. Il y a donc plus de protéines rapidement dégradables mais moins d'énergie rapidement disponible. Ceci peut expliquer l'augmentation de l'efficacité azotée.

Notons enfin que nous avons calculé le lait permis par la ration et nous l'avons comparé à la quantité de lait produite. Nous avons noté que la ration aurait permis la production de 23 kg de lait en moyenne par jour en MAD et 28 kg en UFL. Nous remarquons en premier lieu, un déséquilibre de la ration, car il y a un facteur limitant qui est l'azote. La ration est plus énergétique qu'elle ne devrait l'être. L'équipe de la ferme, a pris en considération que les vaches sont primipares et ont encore des besoins de croissance. Un bilan énergétique négatif en début de lactation aurait pu causer beaucoup de problèmes métaboliques, notamment l'acétonémie.

La ferme utilise les valeurs nutritives de l'ITELV (2009) comme base de calcul du rationnement qui peuvent être différentes des valeurs réelles des fourrages cultivés. A titre indicatif, les valeurs comparées à celles rapportées par Chibani et al (2010) et Zirmi-Zembri et Kadi (2016) donnent des valeurs différentes. L'idéal est de faire des analyses sur les fourrages cultivés afin de déterminer leurs vraies valeurs nutritives.

En plus de ce problème de déséquilibre, on remarque aussi la faible production par rapport à ce que la ration permet. En effet, la moyenne de production n'est que de 14 kg/j/v alors qu'elle aurait dû être de 23 kg. Cela représente 9 kg de différence par vache et par jour, ce qui est énorme si on le rapporte à l'année et à la totalité du cheptel (12 000 kg en 03 mois). Le manque à gagner se chiffrerait en millions de dinars. Durant la période estivale, les vaches n'ont pas valorisé la totalité de la quantité de fourrage ingérée.

L'habitat des vaches aurait une grande part de responsabilité dans ces pertes. En effet, les vaches sont logées dans une bergerie aménagée en attendant que le projet de modernisation de la ferme se concrétise. Il n'existe pas de charpente, la toiture de la bergerie est en eternit et l'extraction d'air se fait mal, les vaches souffrent en été. Un environnement plus frais pour les vaches pendant la saison chaude peut aider à augmenter l'efficacité laitière.

Conclusion

La notion d'efficacité alimentaire connaît un regain d'intérêt en alimentation bovine. Elle est définie comme la quantité de lait produit par kilogramme de matière sèche ingérée.

A cet effet, nous avons cherché à mettre en évidence la relation entre l'efficacité alimentaire et la production laitière de l'exploitation EURL SEA Draa Ben Kheda à Tizi-Ouzou pour l'année 2014 sur 47 vaches primipares de trois races (Montbéliarde, Fleckvieh et la prime Holstein) issues de l'importation.

L'efficacité alimentaire de la matière sèche ingérée est comprise entre 0,75 et 1,07 avec une moyenne de **0,87** qui est dans les normes. Nous avons enregistré qu'elle est saisonnière.

L'EA énergétique varie entre 0,4 et 0,6 avec une moyenne de **0,49**. C'est un nouveau résultat que nous n'avons pas pu comparer à la bibliographie. D'après nos résultats, la ration distribuée est très énergétique. Cela aurait une répercussion positive sur le taux protéique du lait qui va baisser.

L'efficacité azotée obtenue varie entre 1,41 et 2,94 avec une moyenne de **2,30** qui est excellente. Ces chiffres semblent satisfaisants étant donné que nous retrouvons plus d'azote dans le lait par rapport à l'azote ingéré. L'efficacité de l'utilisation de l'azote semble augmenter avec la diminution des protéines alimentaires.

Nous constatons d'après ces résultats que la ferme de DBK est parmi les rares exploitations en Algérie à produire « un lait fourrager » cela est permis par son autonomie fourragère. La ration de base des vaches est composée essentiellement de fourrage vert distribué presque toute l'année.

La ferme est aussi parmi les rares à produire son propre ensilage, il est distribué pendant les périodes creuses.

Nous avons enregistré qu'il n'existe pas de corrélation entre les quantités de lait produites et la consommation du concentré. Cela est un atout qui rend la ferme non dépendante des concentrés utilisés habituellement par les éleveurs.

La production laitière annuelle de la ferme de DBK est de 5 156 kg/VL/an, avec une production moyenne de 14,33 kg/VL/j. La ration distribuée aurait permis une production de 23 kg/VL/j ce qui nous fait une perte de 12 000 kg/3 mois. Ces pertes seraient dues au fait que les vaches sont primipares et qu'elles ont toujours des besoins de croissances. Aussi par le fait que la ferme ne possède pas de table de rationnement propre à elle. Elle utilise les tables de l'ITELV (2009) qui ont des valeurs

alimentaires très différentes de celle de Chibani et al (2010) et Kadi et Zembri (2016). L'idéal est que la ferme analyse ces fourrages.

Aussi l'amélioration des conditions d'hébergements des vaches pourrait améliorer la productivité est l'efficacité alimentaire qui est très influencé par les conditions d'élevages différents facteurs.

Dans ce contexte, l'affouragement joue un rôle central en relation avec le potentiel de production laitière, l'âge au premier vêlage et la durée d'utilisation des vaches. La présentation de la ration, l'état physiologique de la vache sont, entre autres des paramètres capitaux pour expliquer le niveau d'assimilation d'une ration. Or nous n'avons à notre disposition que la ration et nos connaissances de la physiologie digestive bovine.

Le principal objectif doit être de minimiser les besoins en fourrage et en nutriments par kilo de lait produit. Cela va également dans le sens d'une production laitière économique et écologique qui permet d'améliorer la durabilité de l'élevage en mieux valorisant les ressources alimentaires, améliorer le revenu des éleveurs, moins concurrencer l'alimentation humaine et réduire les émissions polluantes.

Pour toutes ces raisons, nous devons vulgariser l'indice d'efficacité alimentaire (EA) qui devrait être plus souvent utilisé dans le conseil en alimentation pour la composition et le contrôle de la ration. Cette dernière doit être en général bien connue avec l'appui des analyses des aliments ou l'utilisation des valeurs nutritives des tables algériennes des publications les plus récentes. Ce qui permettra de proposer des rations équilibrées (équipé d'un bon logiciel de rationnement dans la mesure du possible).

Références bibliographiques

- Adem R., 2003.** Les exploitations laitières en Algérie : structure de fonctionnement et analyse des performances technico-économiques : cas des élevages suivis par le C.I.Z. In 4èmes journées de recherche sur les productions animales. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.
- Agabriel G., Coulon J.B., Marty G., Cheneau N., 1990.** Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache : Etude dans les exploitations du Puy-de-Dôme. INRA Prod. Anim.3. <https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/895896/filename/hal-00895896.pdf>
- Agabriel J., 2010.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed : Qua, Paris.
- Agabriel J., DeLaTorre A., 2014.** Efficacité alimentaire : Quel rationnement des vaches charolaises ? Congrès charolais 2 septembre. INRA Science et Impact. <http://charolaise.fr/wp-content/uploads/2015/08/2-Le-rationnement-J.-Agabriel-Efficacite-Alimentaire-en-race-charolaise.pdf>
- Albright J.L., 1993.** Feeding behavior of dairy cattle. Journal of dairy science 76 (2) 485-498.
- Anderson N.G., Coté J.F., 1996.** Le traitement des vaches tarées. Fiche technique du Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, gouvernement de l'Ontario, ISSN 1198- 7138, Agdex 410/735. <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/french/livestock/dairy/facts/90-229.html>
- Andrieu S., 2012.** Comment mesurer l'efficacité alimentaire en toute simplicité. Production laitière moderne, (431), 28 In: Carjot A.C., 2013.
- Annen E.L., Collier R.J., McGuire M.A., Vicini J.L., 2004.** Effects of dry period length on milk yield and mammary epithelial cells. J DairySci. V.87, Esuppl: E66-76.
- Araba A., 2006.** Conduite alimentaire de la vache laitière. Transfert de technologie en agriculture, n°136, p 5.
- Aouaa K., 2016.** Elevage bovin laitier et efficacité alimentaire dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de fin de cycle de Diplôme Master Académique : Nutrition Animale et Produits Animaux. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou (UMMTO), p 45.
- Aourchid S., Raiah D., 2015.** Evaluation de l'autonomie alimentaire du bovin laitier au niveau de la ferme EURL SEA de Draa Ben Khedda. Mémoire de fin de cycle de Diplôme Master Académique : Nutrition Animale et Produits Animaux. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou (UMMTO), p 74.
- Baumont R., Champciaux P., Agabriel J., Andrieu J., Aufrère J., Michalet-Doreau B., Demarquilly C., 1999.** Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants : Prévalim pour Inration. INRA Prod. Anim., 12 (3), 183-194.
- Beauchemin K.A., Rode L., 2012.** Efficient use of forages and impact on cost of production. WCDS Advances in Dairy Technology. Volume 24: 241-253.
- Beever D.E., Drackley J.K., 2012.** Feeding for optimal rumen and animal health and optimal feed conversion efficiency: the importance of physical nutrition. FAO. Animal production and health optimization of feed use efficiency in ruminant. Production systems FAO. Symposium Bangkok, Thailand 27 November.

- Belhadi N., 2009.** Effets des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vache en régions montagneuses. Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou (UMMTO), p141.
- Belhadia M., Saadoud M., Yakhlef H., Bourbouze A., 2009.** La production laitière bovine en Algérie : Capacité de production et typologie des exploitations des plaines du Moyen Cheliff. 3 Revue Nature et Technologie, n °1/juin, p 8.
- Belhadia M., Yakhlef H., Bourbouze A., Djermoun A., 2014.** Production et mise sur le marché du lait en Algérie, entre formel et informel. Stratégies des éleveurs du périmètre irrigué du Haut-Cheliff. New Medit 1, 41-49.
- Belkheir., Benidir M., Bousbia A., Ghozlane F., 2011.** Typologie des exploitations bovines laitières en zone de montagne de la région de Tizi-Ouzou (Algérie). Livestock Research for Rural Development volume 23, article n° 3.
- Belkheir B., Ghozlane F., Benidir M., Bousbia A., Benahmed N., Agguini S., 2015.** Production laitière, pratiques d'élevage et caractéristiques du lait en exploitations bovines laitières en montagne de Kabylie, Algérie. Livestock Research for Rural Development 27 (8).
- Bendiab N., Dekhili M., 2011.** Typologie de la conduite des élevages bovins laitiers dans la région de Setif. Agriculture n° 2. <http://revue-agro.univ-setif.dz/documents/bendiab.pdf>
- Berry D.P., Crowley J.J., 2013.** Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. Cell Biology Symposium. Journal of Animal Science, 91:1594-1613.
- Biwi K.M., 1987.** Overcoming some constraints in feeding crop by-products for milk production. Proceedings of the fourth annual workshop held at the institute of animal research, mankon station, bamenda, Cameroon 20-27 October. Edition FAO.
- Blanc F., Bocquier F., Debus N., Agabriel J., D'hour P., Chilliard Y., 2004.** La pérennité et la durabilité des élevages de ruminants dépendent des capacités adaptatives des femelles. INRA Prod. Anim., V.17, b, 287-302.
- Bonnefoy J.M., Noordhuizen J., 2011.** Maîtriser le stress thermique chez la vache laitière. Bulletin des gtv - n°60 Juin-Juillet. Stress thermique -chaleur-bovins.
- Boukir M., 2007.** Relations entre les modalités de productions bovines et les caractéristiques du lait. Cas des exploitations laitières de la wilaya de Tizi-Ouzou. Thèse de Magister Institut National Agronomique. INA Alger, p120.
- Bousbia A., Benidir M., Belkheir B., Ghozlane F., 2011.** L'incidence de l'utilisation du concentré sur la production laitière bovine dans la région de Constantine. 6èmes Journées de Recherches sur les Productions Animales, Université M. Mammeri, Tizi-Ouzou les 9 et 10 Mai.
- Bousbia A., Ghozlane F., Benidir M., Belkheir B., 2013.** Quantitative and qualitative response of dairy production of cattle herds to husbandry practices. African Journal of Agricultural Research. AcademicJournals. <http://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/32BA94941895>

- Bouzida S., Ghozlane F., Allane M., Yakhlef H., Abdelguerfi A., 2010.** Impact du chargement et de la diversification fourragère sur la production des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie). *Fourrages* 204, 269-275. Effets du chargement et de la diversification fourragère sur la production laitière en Algérie.
- Boval M., Edouard N., Naves M., Sauvant D., 2015.** Performances de croissance et efficacité alimentaire des bovins au pâturage en conditions tropicales : étude par méta-analyse. *INRA Prod. Anim.*, 28(4), 315-328.
- Britt J.S., Thomas R.C., Speer N.C., Hall M.B., 2003.** Efficiency of converting nutrient dry matter to milk in holstein herds. *J. Dairy Sci.* 86:3796–3801. American Dairy Science Association.
- Brocard V., Brunschwig P., Legarto J., Paccard P., Rouille B., Bastien D., Leclerc M.C., 2010.** Guide pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier. L'institut de l'élevage : Paris, France, p 268.
- Brouk M.J., Smith J.F., 2000.** Factors affecting dry matter intake by lactating dairy cows. *Dairy Day*, p58.
- Brun-Lafleur L., Delaby L., Lassalas J., Fargetton M., Husson F., Faverdin P., 2009.** Prévion de l'effet des interactions énergie × protéines sur la production et la composition du lait chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminants*, n°16.
- Carjot A.C., 2013.** Etude de la corrélation entre l'efficacité alimentaire et l'analyse des résidus de bouses chez les vaches laitières nourries avec une ration totale mélangée. Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, 12 décembre, thèse n° 89.
- Casper D.P., 2008.** Factors affecting feed efficiency of dairy cows. Tri-State Dairy Nutrition Conférence April 22 and 23.
- Castellani D., 2014.** Alimentation des bovins laitiers. L'efficacité alimentaire : une donnée essentielle dans la gestion de l'alimentation des troupeaux laitiers. *Revue Le Point Vétérinaire*, Septembre, n°48. *livestocktrail. illinois*.
- Chanteloube A., Gicquel M., Le Chenadec H., Leroy M., Fischer A., Montagne L., Jurquet J., 2015.** Etat des lieux de l'utilisation de la notion d'efficience alimentaire par la filière bovin lait. *Feed efficiency and the French bovine dairy sector. Renc. Rech. Ruminants*, 22.
- Chibani C., Chabaca R., Boulberhane D., 2010.** Fourrages algériens. 1. Composition chimique et modèles de prédiction de la valeur énergétique et azotée. *Livestock Research for Rural Development. Volume 22, Article #153.* <http://www.lrrd.org/lrrd22/8/chab22153.htm>
- Chilliard Y., Remond B., Sauvant D., Vermorel M., 1983.** Particularité du métabolisme énergétique. In: Particularité nutritionnelles des vaches à haut potentiel de production. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A (53)* 37-64.
- Cisse M., 1992.** Biotechnologie et production laitière- 1. La somatotropine bovine, ses effets sur les performances zootechniques de la vache en lactation. *Revue Sénégalaise des Recherches Agricoles et Halieutiques - Vol. 4 - n° 1.*

- Colman D.R., Beaver D.E., Jolly R.W., Drackley J.K., 2011.** Gaining from technology for improved dairy cow nutrition: economic, environmental and animal health benefits. *Professional Animal Scientist*, 27: 505–517.
[http://www.professionalanimalscientist.org/article/S1080-7446\(15\)30532-5/pdf](http://www.professionalanimalscientist.org/article/S1080-7446(15)30532-5/pdf)
- Connor E.E., 2015.** Improving feed efficiency in dairy production. Cambridge journals blog: Popular Publication. <http://www.blog.journals.cambridge.org/>.
- Cuvelier C., Dufrasne I., 2014.** Livret de l'agriculture : L'alimentation de la vache laitière : Aliments, calculs de ration, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle. Université de Liège.
http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/Cuvelier_C_&_Dufrasne_I_Livret_alimentation_des_VL_2_Aliments_et_calculs.pdf
- Cuvelier C., Hornick J.L., Beckers Y., Froidmont E., Knapp E., Istasse L., Dufrasne I., 2012.** Livret de l'agriculture : L'alimentation de la vache laitière : Physiologie et besoins. Université de Liège.p 67.
http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/Cuvelier_C_Hornick_J_L_Beckers_Y_Froidmont_E_Knapp_E_Istasse_L_&_Dufrasne_I_Livret_alimentation_des_VL_1_Besoins_et_physio.pdf
- Doreau M., Martin C., Eugène M., Popova M., Morgavi D.P., 2011 :** Leviers d'action pour réduire la production de méthane entérique par les ruminants. INRA, UR1213, Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France *INRA Prod. Anim.*, 24 (5), 461-474.
- Dosogne H., Arendt J., Gabriel A., Burvenich C., 2000.** Aspect physiologique de la sécrétion laitière par la mamelle: Bovin. *Ann. Med. Vet.*, 144, 357-382.
- Douguet M., Thomas G., 2016.** Attestation 2015 niveau adulte lactations 305j. Institut d'élevage.
http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/attestation-2015-niveau-adulte-lactations-305j.html
- Drogoul C., Gadoud R., Joseph M.M., Jussiau R., Lisberney M.J., Mangeol B., Montmeas L., Tarrit A., 2004.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 1, 2eme édition. Educagri Editions : Dijon, 270 pages.
- Dromard M., Rügsegger H., 2010.** Le calcul de l'efficacité alimentaire, revue UF bovins laitiers.
<http://w.w.w.ufarevue.ch>
- Enjalbert F., 2003 (a).** Alimentation de la vache laitière : les contraintes nutritionnelles autour du vêlage. *Le point vétérinaire*, n°236, 40-44.
- Enjalbert, F. 2003.** Alimentation de la vache laitière : Les contraintes nutritionnelles autour du vêlage. *Point Vét* /n° 23:40-44.
- Farmer B., 2010.** La production laitière au Québec. Défis et solutions.PATLQ.p17.
<https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/documents/farmer.pdf>
- Faverdin P., Hoden A., Coulon J.B., 1987.** Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*. 70, P133-152.

- Faverdin P., M'hamed D., Rico-Gómez M., Vérité R., 2003.** La nutrition azotée influence l'ingestion chez la vache laitière. *INRA Prod. Anim.*, 16 (1): 27-37.
- Faverdin P., Delagarde R., Delaby L., 2006.** Prédiction de l'ingestion des vaches laitières au cours de la lactation. *Rencontres Recherches Ruminants*, 13, 85-88.
- Faverdin P., 2015.** Améliorer l'efficacité alimentaire des vaches laitières : comprendre les déterminants grâce à de nouveaux outils de phénotypage pour mieux l'évaluer et élaborer des stratégies de sélection génétique en fonction des conditions d'élevage. *Deffilait*. INRA Rennes. <http://www.rennes.inra.fr/Toutes-les-actualites/Deffilait-un-projet-pour-ameliorer-l-efficacite-alimentaire-des-vaches-laitieres>
- Ferrah A., 2000.** L'élevage bovin laitier en Algérie : problématique, questions et hypothèses pour la recherche. 3^{ème} Journées de recherche sur les productions animales, Tizi Ouzou, 13-15 novembre.
- Ferrah A., 2007.** Le programme national de réhabilitation de la production laitière : Objectifs visés, contenu, dispositif de mise en œuvre et impacts obtenus.
- Fischer A., Faverdin P., Rouillé B., 2014.** Etude des déterminants de l'efficacité alimentaire chez la vache laitière. *Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage*. UMR Pegase. Rennes. <https://www6.rennes.inra.fr/pegase/Actualites/Demarrage-de-these/These-efficacite-alimentaire-chez-la-vache-laitiere>
- Fischer A., Luginbuhl T., Delattre L., Delouard J-M., Faverdin P., 2014.** Améliorer la mesure de l'état des réserves corporelles des vaches laitières en analysant la surface 3D du dos de la vache. *Renc.Rech.Ruminants*, 21.p4.
http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte_5_Elevage_de_precision_A-Fischer.pdf
- Fischer A., Jurquet J., Minery S., Ballot N., 2015.** Mieux comprendre l'efficience alimentaire des vaches laitières. Institut de l'élevage.
<http://idele.fr/presse/publication/idelesolr/recommends/mieux-comprendre-lefficience-alimentaire-des-vaches-laitieres.html>
- France conseil élevage, 2015.** Se repérer et agir sur ses couts alimentaires. Journées techniques bovines 12, 17 et 19 février. La quinzaine du Conseil en élevage. <http://www.saperfel.com>
- Frigo E., Dechow CD., Pedron O., Cassell BG., 2010.** La relation génétique des troubles de santé de poids corporel et en début de lactation dans deux troupeaux expérimentaux. *J. Dairy Sci.* 93: 1184 - 1192.
- Ghozlane F., Yakhlef H., Allane M., Bouzida S., 2006.** Evaluation de la durabilité des exploitations bovines laitières de la wilaya de Tizi-Ouzou (Algérie). *New Médit*,4/48-52.
http://www.iamb.it/share/img_new_medit_articoli/84_48ghozlane.pdf
- Gordon F.J., Porter M.G., Mayne C.S., Unsworth E.F., Kilpatrick D.J., 1995.** Effect of forage digestibility and type of concentrate on nutrient utilization by lactating dairy cattle. *J. Dairy.Res.* 62:15–27

- Gosselin B., Lefebvre D., 2005.** Efficience alimentaire. Produisez davantage de lait pour moins cher! Le producteur de lait québécois. PATLQ.
https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/documents/PATLQ_2005-02a_efficience.pdf
- Griffon L., 2015.** Améliorer l'efficience alimentaire et réduire l'impact environnemental des bovins allaitants. Beefalim 2020. Institut d'élevage. <http://idele.fr/domaines-techniques/ameliorer-le-troupeau/performances-et-phenotypes/publication/idelesolr/recommends/beefalim-2020-ameliorer-lefficience-alimentaire-et-reduire-limpact-environnemental-des-bovins.html>
- Griffoul B., 2011.** Conduite du rationnement - L'efficacité alimentaire ou comment optimiser l'ingestion. Revue Réussir lait. <http://www.lait.reussir.fr>
- Guérin.H., Lecomte.P., Lhoste.P., Meyer., 2002.** Généralités sur les ruminants In: Mémento de l'agronome. Cirad-Gret, p1691.
- Hall M.B., 2003.** What You Feed vs. What You Get: Feed Efficiency as an Evaluation Tool. University of Florida. <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2003/Hall.pdf>
- Hall M.B., 2004a.** Using Feed Efficiency as a Ration Evaluation and Nutrient Management Tool. Advances in Dairy Technology, Vol.16, p 29-36.
<http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2004/Manuscripts/29Hall.pdf>
- Hall M.B., 2004b.** Evaluating Rations from a Whole Farm Perspective. Advances in Dairy Technology, Vol. 16, 217-226.
<http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2004/Manuscripts/217Hall.pdf>
- Hicks, R. B., Owens F. N., Gill D. R., Oltjen J. W., Lake R. P., 1990.** Daily dry matter intake by feedlot cattle: Influence of breed and gender. J. Anim. Sci. 68:245–253.
- Houmani M., 1999.** Situation alimentaire du bétail en Algérie. Recherche Agronomique INRA Algérie, n°4.
- Hutjens M.F., 2005a.** Dairy efficiency and dry matter intake. University of Illinois. Proceedings of the 7th Western Dairy Management Conference. March 9-11, Reno, NV 71.
<http://wdmc.org/2005/8Hutjens.pdf>
- Hutjens M.F., 2005b.** Revisiting feed efficiency and its economic. University of Illinois, Urbana. Full text paper. Jun 6.
- Hutjens M.F., 2007.** Practical approaches to feed efficiency and applications on farm In: Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop, 13-14 November, Grantville, 1-5-INAPG.2004.
http://www.inapg.fr/spip/IMG/pdf/dsa_nal_principes.pdf
- INRA, 2007.** Alimentation des bovins, ovins, caprins. Inra, Paris, p 307.
- Institut National de la Recherche Agronomique., 2010.** Alimentation des bovins, ovins et caprins : besoins des animaux -Valeur des aliments. Tables Inra 2007, Editions Qua.
- Ipharraguerre I.R., Clark J.H., 2003.** Usefulness of ionophores for lactating dairy cows: a review. Animal Feed Science and Technology 106 (1) 39–57.
- Institut technique d'élevage (ITELV), 2009.** Valeurs nutritives des fourrages utilisés en Algérie, Baba-Ali, Algérie.

- Jarrige R., 1988.** Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. Ed. INRA, Paris, p 476.
- Jarrige R., Ruckebusch Y., Demarquilly C., Farce M.H., Journet M., 1995.** Nutrition des ruminants domestiques. Ingestion et digestion. INRA Editions : Paris, p 921.
- Journet M., 1988.** Optimisation des rations. In: Alimentation des bovins, ovin, et caprins. INRA, 121- 132.
- Kacimi El Hassani S., 2013.** La Dépendance Alimentaire en Algérie: Importation de lait en poudre vs production locale, Quelle Evolution? Mediterranean Journal of Social Sciences MCSER Publishing, Rome-Italy. Vol 4 n° 11 October.
- Kadi S. A., 2007.** Alimentation de la vache laitière : Etude dans quelques élevages d'Algérie. Mémoire de Magister. Université de Blida, p109.
- Kadi S. A., Djellal F., Berchiche M., 2007.** Caractérisation de la conduite alimentaire des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. Livestock Research for Rural Development 19 (4).
- Kadi S. A., Djellal F., 2009.** Autonomie alimentaire des exploitations laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. Livestock Research for Rural Development. Vol.21, article 227.
<http://www.lrrd.org/lrrd21/12/kadi21227.htm>
- Khelili A., 2012.** Impact du rapport fourrage-concentre sur le niveau de la production laitière des exploitations bovines de la plaine du haut Chelif. Mémoire de Magister. Université de Chlef. Algérie.
- Leborgne M-C., Brechet C., Delteil L., Fournier E., 2013.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage : L'alimentation des monogastriques - L'alimentation des polygastriques. Tome 2, 3^{ème} édition Educagri Editions: Dijon, p356. Livre sur Google Books.
- Leduc R., Fournier A., 1998.** L'ensilage dans l'alimentation des ruminants. Colloque sur les plantes fourragères « L'ensilage : du champ à l'animal ». Conseil des Productions Végétales du Québec inc. p 62.
- Lefebvre D., Pellerin D., 2001.** Quoi de neuf dans le nouveau NRC ? Symposium sur les bovins laitiers. CRAAQ.
https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/Documents/2001_Daniel_Lefebvre.pdf
- Linn J., 2006.** Feed Efficiency: Its Economic Impact In Lactating Dairy Cows. WCDS Advances in Dairy Technology. Volume 18:19-28. University of Minnesota.
- Linn J., Terre Trula M., Casper D., Raeth Knight M., 2007.** Feed efficiency of lactating dairy cows.
<https://www.cvmbs.colostate.edu/ilm/proinfo/cdn/2007/Feed%20Efficiency%20in%20Lactating%20Dairy%20Cows.pdf>
- Mandonnet N., Tillard E., Faye B., Collin A., Gourdine J-L., Naves M., Bastianelli D., Tixier-Boichard M., Renaudeau D., 2011.** Adaptation des animaux d'élevage aux multiples contraintes des régions chaudes .INRA Prod. Anim.24 (1), 41-64.
- Martinot Y., 2009** Colloque : La vache laitière de 2020 déjà en colloque à Caen. Orne conseil élevage. <http://www.orne-conseil-elevage.fr/>

- Martinot Y., 2011** In **Griffoul B., 2011**.
- Maulfair D., Heinrichs J., Ishler V., 2011.** Feed efficiency for lactating dairy cows and its relationship to income over feed costs. *DAS*. 183, 1-6.
- Meyer C., Denis J.P., 1999.** Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Édition CIRAD-envt, p 314.
- Michalet-Doreau B., Vérité R., Chapoutot P., 1987.** Méthodologie de mesure de la dégradabilité in sacco de l'azote des aliments dans le rumen. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 69, 5-7.
- Mouhous A., Ayadi F., Ouchene A., 2012.** Caractérisation de l'élevage bovin laitier en zone de montagne. Cas de la wilaya de Tizi-Ouzou (Algérie). 19e Journées 3R, p5.
- Niemann H., Kuhla B., Flachowsky G., 2011.** Perspectives for feed efficient animal production *Journal of Animal Science*, 89:4344-4363.
- Nouad M.A., Askri A., Belhadi Z., 2000.** Etude systémique pour une contribution à la connaissance et à l'amélioration de l'élevage des ruminants dans la wilaya de Tizi-Ouzou. 3ème Journée de la Recherche sur les Productions Animales Tizi-Ouzou, 13-15 Novembre, 98-108, p 368.
- NRC, 1981.** Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academy Press, Washington, D.C. p152. (National Research Council).
- Ouakli K., Yakhlef Y., 2003.** Performances et modalités de production laitière dans la Mitidja. 4^{èmes} Journées de Recherche sur les Productions Animales Tizi-Ouzou 7, 8, 9 Décembre.
- Ouarfli L., Chehma A., 2014.** Impact de la nature du régime, des quantités d'eau consommées et des conditions climatiques (température) sur les performances des vaches laitières dans la région de Ghardaïa. Algérie. *Revue des BioRessources* Vol 4 n°1 Juin. p10. <http://revues.univ-ouargla.dz/images/banners/ASTimages/Bioresourcesimages/BIOV4N1/B040109.pdf>
- Phocas F., Agabriel J., Dupoant-Nivet M., Geurden I., Médale F., Mignon-Grasteau S., Gilbert H., Dourmad J.-Y 2014.** Le phénotypage de l'efficacité alimentaire et de ses composantes, une nécessité pour accroître l'efficacité des productions animales. *INRA Prod. Anim.*, 27 (3), 235-248.
- Rastoin J-L., Gherzi G., 2010.** Le système alimentaire mondial : Concepts et méthodes, analyses et dynamiques. Ed ; QUAE, p548.
- Remond B., Kerouanton J., Brocard V., 1997.** Effets de la réduction de la durée de la période sèche ou de son omission sur les performances des vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 10, 301-315
- Rouillé B., Devun J., Brunschwig P., 2014.** L'autonomie alimentaire des élevages bovins français. Protein Sources in Animal Feed. Les sources de protéines dans l'alimentation du bétail. *OCL* 21(4) D404, p5. <http://www.ocl-journal.org/articles/oclf/pdf/2014/04/oclf140017.pdf>

- Sauvant D., Mertens D., 2000.** Synthèse bibliographique In Sauvant D., 2004 : Principes généraux de l'alimentation animale. Institut National agronomique Paris-Grignon.
http://www.inapg.fr/spip/IMG/pdf/dsa_nal_principes.pdf
- Sauvant D., 2004.** Principes généraux de l'alimentation animale. Polycope de cours, Institut National agronomique Paris-Grignon (INAPG).
- Serieys F., 1997.** Le tarissement des vaches laitières, Ed ; France agricole, France. p244
- Sérieys F., 1997.** Tarissement des vaches laitières (une période-clé pour la santé, la production et la rentabilité du troupeau). Ed ; France Agricole. p 223.
- Sprumont J., 2009.** Alimentation des bovins laitiers. AECF Haïti, Mai. <http://www.codeart.org>
- Sutter F., 2013.** Augmentation de l'efficacité en production laitière. Revue UFA-1.
www.ufarevue.ch
- Thewis A., Bourbouze A. Compere R., Duplan J.M., Hardouin J., 2005.** Manuel de zootechnie comparée Nord-Sud. Ed INRA, p 656.
- Thievent R., 2016.** Une nouvelle approche de l'efficacité alimentaire. Recherche et Innovation. Conseil Elevage (CEL) 25-90. <http://www.conseilelevage2590.com/une-nouvelle-approche-de-lefficacite-alimentaire.html>
- Thomet P., Steiger Burgos M., 2007.** Réflexions sur l'efficacité en production laitière. Haute école suisse d'agronomie, 3052 Zollikofen. Revue Suisse Agric. 39 (6): 291-296. <http://www.shl.bfh.ch>
- Touchberry RW., 1974.** Environmental and genetic factors in the development and maintenance of lactation. In: Lactation: A comprehensive treatise; Volume III. Eds B.L. Larson and V.R. Smith Academic Press.
- Touré C., 1999.** Guide technique de la PME dans le secteur laitier .Série technologies n°13. Ed CID. www.cde.int/sites/default/files/documents/la_pme_dans_le_secteur_laitier_1999.pdf
- Toutain P.L., Bousquet-Melou A., Gayard V., 2009.** La physiologie digestive chez les animaux domestiques. ENV Toulouse, p184.
- Van Doormaal B ., 2015.** Leadership de l'industrie dans la recherche sur l'efficacité alimentaire. Réseau laitier canadien (CDN).
- Veerkamp R.F., 1998.** Selection for Economic Efficiency of Dairy Cattle Using Information on Live Weight and Feed Intake: A Review1. Genetics and Breeding. J Dairy Sci 81:1109–1119.
- Wattiaux M.A., Homan E.J., 1996.** Lactation et récolte du lait .Guide technique laitier. Essentiels Laitiers-Nutrition et Alimentation. Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier. Programme International d'Agriculture. Université du Wisconsin à Madison, USA.
- Weidmann L., Mauger C., 2013.** Synthèse des enquêtes « efficacité alimentaire » groupes lait17. Chambre d'agriculture de la Charente-Maritime- Département Productions Raisonnées.
- Wolter R., 1994.** Alimentation de la vache laitière, 2ème Ed, p255.

- Wolter, R., 1997.** Alimentation de la vache laitière 3ème édition Edition France Agricole, Paris, p311. INRA 1988.
- Wolter R., Pontier A., 2013.** Alimentation de la vache laitière, Ed France Agricole. In Carjot A.C., 2013.
- Xandé J., Trujillo.G., 1985.** Equations prédictives de la composition chimique des fourrages In Thewis A., Bourbouze A. Compere R., Duplan J.M., Hardouin J., 2005.
- Yan T., Mayne C.S., Gordon F.G., Porter M.G., Agnew R.E., Patterson D.C., Ferris C.P., Kilpatrick D.J., 2010 .** Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 93:2630 - 2638.
- Zirmi-Zembri N., Kadi S. A., 2016.** Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie.1- Les fourrages naturels herbacés. Livestock Research for Rural Development 28 (8). <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/zemb28145.html>

Annexe

Annexe : Valeurs nutritives des fourrages Algériens (ITELV, 2009), répertoriés dans la feuille de calcul de rationnement utilisée au niveau de la ferme étudiée.

Fourrages	Valeur nutritive (Kg de MS)		
	%MS	UFL	MAD
Foin gosses de qualité moyenne	88	0,53	31
Foin gosses de qualité médiocre	89	0,46	29
Foin gosses de qualité mauvaise	86	0,35	20
Foin de vesce avoine (Bon >20% de vesce)	87	0,67	45
Foin d'avoine seule ou très peu de vesce	87	0,55	25
Foin de Fétuque	87	0,74	85
Ray gras d'Italie épiaison 1 ^{ère} coupe	23	0,74	119
Ray gras d'Italie épiaison 2 ^{ème} coupe	21	0,68	120
Foin de RGI	87	0,65	60
Foin de luzerne 1 ^{ère} coupe floraison fané au sol	85	0,49	87
Foin de luzerne 2 ^{ème} coupe 7 semaines fané au sol	85	0,46	114
Luzerne en vert 1 ^{ère} coupe (Bourgeont)	20	0,68	187
Luzerne en vert repousses (Bourgeonmt)	21	0,67	200
Luzerne en vert 1 ^{ère} coupe floraison	27	0,51	138
Luzerne en vert 2 ^{ème} coupe floraison	26	0,53	142
Bersim en vert 1 ^{ère} coupe floraison	17	0,59	131
Bersim en vert repousses 2 ^{ème} coupe floraison	15	0,62	140
Sorgho vert 1 ^{ère} coupe début épiaison	19	0,53	50
Sorgho vert repousses	18	0,54	73
Orge en vert début épiaison	17	0,66	95
Avoine vert épiaison	19	0,64	92
Ensilage d'orge grain pâteux	36	0,58	44
Ensilage d'avoine grain pâteux dur	39	0,47	51
Ensilage de RGI	21	0,75	56
Ensilage Maïs plante entière moyen	33	0,79	42
Ensilage maïs plante entière très bon	33	0,87	51
Ensilage maïs sup à 28 % MS	35	0,79	42
Paille d'orge	88	0,34	0
Paille d'avoine	88	0,39	0
Foin Luzerne 1Cpe Début Floraison	0,85	0,57	85
Foin Luzerne 1 Cpes Repousses	0,85	0,59	110
Bouchons luzerne déshydratée 17.5%	90	0,69	114
Bouchons luzerne déshydratée 20%	90	0,78	135
Féverole graines	87	1,12	240
Maïs grain	88	1,25	72
Orge grain	86	1,15	88
Seigle	86	1,15	76
Avoine grains	87	1,07	96
Tourteau Soja 48	88	1,17	468
Son grossier de blé	87	0,85	120