

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

Faculté des sciences agrovétérinaire et biologie

Département des sciences agronomiques

MEMOIRE DE MAGISTER

en Sciences agronomiques

Spécialité: Productions animales

ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIERE : ETUDE DANS QUELQUES ELEVAGES D'ALGERIE

Par

KADI Si Ammar

Devant le jury composé de :

A. BOUTEKRABT	Professeur, U. de Blida	Président
R. KAÏDI	Professeur, U. de Blida	Examineur
A. BERBER	Maitre de conference, U. de Blida	Examineur
M. BENCHERHALI	Chargé de cours, U. de Blida	Examineur
M. BERCHICHE	Professeur, U. de Tizi-Ouzou	Rapporteur

Blida, Juillet 2007

RESUME

En vue de caractériser l'alimentation des vaches laitières au niveau de la région de Tizi-Ouzou, 80 éleveurs ont été soumis à un questionnaire et 6 autres élevages ont été suivis durant 6 mois. La taille moyenne des élevages est de 20.5 vaches. Ces dernières reçoivent, indépendamment de leur état physiologique et du niveau de production, 5 à 10 kg de foin de vesce-avoine (rarement de ray gras d'Italie) et jusqu'à plus de 10 kg de concentrés (aliment composé, à base d'orge, maïs et tourteau de soja) par vache et par jour. Elles produisent en moyenne 12.8 litres de lait par jour. La dépendance des élevages vis-à-vis du concentré est importante. Ce dernier est mal valorisé (0.8 UFLconcentré/kg de lait). Trois systèmes d'alimentation sont identifiés : le système hors sol, le système "concentré + fourrage" et le système "classique" fourrage + concentré. Ce dernier, base de toute production laitière, est le moins représenté. Le développement de l'élevage bovin laitier est indissociable de l'intensification et diversification des culture fourragères, ce qui est difficilement réalisable dans la région de Tizi-Ouzou.

ملخص

من اجل تشخيص تغذية البقر الحلوب في منطقة تيزي وزو سنل 80 مربي كما تمت متابعة (دراسة) 6 مزارع أخرة لمدة 6 أشهر. معدّل المزارع من حيث عدد الأبقار يعادل 20.5 رأس تتلقى كلّ واحدةٍ مهما كانت حالتها الفيزيولوجية أو مستوى إنتاجها من 5 إلى 10 كغ من العلف و أكثر من 10 كغ من العلف المركز. هذا الغذاء المركز مصنوع من الشعير السوجا.

تنتج كلّ بقرة يوميا معدّل 12.8 لتر حليب. تعتبر تبعية وحدات للعلف المركز (الصناعي) هامة جدًا. رغم ذلك هذا الأخير لم يشغل مثاليا (لم يحسن استعماله و استغلاله). 0.8 وحدة غذائية/كغ من الحليب) 3 نماذج غذائية تم تعريفها, نموذج "خارج الأرض", نموذج "مركز+علف". النموذج التقليدي (الكلاسيكي). علف+مركزا, هذا الأخير, الذي يعد أساس كل إنتاج حليب هو الأقل تمثيل. لا يمكن الفصل بين تطوير إنتاج الحليب و تنويع و تطوير إنتاج الأعلاف, الشيء الذي يصعب تحقيقه في المنطقة المدروسة تيزي وزو

ABSTRACT

In order to characterize dairy cattle feeding in Tizi-Ouzou areas, eighty dairy farmers have been investigated and while 6 other farmers have been surveyed during 6 months. The average size of dairy herd is 20.5 cows. the animals receive 5 to 10 kg of dry roughage and more of 10 kg concentrate feeds (composed of barley, corn and soya) per cow and per day, regardless their physiological state and production level. They produce 12.8 liters per day. The dairy cattle rely heavily on feed concentrate which is badly valorized. (0.8 UFLcc/kg of milk). The practice of silage is almost absent. Three feeding systems are identified: the system out soil, the "concentrated system + forage" and the "classic" system forages + concentrate. This last, basis of all dairy production, is the less represented. The development of the dairy raising is inseparable of the intensification and diversification of the cultivating forage, what is with difficulty feasible in the region of Tizi-Ouzou.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier chaleureusement mon promoteur le Professeur BERCHICHE qui m'a accueilli dans son laboratoire. Je lui suis reconnaissant pour sa disponibilité et suis particulièrement touchée par sa confiance et la liberté qu'il m'a laissée quant à l'orientation et la conduite de ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi aux enseignants qui m'ont fait l'honneur de faire partie du jury :

Mr BOUTEKRABT pour sa disponibilité à présider le jury ;

Mr BERBER pour avoir accepté de juger le travail ;

Mrs KAÏDI et BENCHERCHALI pour avoir participé à notre formation et avoir accepté de juger ce travail.

Plusieurs personnes, au niveau du département des sciences agronomiques de l'université Saad Dahlab (blida), ont contribué à notre formation. Qu'ils trouvent ici, notre profonde gratitude et reconnaissance. Nous pensons en particulier à Mrs Houmani, Megatelli et Ali oussalah.

Ce travail n'aurait jamais pu avoir lieu sans la disponibilité et la compréhension des éleveurs enquêtés au niveau de la région de Tizi-Ouzou. Je pense particulièrement à Nordine, Tarik, Mokrane qui nous ont accueilli et permis de suivre leurs élevages.

Mes remerciements particuliers s'adressent à Yasmine qui n'a ménagé aucun effort pour nous permettre de suivre au mieux son élevage.

Je remercie également les gérants des centres de collecte de lait appartenant à la laiterie de DBK. Comme je remercie vivement Mourad, responsable du centre de collecte appartenant à DANONE-Djurdjura (freha), pour sa disponibilité et les efforts qu'il a fournis pour nous faciliter la tâche.

Merci également à toutes les personnes qui nous ont aidé durant la phase de terrain notamment Mr Louchami et Mr Goussam.

TABLE DES MATIERES

RESUME	
REMERCIEMENTS	
TABLE DES MATIERES	
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAHIQUES ET TABLEAUX	
INTRODUCTION.....	9
1 .ALIMENTATION DES RUMINANTS: PRINCIPES FONDAMENTAUX.....	10
1.1. Introduction.....	10
1. 2. Notion d'unités d'alimentation.....	10
1.3. Les besoins et les recommandations alimentaires.....	11
1.4. Valeur des aliments pour les ruminants.....	18
1.5. Rationnement des ruminants.....	26
2.ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIERE.....	32
2.1.Introduction	32
2.2. Période de tarissement.....	33
2.3. Période de lactation.....	35
3.CONTROLE DE L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIERE.....	46
3.1. Introduction.....	46
3.2.Enquête et suivi d'élevages.....	46
3.3.Teneurs en urée.....	48
3.4.La note d'état corporelle.....	52
3.5.Efficacité alimentaire.....	53
4.MATERIEL ET METHODES.....	55
4.1. Introduction.....	55
4.2- L'enquête.....	55
4.3- Le suivi d'élevages.....	57
4.4. Analyses statistiques.....	67
5.RESULTATS ET DISCUSSION.....	68
5.1.Enquête.....	68
5.2.Suivi d'élevages.....	74
DISCUSSION GENERALE.....	89
CONCLUSION.....	94
REFERENCES.....	102

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.1	Besoin, recommandation et marge de sécurité en alimentation animale	13
Figure 1.2	Les caractéristiques de l'animal et de la ration et leurs relation	15
Figure 1.3	Démarche classique de calcul des régimes alimentaires	16
Figure 1.4	Contrainte des filières ou l'approche « loi de réponse »	16
Figure 1.5	Prévision de la valeur Nutritive des fourrages	19
Figure 1.6	Prévision de la valeur Nutritive des aliments concentrés simples	21
Figure 1.7	Prévision de la valeur Nutritive des aliments concentrés composés	22
Figure 1.8	Prévision de la valeur d'encombrement des fourrages.	23
Figure 2.1	Différentes étapes du calcul des rations de vaches en pleine lactation	36
Figure 2.2	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	38
Figure 2.3	Evolution du niveau alimentaire en début de lactation	39
Figure 2.4	Sous-alimentation en début de lactation	39
Figure 2.5.	Besoins en PDIM et PDIA au cours de la lactation	42
Figure 2.6	Représentation schématique des flux de nutriments chez la vache en sous alimentation entre les organes (tractus digestif, tissu adipeux, muscle et mamelle) et selon leur nature (glucides en bleu ; lipides, AGV, AG, corps cétoniques en vert, protéines en rouge).	43
Figure 2.7	Représentation schématique des flux de nutriments chez la vache en excédent alimentaire entre les organes (tractus digestif, tissu adipeux, muscle et mamelle) et selon leur nature (glucides en bleu ; lipides, AGV, AG, corps cétoniques en vert, protéines en rouge).	43
Figure 2.8	Les principaux volets d'une bonne pratique en élevage laitier	44
Figure 3.1	Représentation schématique des principaux compartiments et flux du modèle urée	49
Figure 4.1	Répartition des centres de collecte du lait à travers le territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou	56
Figure 4.2	Méthodologie suivie dans le travail d'enquête.	57
Figure 4.3	Répartition des localités où se trouvent les élevages suivis	58
Figure 4.4	Mesure du périmètre thoracique ou tour de poitrine	58

Figure 5.1	Répartition des exploitations agricoles par classe de surface fourragère	68
Figure 5.2	Représentation, selon les deux premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances, des variables étudiées	70
Figure 5.3	Répartition des exploitations agricoles par classe de quantité de concentré distribué quotidiennement aux vaches laitières	71
Figure 5.4	Répartition des exploitations agricoles par classe de mode d'alimentation des vaches laitières durant le tarissement	72
Figure 5.5	Représentation graphique des systèmes alimentaires	72
Figure 5.6	Répartition des exploitations par classe de quantité de lait produite par vache et par jour selon que ces exploitations élèvent uniquement des Holstein, uniquement des montbéliardes ou les deux races à la fois.	74
Figure 5.7	Part des concentrés selon la production laitière	76
Figure 5.8	Corrélation entre le rendement laitier et la consommation de concentrés/vache/an	78
Figure 5.9	Répartition des élevages selon leur degré d'autonomie en fourrage et concentrés	80
Figure 5.10	corrélation entre l'autonomie protéique et énergétique des exploitations suivies	81
Figure 5.11	Corrélation entre l'autonomie en matière sèche et taille du troupeau	81
Figure 5.12	Rendement laitier enregistré au niveau des exploitations suivies	82
Figure 5.13	Evolution de la production laitière moyenne quotidienne/vache/jour au niveau de l'exploitation 5 durant la période 1999-2005	82
Figure 5.14	Evolution de la production laitière (moyenne technique) durant l'année 2005 au niveau de l'exploitation 5	83
Figure 5.15	Evolution du taux butyreux du lait durant l'année 2005 au niveau des exploitations étudiées.	84
Tableau 1.1	Rappel des principes de calcul de la valeur des aliments	20
Tableau 2.1	Quantité de concentrés à offrir aux vaches en fonction du niveau de production et de la qualité du fourrage dans la ration.	40
Tableau 5.1	Résultats du test χ^2 appliqué à quelques paramètres en relation avec l'alimentation des vaches laitières au niveau de la région d'étude	69
Tableau 5.2	Valeur nutritive des foins et concentrés utilisés au niveau des exploitations suivies	75
Tableau 5.3	Caractéristiques structurelles et performances des élevages suivis	76
Tableau 5.4	Degré d'autonomie en matière sèche, UFL et MAT des exploitations suivies	79
Tableau 5.5	Etat de propreté des vaches au niveau des exploitations suivies	85
Tableau 5.6	Scores d'hygiène de la mamelle enregistrés au niveau des exploitations Suivies	86

INTRODUCTION

En Algérie, la consommation du lait est en moyenne de 100 à 110 l/habitant/an, soit des besoins équivalants à près de 3 milliards de litres. La production nationale satisfait environ 40 % de ces besoins, le reste est couvert par des importations (près de 750 millions USD en 2005).

L'élevage laitier, en Algérie, se caractérise par des pratiques et des systèmes de production largement extensifs, l'utilisation de vaches à faible potentiel génétique et de cultures fourragères très peu développées. Le déficit fourrager est estimé à près de 4 milliards d'UF par an; le recours exagéré aux aliments concentrés composés est souvent signalé. Lorsque le fourrage est disponible, il s'agit souvent de la vesce-avoine de qualité médiocre car récoltée tardivement et mal conservée; ce qui affecte négativement la valeur laitière de la ration.

Plusieurs actions sont menées par les pouvoirs publics pour réduire ce déficit et la dernière en date consiste en un "programme national de réhabilitation de la production laitière". Dans la majorité de ces programmes, l'aspect alimentaire a souvent été marginalisé. Aujourd'hui, notamment au niveau des élevages de petite taille, l'alimentation représente 60 à 70 % du coût de production du lait.

La wilaya de Tizi-Ouzou, région pourtant montagneuse et à faible sole fourragère, est parmi les wilayas les plus productrices de lait au niveau national avec un nombre de 640 éleveurs et une production de 57 millions de litres de lait en 2005.

L'objectif de ce travail est de caractériser la conduite alimentaire au niveau des élevages laitiers dans la région de Tizi-Ouzou.

CHAPITRE 1

ALIMENTATION DES RUMINANTS: PRINCIPES FONDAMENTAUX

1.1.Introduction

Les ruminants sont dotés d'un extraordinaire système digestif, capable de transformer des fourrages ne possédant aucune valeur nutritive pour les humains en aliments hautement digestibles, comme le lait et la viande. Pour raisonner leur alimentation, il est nécessaire de disposer d'outils et d'informations précises sur leurs besoins alimentaires et leur capacité d'ingestion d'une part, et d'autre part sur la valeur nutritive et l'ingestibilité des aliments.

1. 2. Notion d'unités d'alimentation

Les unités d'alimentation ont été créées pour s'assurer qu'au niveau de l'élevage, les différents éléments nutritifs, facteurs limitants potentiels sont apportés en quantité suffisante pour permettre à l'animal d'extérioriser son potentiel. Selon SAUVANT [1], pour que ces unités d'alimentation soient opérationnelles, elles doivent se conformer à six principes essentiels:

- Chaque unité est spécifique d'une composante nutritive susceptible d'être un facteur limitant des performances. Lorsqu'une composante nutritive n'est pas un facteur limitant connu, il n'est pas utile de lui adjoindre une unité.
- Chaque unité traduit un flux de matière organique ou minérale ou d'énergie, mesuré à un niveau donné de son utilisation par l'animal.
- Chaque unité doit pouvoir exprimer les apports et les besoins de l'élément nutritif considéré. Une unité permet donc de quantifier à la fois une composante de la valeur alimentaire ou nutritive des aliments et une composante des besoins alimentaires ou nutritifs des animaux.
- Les unités d'alimentation doivent être additives.
- Une unité d'alimentation doit être fiable et précise c'est-à-dire que les variations des niveaux de performances des animaux doivent être prédites et expliquées avec

précision par les variations des quantités d'unités d'alimentation apportées par la ration.

- Les unités d'alimentation doivent être évolutives, c'est-à-dire qu'elles doivent pouvoir intégrer, par étape et, si possible sans modification majeure d'usage pratique, les nouvelles connaissances mises à jour par la recherche.

1.3. Les besoins et les recommandations alimentaires

La distinction entre les notions de besoins nutritionnels et d'apports alimentaires recommandés est primordiale. Selon JARRIGE [2], ces deux notions sont trop souvent confondues.

1.3.1. Notion de besoin

Les animaux doivent trouver dans leurs aliments les constituants permettant le renouvellement de la matière vivante, son accroissement éventuel (croissance, gestation) et la synthèse des productions. Les quantités d'éléments nutritifs assimilables nécessaires à toutes ces activités définissent les besoins.

Les besoins nutritionnels nets correspondent donc aux dépenses physiologiques de l'animal pour son entretien et ses productions; dépenses que l'animal couvre à partir des nutriments qui lui sont apportés par la ration. Les besoins alimentaires incluent à la fois les besoins nutritifs et la capacité d'ingestion.

1.3.1.1. Détermination des besoins

Deux types de démarches sont appliquées pour déterminer les besoins nutritifs des animaux domestiques [1]; [3]:

1.3.1.1.1. La méthode factorielle ou analytique

Cette méthode consiste à déterminer les différents postes de dépenses en éléments nutritifs de l'organisme. Ces dépenses sont associées à des fonctions physiologiques dont la finalité est, d'une part, l'entretien de l'organisme et, d'autre part, la production c'est-à-dire l'élaboration de matière vivante supplémentaire. Les valeurs obtenues des dépenses

sont ensuite agrégées pour constituer la dépense totale, ou besoin net (*BN*) de l'animal considéré. A partir de la connaissance des besoins nets, il est possible de calculer les besoins alimentaires (*BA*) en tenant compte des rendements de transformation métaboliques et digestifs :

- Besoins alimentaires exprimés en quantités de nutriments absorbés dans le tube digestif :

$$BA = \frac{BN}{UM} \quad \text{avec } UM = \text{rendement de l'utilisation métabolique } (0 < UM < 1)$$

- Besoins alimentaires exprimés en quantités ingérées:

$$BA = \frac{BN}{UM \times UD} \quad \text{avec } UD = \text{rendement de l'utilisation digestive } (0 < UD < 1)$$

Les rendements UD et UM sont déterminés expérimentalement, ils varient en fonction de certaines caractéristiques des aliments (teneurs en paroi cellulaire...) ou des animaux (stade physiologique...).

La principale limite de cette méthode réside dans la difficulté de détermination de certains besoins partiels; comme c'est le cas pour le besoin de croissance qui est difficile à définir connaissant souvent mal la composition du gain de poids.

1.3.1.1.2. La méthode globale ou d'essais alimentaire

Cette méthode suppose l'accumulation en une base de données, d'un nombre assez important d'essais d'alimentation au cours desquels les valeurs nutritives des aliments, ou des rations ingérées, sont supposées être connues avec suffisamment de précision. L'enregistrement systématique des performances et des quantités d'unités ingérées permet ensuite d'établir un modèle prédictif du type :

$$\text{Unités ingérées} = a (\text{Production}) + b (\text{Poids}^{0.75}) + c (\text{variation de poids}) \dots$$

Les coefficients de régression de ce modèle d'ajustement permettent d'obtenir une estimation statistique des différents besoins exprimés en unité alimentaire.

En pratique, il n'est fait appel à cette méthode que lorsque la démarche factorielle est inutilisable ou trop imprécise.

1.3.2. Les recommandations alimentaires

1.3.2.1. Utilisation des recommandations

Dans la pratique, les calculs de ration ne s'appuient pas uniquement sur les valeurs des besoins alimentaires mais sur les valeurs des recommandations.

Différents aspects justifient l'emploi de recommandations à la place des besoins alimentaires [1]; [4]: la prise en compte des marges de sécurité et de l'existence de réserves corporelles mobilisables, la limitation de certains excès d'apport et le respect d'un certain équilibre dynamique des apports (figure 1.1).

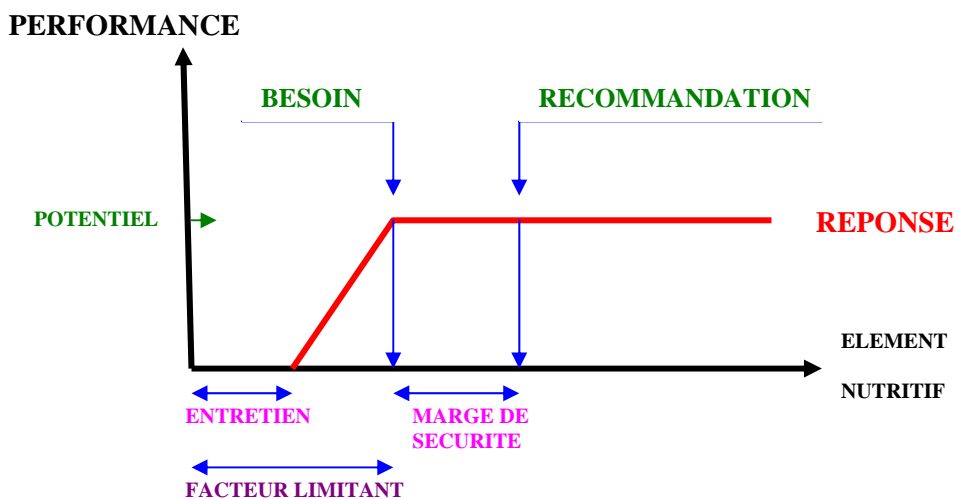


Figure 1.1: Besoin, recommandation et marge de sécurité en alimentation animale [4]

1.2.2.1.1. L'intégration des marges de sécurité

Différents aspects peuvent justifier la prise en compte d'une marge de sécurité qui correspond à une majoration du besoin nutritif:

- les incertitudes d'estimation de la valeur nutritive des aliments,
- les incertitudes sur la valeur exacte des besoins
- la recherche d'une certaine « compensation » de conditions de milieu ou sanitaires défavorables,

- la recherche d'un état corporel ou nutritionnel très favorable dans une période bien définie (flushing...), en période de reproduction intense.
- ...etc.

1.3.2.1.2. La prise en compte de l'existence de réserves corporelles mobilisables

Les organismes animaux possèdent, pour certains éléments nutritifs, des mécanismes et des organes qui leur permettent de faire face à un état de sous-nutrition passagère compensée, avant ou après, par une phase de reconstitution des réserves. Ce type de situation se rencontre, par exemple, pour l'énergie (organe de stockage = tissu adipeux) et pour des éléments minéraux tels que le calcium (organe de stockage = squelette).

Pour les éléments nutritifs concernés par ce phénomène, il n'est pas nécessaire de chercher à couvrir « au jour le jour » les besoins et il est par contre nécessaire de définir une stratégie des apports à respecter au cours du cycle de production [5].

D'autres éléments nutritifs ne sont que peu ou pas stockables sous leur forme active (exemple des acides aminés indispensables). De ce fait, en cas de déficit d'apport, en ce nutriment, les performances sont rapidement affaiblies et fréquemment associées à une fragilité ou à des troubles métaboliques [6].

1.3.2.1.3. La limitation de certains excès d'apport

L'excès d'apport d'un élément nutritif qui représente un coût correspond à un gâchis économique. Aussi, l'excès peut se traduire par des phénomènes de toxicité qui nécessitent le respect de recommandation d'apport maximum. La fourchette est parfois étroite entre le minimum et le maximum recommandé.

1.3.2.1.4. Les recommandations d'utilisation des matières premières

Il est parfois nécessaire de limiter, ou même d'interdire, l'apport d'une matière première dans une ration; différentes raisons justifient le respect d'une telle limite :

- la prudence sur la qualité d'une matière première susceptible d'entraîner des troubles pathologiques par la présence de substances anti-nutritives (toxines, ammoniac...) ou de micro-organismes pathogènes (salmonelles, prions...),
- la forte variabilité de composition et de valeur nutritive pour une matière première dont on ne connaît pas l'analyse chimique,
- l'inappétence que peut induire un niveau d'incorporation trop élevé de certaines matières premières dans un régime (exemple : du tourteau de colza).

Selon SAUVANT [1], les recommandations atténuent l'aspect trop « mathématique » des systèmes alimentaires. Elles permettent de tenir compte du fait que l'on travaille sur un matériel biologique et que, en particulier, chaque individu réagit « à sa manière » à la rationalité dont on l'entoure.

Selon MEYER et DENIS [7], les apports alimentaires sont à quantifier en fonction des objectifs de production (figure 1.2)

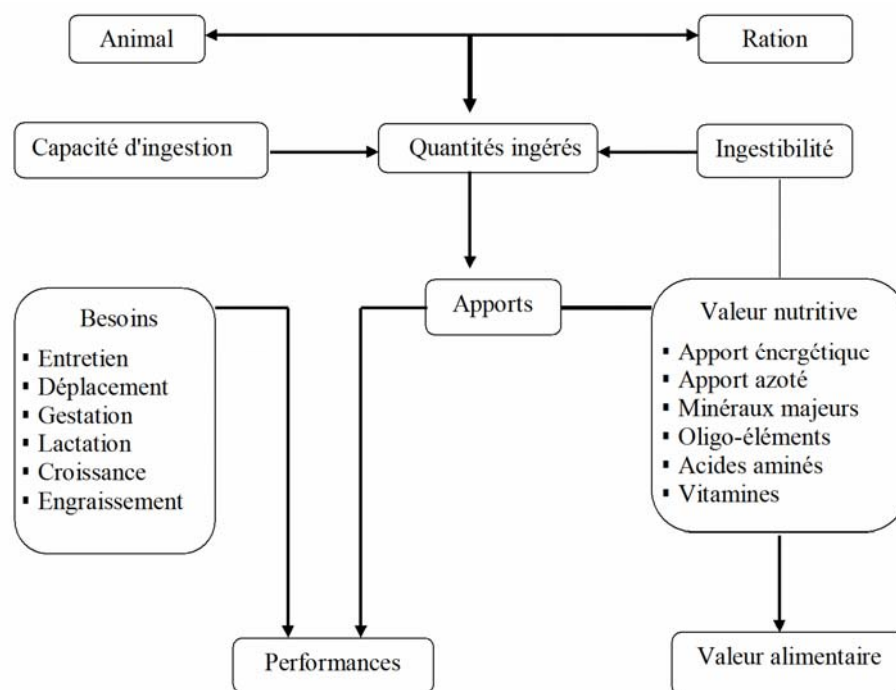


Figure 1.2 : Les caractéristiques de l'animal et de la ration et leurs relation [7].

1.3.2.2. Loi de réponse multiple

Du fait des nouvelles contraintes qui sont liées à la qualité des produits, à l'impact des élevages sur l'environnement et au respect du bien être animal dont il est à présent nécessaire de tenir compte, l'approche classique (figure 1.3) de l'alimentation animale

consistant à couvrir les besoins des animaux pour permettre d'exprimer leur potentiel de production se trouve dépassée [8]; [1].

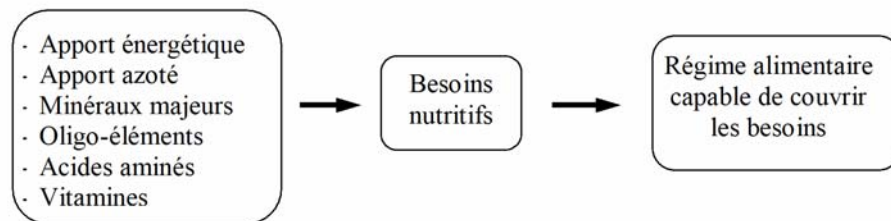


Figure 1.3 : Démarche classique de calcul des régimes alimentaires [1].

L'approche baptisée loi de réponse multiple (LRM) consistant à prendre en compte la multitude des réponses des animaux à la variation de leur régime alimentaire [5] est de plus en plus utilisée (figure 1.4).

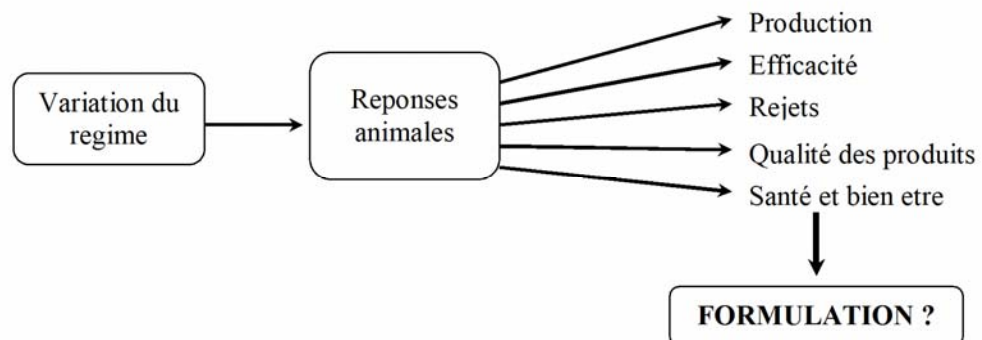


Figure 1.4 : Contrainte des filières ou l'approche « loi de réponse » [5].

L'application pratique du concept de loi de réponse nécessite l'identification de l'intégration de tous les processus susceptibles de jouer un rôle déterminant. Cela implique en particulier d'intégrer certains mécanismes biologiques sous-jacents et revient à étudier les réponses à l'alimentation des organes qui déterminent le plus les réponses zootechniques considérées [8]. De plus, la compréhension et la prévision des lois de réponse nécessitent également de pouvoir raisonner autrement que sur la base temporelle journalière habituelle; il faut pouvoir intégrer, si nécessaire, d'une part des phénomènes dynamiques de court terme, basés sur des périodes allant de quelques minutes à quelques

heures, d'autre part, des phénomènes de long terme s'étendant sur des périodes allant de plusieurs semaines à quelques mois [5].

L'élaboration des LRM se fait à l'aide d'expériences spécifiquement conçues mais aussi et surtout à partir de l'interprétation de bases de données (études bibliographiques) quantitatives.

1.3.2.2.1. Protocole expérimental adapté.

Selon SAUVANT [5], les dispositifs expérimentaux classiques ne sont pas bien adaptés pour définir les LRM à partir d'un même ensemble de données expérimentales.

Vraisemblablement, les schémas expérimentaux factoriels seraient les mieux adaptés à la détermination des réponses animales. Cependant, la lourdeur et le coût de ce types de dispositifs font que soient rares les travaux relatant des expériences conçues pour comprendre les réponses des ruminants à leur régime.

1.3.2.2.2. Etudes bibliographiques quantitatives.

C'est une démarche scientifique qui réalise des revues critiques et des études statistiques à partir des résultats des recherches antérieures pour améliorer et quantifier la connaissance sur un sujet [9]. C'est une méthode qui a été utilisée surtout en sciences médicales où elle est appelée « méta-analyse ».

En combinant les résultats provenant d'études indépendantes, il est possible d'augmenter la puissance des tests et d'obtenir une estimation beaucoup plus précise du sens et de la grandeur d'un effet [23]. La méta-analyse peut par exemple permettre de dégager un effet lorsque celui-ci est trop faible pour être clairement soutenu par les essais pris individuellement [10].

Ces analyses correspondent à l'analyse statistique de dispositifs expérimentaux inhabituels comportant des données manquantes réparties de façon désorganisée. Selon SAUVANT [5], le moyen le plus efficace pour étudier ces données est d'appliquer des modèles d'analyse de variance-covariance.

Selon SAUVANT [5] et ST-PIERRE [10], la compréhension et la prévision des réponses des animaux aux régimes alimentaires constitue le nouveau paradigme de la nutrition animale. En ce sens, la méta-analyse peut permettre de progresser significativement et rapidement.

1.4. Valeur des aliments pour les ruminants

La valeur alimentaire comprend deux grandes composantes:

- l'ingestibilité c'est-à-dire l'aptitude d'un aliment à être ingéré en plus ou moins grande quantité. L'ingestibilité d'un fourrage est exprimée par sa valeur d'encombrement (UE). Les aliments concentrés n'ont pas de valeur d'encombrement propre. Leur valeur d'encombrement est fonction de celle des fourrages de la ration et du taux de substitution de l'aliment concentré aux fourrages.
- la valeur nutritive qui permet d'évaluer la contribution de cet aliment à la couverture des besoins nutritionnels de l'animal. Elle est fortement liée à la composition biochimique et à l'origine des constituants végétaux (cytoplasmiques et membranaires) constitutifs de l'aliment.

L'estimation de la valeur alimentaire des aliments se fait sur la base d'informations quantitatives (résultats analytiques...) ou qualitatives (n° de cycle végétal, stade physiologique).

Il est nécessaire d'exprimer les besoins des animaux et la valeur nutritive de tous les aliments (valeur énergétique, valeur azotée...) dans les mêmes unités. Des méthodes de calcul et de prédiction de la valeur nutritive ont été élaborées, prenant en compte les diverses étapes de la transformation des aliments en tissus ou en produits de sécrétion, ainsi que leurs rendements de transformation. Ces ensembles de concepts et de modes de calculs constituent des « systèmes » de prédiction de la valeur énergétique, de la valeur azotée et de l'ingestibilité des aliments [11].

1.4.1. Valeur nutritive des fourrages

Les modes d'expression de la valeur nutritive des aliments dans le système des UF [12], et dans le système PDI [13] sont rappelés dans le tableau 1.1. L'estimation de la valeur énergétique et azotée des fourrages se fait selon la démarche séquentielle centrée sur

l'estimation de la digestibilité de la matière organique (dMO) et de la dégradabilité de l'azote (DT) [14]; [15].

Pour la valeur énergétique, la démarche consiste essentiellement à estimer la dMO, puis les UFL et UFV sont calculées de façon séquentielle à partir des estimations de l'énergie brute, de l'énergie digestible, de l'énergie métabolisable et enfin de l'énergie nette (figure 1.5) [16].

Le calcul de la valeur azotée d'un aliment (PDI) nécessite de connaître, outre sa teneur en MAT et sa dMO, la dégradabilité théorique de ses matières azotées dans le rumen (DT) et la digestibilité réelle des protéines dans l'intestin (dr) (figure 1.5).

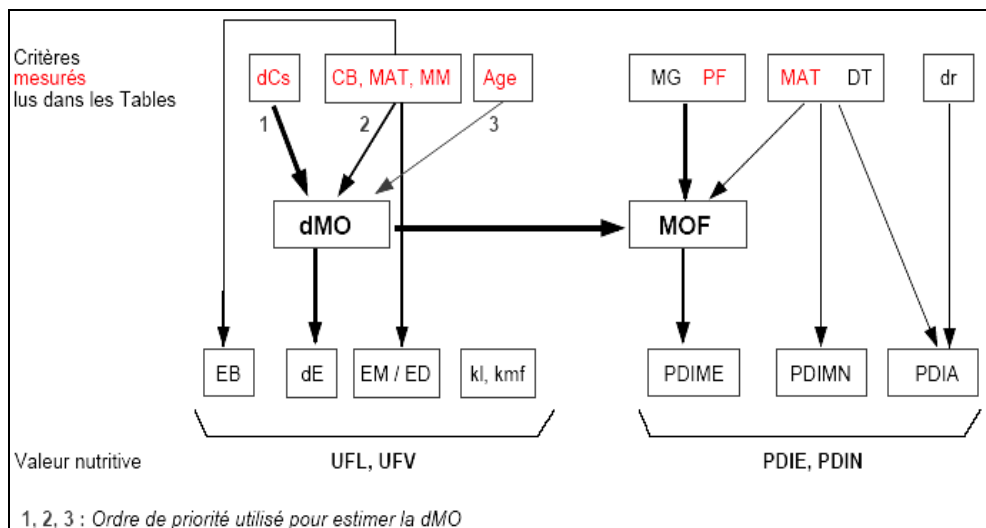


Figure 1.5: Prédiction de la valeur Nutritive des fourrages [17].

Les proportions de fibres ADF et NDF d'un fourrage sont des indices de sa valeur alimentaire. La fibre ADF est généralement reliée à la digestibilité et la valeur énergétique du fourrage: plus il y a de fibre ADF dans le fourrage, plus la digestibilité et le contenu énergétique sont faibles [14]. La fibre NDF donne un estimé assez précis de la fibre totale des aliments tout en étant étroitement reliée à la consommation du fourrage et de la ration totale. Il existe des équations permettant de prédire la quantité de matière sèche (MS) ingérée lorsqu'on connaît la teneur en NDF du fourrage [4].

Tableau 1.1: Rappel des principes de calcul de la valeur des aliments [17]

Valeur énergétique		
$UFL = \frac{ENL}{1700}$		$UFV = \frac{ENEV}{1820}$
Énergie nette pour la lactation $ENL = EM \times kl$ Énergie nette pour l'entretien et la production de viande $ENEV = EM \times kmf$		
avec $kl =$ efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable (EM) pour la lactation $kmf =$ efficacité d'utilisation de l'EM pour l'entretien et la production de viande		
Energie métabolisable $EM = EB \times dE \times \frac{EM}{ED}$		
avec $EB =$ énergie brute de l'aliment $dE =$ digestibilité de l'énergie : fonction de la dMO de l'aliment $EM/ED =$ rend compte des pertes d'énergie sous formes de gaz et dans les urines, fonction de la composition chimique de l'aliment et du niveau de l'alimentation		
Valeur azotée		
$PDIN = PDIA + PDIMN$ $PDIE = PDIA + PDIME$		
avec $PDIA =$ protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire $PDIM =$ protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable (PDIMN), par l'énergie fermentescible (PDIME).		
$PDIA = 1.11 \times MAT \times (1 - DT) \times dr$ $PDIMN = 0.64 \times MAT \times (DT - 0,10)$ $PDIME = 0,093 \times MOF$		
avec $MAT =$ matières azotées totales de l'aliment $DT =$ dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen $dr =$ digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle $MOF =$ matière organique fermentescible de l'aliment		
Valeur d'encombrement		
Fourrage		
$UEM = \frac{75}{QIM}$	$UEB = \frac{90}{QIG}$	$UEL = \frac{140}{QIVL}$
avec UEM, UEB et UEL : unité d'encombrement mouton, bovins, et lait respectivement QIM, QIG et $QIVL$: ingestibilité mouton, génisse et vache laitière respectivement		
Concentrés : $UEconcentré = Sg \times UEfourrage$		
avec Sg : taux de substitution global de l'aliment concentré		

La valeur alimentaire d'un fourrage est sujette à d'importantes variations qui sont liées notamment à l'appartenance botanique (famille et espèce), au stade de coupe, au mode de conservation, aux facteurs pédoclimatiques, ...etc.

1.4.2. Valeur nutritive des concentrés

Pour les aliments concentrés simples, les différentes étapes du calcul des valeurs UFL et UFV (figure 1.6) sont effectuées avec les équations proposées par SAUVANT et al [18]. Selon Baumont et al. [17], la prévision de dMO se fait à partir de la digestibilité pepsine cellulase exprimée en matière organique (dCo), selon l'équation proposée par AUFRERE [19].

Pour les aliments concentrés composés, la dMO et la valeur énergétique sont estimées à partir des équations proposées par GIGER et al [20]. Selon BAUMONT et al. [17], deux équations sont généralement utilisées pour la prévision de la dMO : la première utilise la dCo et la deuxième utilise les teneurs en ADF et en ADL de l'aliment (figure 1.7).

Le calcul des valeurs PDI des aliments concentrés nécessite, Selon BAUMONT et al. [17], de connaître la teneur en MAT, la DT et la dr de l'aliment, ainsi que la prévision de la dMO pour calculer la MOF (figure 1.6 et 1.7).

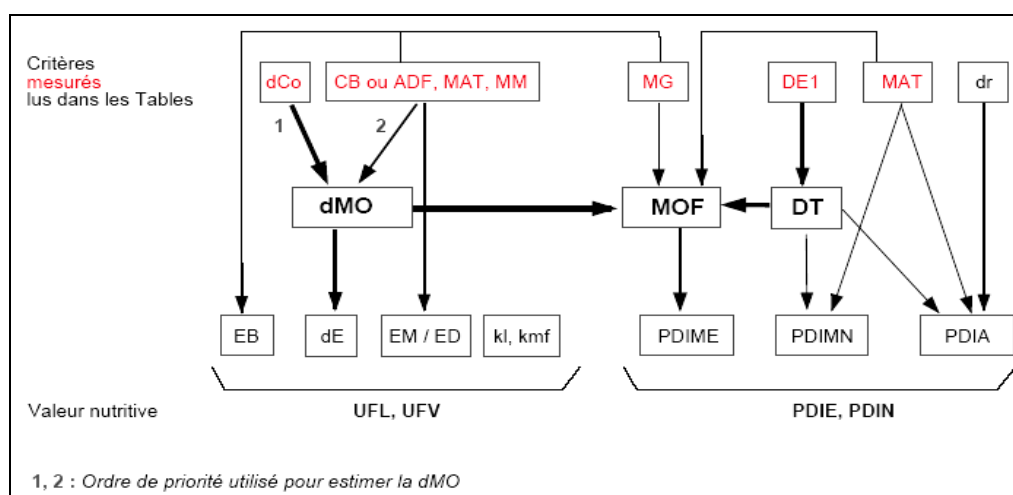


Figure 1.6: Prévision de la valeur Nutritive des aliments concentrés simples [24] [17] .

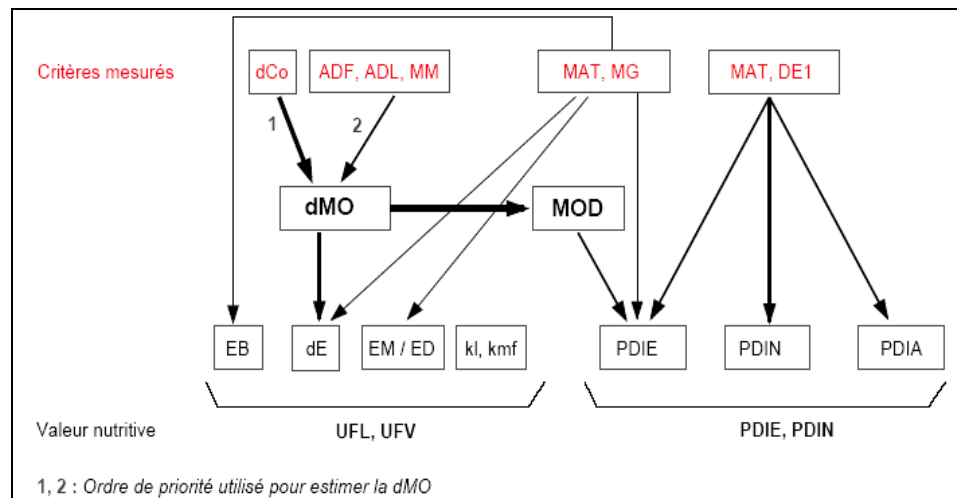


Figure 1.7: Prévision de la valeur Nutritive des aliments concentrés composés [17]

1.4.3. Valeur d'encombrement

Les valeurs d'encombrement permettent de prévoir les quantités ingérées de fourrage et les taux de substitution entre les fourrages et les aliments concentrés [11]. Elles sont donc une composante essentielle des calculs d'une ration.

Actuellement peu de laboratoires estiment les valeurs UE à partir des analyses de fourrage et le rationnement fait le plus souvent appel aux valeurs UE des Tables [17]. En effet, la valeur d'encombrement des fourrages (UE) peut être prévue pour les moutons (UEM) à partir de la composition chimique [21], mais, jusqu'à présent, les valeurs d'encombrement pour les bovins (UEB et UEL) pouvaient difficilement être estimées autrement que par lecture des Tables [14].

D'après BAUMONT et al. [17], l'estimation des valeurs UE, se fait généralement à partir des équations utilisant la dMO et la teneur en MAT lorsque la dMO est prévue à partir de la digestibilité pepsine cellulase ou de l'âge (figure 1.8) ou bien à partir des équations utilisant les teneurs en CB et en MAT lorsque la dMO est prévue à partir de ces critères (figure 1.8).

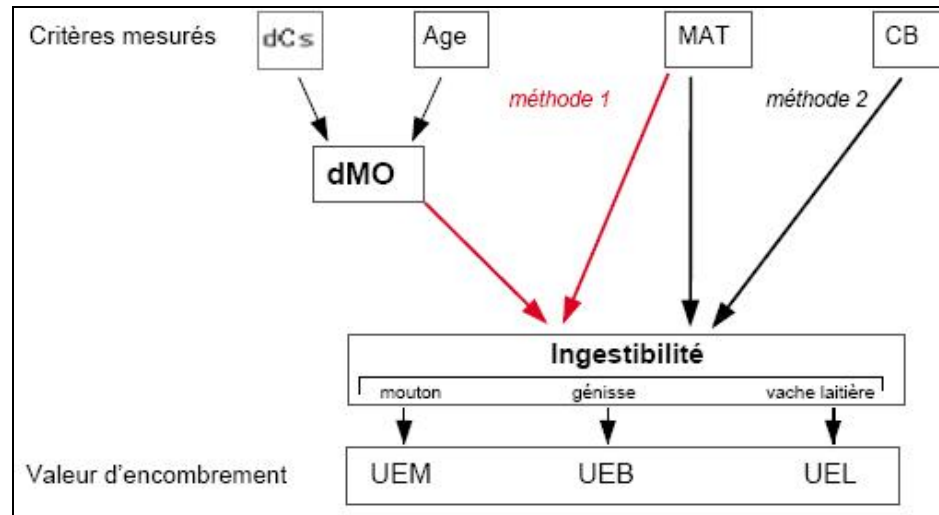


Figure 1.8: Prédiction de la valeur d'encombrement des fourrages [17]

1.4.4. Approche de modélisation systémique

Les systèmes d'évaluation des aliments et des besoins des animaux utilisés jusqu'à présent présentent certaines limites [22]:

- D'une part, les interactions entre protéine et énergie n'y sont pas représentées de façon entièrement adéquate.
- D'autre part, leur capacité à prédire les réponses de l'animal aux variations des régimes reste encore très limitée.

Ces systèmes ne permettent pas encore de répondre aujourd'hui à toutes les nouvelles préoccupations de la filière: qualité des produits, maîtrise des déchets pour le respect de l'environnement, bien-être animal.

Selon OFFNER [23], les systèmes d'unités d'alimentation sont basés sur une approche de modélisation empirique et statique; le développement des modèles mécanistes, à compartiments, semble être une alternative possible pour progresser et relever les défis actuels.

La modélisation des phénomènes biologiques, dans le domaine de l'agriculture en général et de l'élevage en particulier, a connu un essor considérable ces dernières décennies, de pair avec l'avènement et les progrès des outils informatiques.

Selon PAVE [24], la modélisation mathématique consiste à proposer une représentation dans le système formel des mathématiques d'un objet ou d'un phénomène (en l'occurrence biologique) du monde réel. Les objectifs assignés aux modèles sont multiples. En lien avec des expérimentations, ces modèles peuvent servir à produire de la connaissance, voire à identifier des lacunes dans la prise en compte et la formalisation des processus. Ils peuvent aussi constituer des outils de synthèse ou de prédiction des phénomènes biologiques.

D'après FRANCE et THORNLEY [25], une typologie des modèles peut être établie en fonction des trois caractéristiques suivantes :

- empirique ou, à l'inverse, mécaniste : un modèle empirique reste descriptif et à un niveau organisationnel donné, tandis qu'un modèle mécaniste vise à comprendre le comportement d'un système à un niveau donné en s'appuyant sur des processus à des niveaux sous-jacents. Un modèle mécaniste pour un niveau peut cependant être empirique par rapport à des processus intervenant à des échelles plus fines ;
- statique ou dynamique : un modèle statique ne contient pas le temps comme variable. Le comportement au cours du temps du système n'est pas pris en compte. En revanche, un modèle dynamique contient explicitement le temps en variable, souvent sous la forme d'équations différentielles par rapport au temps ;
- déterministe ou stochastique : un modèle déterministe réalise des prédictions définies des quantités (telles que le poids vif d'animaux), sans distribution de probabilité associée. Un modèle stochastique contient des éléments aléatoires ou des distributions de probabilité, notamment pour la valeur des paramètres, qui lui permettent de prédire la valeur attendue d'une quantité, mais aussi sa variance.

Dans le futur, les modèles mécanistes seront vraisemblablement plus largement reconnus et remplaceront progressivement les modèles factoriels empiriques qui sont utilisés à l'heure actuelle dans les systèmes d'alimentation [26].

1.4.5. Le système des AADI (acides aminés digestibles dans l'intestin)

Les ruminants, comme toutes les autres espèces, ont besoin d'acides aminés pour synthétiser leurs protéines. Ceci est particulièrement vrai pour les vaches laitières à haut niveau de production. Cependant, l'intérêt de raisonner la nutrition protéique des ruminants en termes d'acides aminés individuels a longtemps été un sujet de controverses [27]. Pour certains nutritionnistes, les protéines des microbes du rumen ont une composition en AA suffisamment proche de celle des protéines du lait pour satisfaire les besoins en AA des ruminants. Certains travaux, notamment RULQUIN et al. [28], SCHWAB et ORDWAY [29], LAPIERRE et al. [30] et EVANS [31] ont démontré que la composition en AA des contenus intestinaux des ruminants varie en fonction de la part et de la composition en AA des protéines peu dégradables de la ration. Il apparaît nécessaire donc que les besoins et apports en acides aminés soient pris en considération dans le calcul des rations notamment des vaches laitières.

RULQUIN et al. [32] ont mis au point le système AADI (Acides Aminés Digestibles dans l'Intestin) permettant d'évaluer pour chaque acide aminé les apports de la ration et les recommandations d'apport aux animaux. Ce système complète le système PDI car il estime la composition en acides aminés des PDI en fonction de la ration ingérée. Selon DROGOUL et al. [3], l'INRA français a intégré ce système dans « ses tables » en 2004.

Le système AADI a été basé sur le concept de la protéine idéale [33] largement utilisé dans l'alimentation des monogastriques. Selon DROGOUL et al. [3], raisonner sur une composition des protéines et non sur un apport d'acides aminés en grammes par jour, a permis de bâtir un système complémentaire du système PDI et qui peut évoluer à son rythme, acide aminé par acide aminé. A ce jour, les acides aminés essentiels considérés sont au nombre de neuf (Lys, Thr, Met, Ile, Val, Leu, Phe, His et Arg).

Selon RULQUIN et al. [32], le système AADI constitue une avancée pour optimiser la composition des PDI pour améliorer le taux protéique du lait. C'est un premier pas vers la notion de protéine idéale. Ce système est évolutif, il devra à l'avenir mieux prendre en compte les différences de composition en AA des fourrages et les différences de digestibilité entre acides aminés. Ceci pourrait contribuer à augmenter l'efficacité de

l'utilisation de la protéine notamment dans l'alimentation de la vache laitière chez qui, en moyenne, pendant une lactation, seulement 25 à 35 % des protéines ingérées seront transférées dans le lait tandis que le reste sera excrété en urine (35-45%) ou dans les fèces (30-40%) [30].

1.5.Rationnement des ruminants

1.5.1.Principe

Le rationnement consiste à établir des liaisons quantitatives entre les besoins de l'animal calculés à partir des recommandations et les valeurs nutritives des aliments données dans les tables. Il a donc pour objectif de déterminer, pour un troupeau ou groupe d'animaux plus homogènes, les quantités ingérées de fourrages (offert généralement à volonté) et les apports d'aliments concentrés à réaliser en vue de couvrir, à un degré plus ou moins satisfaisant, les besoins des ruminants [34]. La qualité d'un rationnement va donc très largement dépendre de la précision avec laquelle seront estimées les quantités de fourrages ingérées.

Selon SAUVANT [4], la connaissance des valeurs alimentaires des aliments, des besoins, ou des recommandations, correspondants des animaux permettent :

- de concevoir une ration à partir d'un type d'animal dont on connaît le poids et le potentiel de production
- de prévoir le niveau de performance (réponse) le plus probable que peut permettre un aliment ou une ration donnés

Ces approches se réalisent à l'aide de règles de calcul d'autant plus simples que l'on dispose d'un nombre réduit d'aliments et de composantes nutritives. Dans le cas contraire, la multiplication des moyens de calcul rapide (logiciels informatique) permet de résoudre rapidement ce type de problèmes.

L'alimentation du bétail doit être économique et raisonnée en fonction des performances attendue. Par conséquent, la démarche du calcul de ration ne peut être appliquée indépendamment du contexte économique. En effet, dans l'infinité des solutions techniques, c'est-à-dire des rations possibles, il convient de choisir celle qui permet de minimiser le coût, à niveau égal de performances et de qualité de produit, ou bien de

maximiser la marge de transformation des aliments en produits animaux. La formulation, par l'intermédiaire de la programmation linéaire ou modèle linéaire de la loi de réponse, permet d'atteindre ces objectifs. Il est à signaler que la programmation linéaire ne peut être appliquée que grâce au fait que les unités d'alimentation sont additives (cf. I.1.).

L'application des recommandations alimentaires implique la constitution de lots d'animaux aussi homogènes que possible d'un point de vue des besoins nutritionnels. Les critères de mise en lot sont généralement:

- le rang de lactation (1,2,3 et plus)
- la date de vêlage
- la production et la composition du lait des deux dernières semaines
- le poids vif et l'état d'engraissement
- les antécédents alimentaires

Une ration équilibrée est un régime prévu pour une période de 24 heures qui procure à l'animal les quantités et proportions d'éléments nutritifs qu'il lui faut pour un niveau de production particulier. Selon JARRIGE [2] et DROGOUL et al. [3], la couverture des dépenses notamment des femelles traites ne doit pas être conçue uniquement au jour le jour, mais aussi à l'échelle du cycle annuel d'exploitation et du cycle de reproduction. Ceci est d'autant plus vrai que durant certaines périodes de son cycle de production (cas des vaches laitières durant le début de lactation), l'animal se trouve dans l'obligation de faire appel à ses réserves corporelles pour couvrir ses besoins nutritifs; réserves qu'il aura donc constituées dans les périodes d'ingestion excédentaires par rapport à ses dépenses.

Selon HODEN et al [35], JOURNET [36], MEYER et DENIS [7], DROGOUL et al., [3], ..., la démarche de rationnement suit plusieurs étapes:

- Le rationnement se fait en général à partir d'une ration de base, constituée de fourrage ou d'un aliment de lest souvent distribué à volonté, qui couvre les besoins d'entretien et, chez la vache laitière, un minimum de production de lait. Cette production varie d'une vingtaine de kg de lait avec un excellent fourrage (herbe feuillue apportant environ 0.9 UFL et 100 g de PDI par kilo de matière sèche) à 5 kg avec une ration de faible valeur alimentaire.

- La ration de base doit être complétée par un concentré simple ou composé pour équilibrer l'ensemble de la ration par rapport aux besoins de l'animal. Avec deux aliments, le calcul de la ration est simple. Au-delà de deux aliments, il faut fixer une quantité de l'un d'eux ou de plusieurs d'entre eux avant de calculer la composition du complément.
- Il existe aujourd'hui des logiciels qui permettent de calculer les rations. Cependant, même avec ce type d'outil, il est indispensable de connaître les bases du rationnement et de savoir raisonner les différents apports des aliments notamment en énergie et en azote. Selon JOURNET [36], le rationnement ne se résout pas à une simple mécanique de calcul consistant à sommer les apports alimentaires et à les confronter aux besoins.
- Il est admis, depuis fort longtemps, que l'analyse chimique seule n'est pas indicatrice de la qualité de la ration. « Il est inexact de mesurer la valeur d'une ration en fonction de sa seule analyse chimique en élément nutritifs, minéraux et vitaminiques, car sa valeur biologique est encore indéterminée » ont écrit PERUCHON DE BROCHARD et al. [37] en ...1957!

1.5.2. La ration totale mélangée (RTM)

La ration totale mélangée (RTM), ration mélangée unique (RMU), ration complète ou Total-Mix-Ration (TMR) est une technique ou mode d'alimentation qui consiste à mélanger les concentrés et les fourrages dans des proportions spécifiques de façon à obtenir une ration complète équilibrée pour les vaches d'un même niveau de production dans un troupeau [38]. Cette méthode représente une rupture nette par rapport à la méthode classique qui consiste à distribuer les concentrés individuellement.

La RTM n'est pas un concept nouveau dans l'alimentation des troupeaux laitiers. Elle est servie depuis de nombreuses années, mais il semble qu'on lui accorde ces dernières années plus d'intérêt que jamais auparavant notamment en Amérique du nord et à un degré moindre en Europe.

En plus de diminuer le temps de travail et faciliter la tâche en matière d'affouragement [39], on attribue des effets positifs à ce procédé en ce qui concerne la production laitière, la consommation de fourrage et la santé des vaches [40].

Les arguments des adeptes de la RMU sont notamment [34], [40]; [3], [41]:

- La production laitière et les substances contenues dans le lait (protéines) sont censées augmenter considérablement.
- C'est le système d'alimentation qui permet le mieux de servir une ration équilibrée à la vache, et elle minimise l'écart entre la ration établie « sur papier » et celle qui est effectivement consommée. Dans la plupart des autres systèmes d'alimentation, le volume inconnu de fourrage consommé par une vache complique la tâche d'équilibrer la ration réelle. La RTM uniforme fait en sorte que chaque bouchée prise par la vache renferme la même chose.
- La RTM favorise une plus grande uniformité du pH du rumen qu'un système à base d'aliments concentrés. Cette caractéristique contribue à maintenir le niveau de matières grasses du lait et tend à améliorer l'indice de consommation et la prise alimentaire.
- Il est possible de renoncer aux doseurs automatiques de concentrés.
- La ration homogène contenant fourrage de base et concentrés offre des avantages sur le plan physiologique et nutritif et elle est notamment censée empêcher une acidification de la panse.
- Comme les animaux ne peuvent pas trier les composants de leur ration, la RMU permet d'utiliser plus facilement les sous-produits, les restes alimentaires et les éléments moins appétissants.

Cependant, la RMT présente aussi des inconvénients qui sont [42]; [40]; [3]; [41] :

- Dans les fermes où le fourrage est de mauvaise qualité et où l'on constate régulièrement le refus d'importantes quantités des aliments servis, il faut prendre note qu'avec un système de RTM, ces aliments restants renferment des composants très coûteux en plus du fourrage.
- La plupart des documents sur la nutrition des vaches laitières concernent la vache individuelle. On examine la taille de la vache, sa condition corporelle, la teneur du lait en matières grasses et en protéines, la capacité de la vache individuelle de manger des concentrés et, bien sûr, la production laitière. Le système de RTM ne tient pas compte de ces facteurs pour chaque vache, et certains condamnent la

RTM sur cette base. Le système de RTM vise essentiellement les groupes de vaches plutôt que les vaches individuelles.

- Avec l'alimentation en groupe, il n'est pas toujours possible de faire l'ajustement individuel du régime d'une vache pour combattre une la maladie, pour rétablir une piètre condition corporelle, ...etc.
- Comme la RTM est servie à un grand nombre de vaches, une erreur de calcul, de pesage ou de mélange peut avoir un effet plus marqué sur la production laitière que n'est le cas dans d'autres systèmes d'alimentation, où les erreurs touchent généralement les vaches individuelles.
- La couverture des besoins en nutriments selon le sujet n'est pas aussi efficace dans un système de RTM. Compte tenu du type de groupage utilisé, des ingrédients coûteux peuvent être servis à des vaches qui n'en n'ont pas besoin.

Pour éviter une suralimentation des vaches qui présentent des rendements plus faibles et des animaux en fin de lactation, différentes stratégies sont appliquées [38]:

- répartir les vaches en groupes de rendements,
- synchroniser la date de vêlage,
- viser des performances homogènes pour tout le troupeau,

La RMU est prévue pour un certain potentiel de production laitière. Suivant la stratégie appliquée, on forme plusieurs groupes alimentés avec des rations différentes (teneur en énergie, teneur en protéines, ...).

Selon NYDEGGER et al. [40], les points à clarifier et à définir dans la stratégie RMU sont:

- niveau de production RMU (kg de lait/lactation),
- nombre de groupes RMU,
- critères de répartition pour former les groupes RMU

1.5.3. Les aliments MASH.

Les modes de rationnement des vaches laitières se modifient avec le temps, en fonction du niveau de production laitière, des installations matérielles, des fourrages produits sur l'exploitation, de la main d'œuvre disponible et des connaissances zootechniques en général.

Les aliments utilisés sont de moins en moins diversifiés. Les modes d'apports se sont par contre diversifiés d'une exploitation à une autre: distribution en libre service des fourrages avec distribution individualisée de concentré, ou bien ration complète ou semi-complète plus ou moins mélangée mécaniquement.

Les propositions commerciales en matière d'alimentation des ruminants se sont diversifiées ces dernières années, notamment dans le sud de l'Europe, avec des aliments « MASH »: mélanges complexes d'aliments concentrés plus ou moins riches en protéines et de fibres, livrés prêts à l'emploi. Ces aliments se substituent en proportion plus ou moins importante aux fourrages grossiers.

Selon LEGARTO et al [43], ces concepts d'alimentation d'inspiration nord américaine, à l'origine adaptés à des conduites d'élevage bovin en « hors sol » pourrait satisfaire les exigences d'élevage de vaches laitières à des moments ponctuels de l'année (période de pénurie fourragère comme cela a été le cas à l'été 2003 en France et où les aliments MASH ont été d'un grand secours, manque de place...). De plus, ils rendrait possible la déconnexion de la partie élevage de celle de la production fourragère. Comme il pourrait aussi satisfaire les besoins de diminution du temps de travail exprimés par de plus en plus d'éleveurs.

CHAPITRE 2

ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIÈRE

2.1.Introduction.

La production de lait d'une vache laitière dépend de quatre principaux facteurs : a) le potentiel génétique, b) le programme d'alimentation, c) la conduite du troupeau, et d) la santé. Alors que le potentiel génétique des vaches s'améliore constamment, il est indispensable de perfectionner l'alimentation et la conduite du troupeau pour permettre à chacune de produire à la mesure de ses aptitudes héréditaires. Un bon programme d'alimentation pour vaches laitières doit indiquer les aliments qui sont appropriés, les quantités nécessaires, ainsi que la manière et le moment de les servir [44].

La ration alimentaire d'un animal domestique est satisfaisante si elle procure en quantité suffisante des éléments dont la transformation fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'organisme animal, si elle apporte une quantité d'eau suffisante au métabolisme et à la régulation thermique, si elle contient des matières protéiques en quantité suffisante et de qualité adéquate pour assurer le croissance et l'entretien de l'animal, si elle contient en quantité suffisante et dans de bonnes proportions des matières minérales et des vitamines, si elle a un encombrement en rapport avec une valeur nutritive suffisante.

Une stratégie d'alimentation des vaches doit avoir pour objectif d'optimiser l'efficacité de la répartition des nutriments absorbés. Ce qui n'est pas aisé vu que la prévision de cette répartition des nutriments est un problème de longue date de l'alimentation animale qui n'a toujours pas été résolue [45]. Étant donné que le degré de priorité n'est pas le même pour tous les nutriments nécessaires aux différentes fonctions, les stratégies en matière d'alimentation de complément devront varier selon le climat, l'environnement, la méthode d'élevage et les objectifs de production en un lieu donné [46].

2.2. Période de tarissement

Les vaches laitières sont tarées généralement environ 60 jours avant la date prévue de vêlage [35]; [47]; [48]; [49]. La durée optimale de cette période de tarissement a depuis longtemps été un sujet d'intérêt et de débat. Selon GRUMMER et RASTANI [50], celui-ci a commencé en 1805 et continue toujours.

Le tarissement est obligatoire pour une relance hormonale et régénération des tissus mammaires et non pas pour une remise en état qui doit intervenir antérieurement, en seconde partie de la lactation [47]; [48], [51]. Le reconditionnement de la vache en cette seconde partie de la lactation est plus avantageux qu'en période de tarissement en raison de la meilleure efficacité de transformation énergétique (75 vs. 58% respectivement) [35], [52].

La période de transition est souvent définie comme celle débutant trois semaines pré-partum et se terminant trois semaines post-partum [53], [54]. La transition de la gestation à la lactation est un énorme défi au métabolisme des vaches laitières. BELL [55] a calculé que pour une production de lait de 30 kg/j, les besoins de la mamelle en glucose, acides aminés et acides gras au quatrième jour post-partum sont respectivement 2.7, 2.0 et 4.5 fois ceux de l'utérus gravide durant la fin de gestation. L'augmentation brusque de la demande nutritive au début de la lactation ne peut pas être couverte par la ration ingérée, ce qui oblige la vache à la mobilisation de ses réserves corporelles. Par conséquent, le tarissement représente une période délicate en terme d'alimentation de la vache laitière [56], [50], [52], [57]; [51]; c'est la période durant laquelle a lieu la préparation de la vache à la lactation suivante.

La reconstitution des réserves doit donc commencer dès le milieu de la lactation. Les vaches amaigries par leur lactation ($BCS < 3$) doivent impérativement reprendre de l'état sans quoi la lactation suivante pourra être pénalisée [137] [52]. Les vaches grasses au tarissement ($BCS > 4$) n'ont plus besoin de grossir. Elles peuvent éventuellement être rationnées en respectant la couverture de leurs besoins d'entretien et de gestation.

La ration des vaches tarées doit couvrir au minimum les besoins d'entretien et de gestation, soit l'équivalent de l'entretien plus 7 kg de lait [52]; [58]. Mais selon l'état de la vache au tarissement et de ses besoins de reprise d'état corporel, il est possible d'aller jusqu'à des apports équivalant les besoins d'entretien plus 12 kg de lait [52]. Cela

correspond à un apport de 8 à 10,5 UFL et de 700 à 900 g de PDI, le rapport PDI/UFL devant toujours être proche de 80 g de PDI par UFL [104] [35]. Selon DRACKLEY et DANN [59], des rations à faible apport d'énergie en début de la période de tarissement semblent diminuer les problèmes sanitaires des vaches laitières.

L'alimentation minérale des vaches tarées est très importante, c'est pendant cette période que la croissance du fœtus est maximale et la vache doit continuer à reconstituer ses réserves minérales [60]. Selon le même auteur, le minéral employé tiendra compte de la nature du régime pour le calcium et le phosphore et contiendra 4 à 5 % de magnésium. Cet élément joue en effet un rôle important dans le déroulement du vêlage, de la délivrance et de la mobilisation des graisses de réserves. Du sel sera laissé à la libre disposition des animaux. Pour préparer les vaches à consommer et à bien digérer les fourrages et les concentrés de lactation, il est recommandé de distribuer progressivement ces aliments au moins 3 semaines avant le vêlage pour que la flore ruminale puisse s'y adapter et que la transition puisse avoir lieu sans perturbation digestive [56].

La ration de base en période de tarissement peut être la même que celle de la lactation. La différence peut résider dans la quantité à distribuer qui augmentera après le vêlage. Si la ration de base est différente, on veillera à supplanter progressivement les fourrages de tarissement par ceux de la lactation, au moins 3 semaines avant le vêlage [58].

La quantité de concentré à distribuer avant le vêlage sera fonction de celle offerte au pic de lactation. Globalement, la vache recevra, quotidiennement, lors de la semaine pré-vêlage, presque la moitié de la quantité prévue en pic de lactation. Cette quantité distribuée avant le vêlage sera atteinte par augmentation progressive à un pas d'un kg par semaine [58].

L'incorporation de la paille dans la ration des vaches tarées semble augmenter les capacités physiques du rumen qui s'adapte ainsi à des quantités ingérées plus importantes après le vêlage [56]; [3].

Si des vaches sont isolées pour le vêlage, il ne faut pas oublier de les alimenter en fourrage, en concentré et surtout en eau. Tout changement alimentaire réduirait à néant tous les efforts faits précédemment (transitions, préparation à la lactation) et serait néfaste au développement de l'appétit en début de lactation.

2.3. Période de lactation

Alimenter rationnellement les vaches laitières consiste à réaliser la meilleure adéquation possible entre les apports nutritifs et les besoins des animaux (entretien et production). Les fourrages sont souvent distribués à volonté et le rationnement consiste à calculer la quantité nécessaire d'aliments concentrés; il faut ainsi tenir compte des besoins des animaux et de leur capacité d'ingestion mais aussi, des interactions entre les concentrés et les fourrages qui modifient l'ingestion volontaire de fourrage [35]; [3]. Le niveau de la complémentation optimum des fourrages dépend des quantités de fourrages ingérées et des apports nutritifs qui en résultent, et de la réponse de la production de lait [61].

En pratique, la ration doit comprendre, d'une part, une ration de base composée en priorité d'aliments grossiers et qui devra suffire aux besoins d'entretien et, si possible, à une partie au moins des besoins de production, et, d'autre part, d'une ration de production destinée à répondre aux besoins d'une production supérieure à celle autorisée par la ration de base. Cette ration est composée d'aliments riches et généralement peu volumineux. (Figure 2.1).

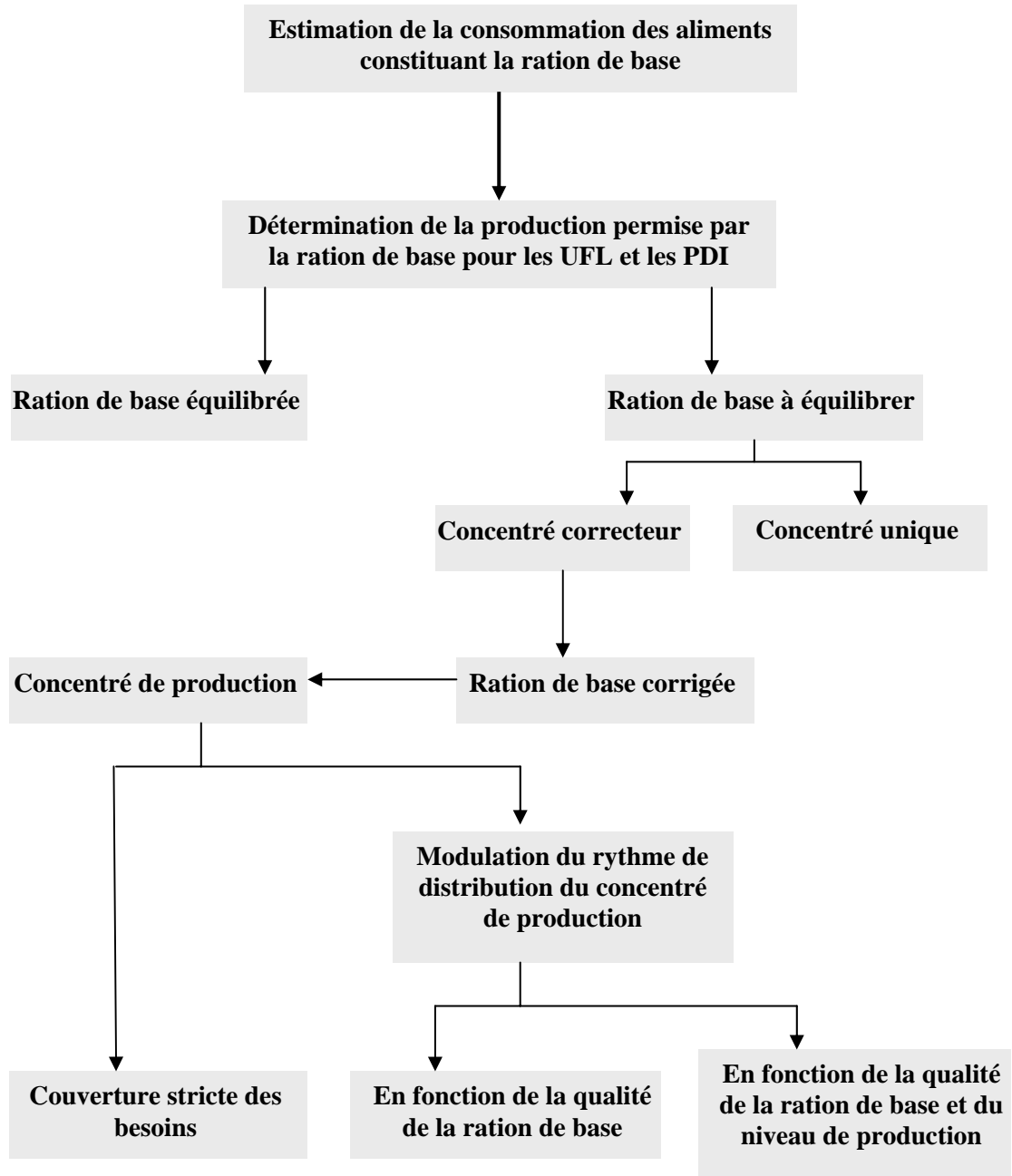


Figure 2.1: Différentes étapes du calcul des rations de vaches en pleine lactation [3]

La prévision de l'ingestion reste la clé de voûte du rationnement car la quantité de fourrages consommée est très difficile à mesurer [62].

Une prévision précise des quantités ingérées est indispensable pour une supplémentation optimale de la ration de base. De plus, ces dernières années, une attention particulière est donnée à la protection de l'environnement, ce qui a conduit à être plus regardant sur les quantités d'azote et de phosphore notamment, qui sont « injectés » par les animaux dans la nature à travers leurs déjections. Par conséquent, un système précis pour la prédiction des quantités volontairement ingérées est très important [63].

Cette prévision se fait soit à partir des tables, notamment celles de HODEN et al [35]; soit à partir d'équations de prédiction notamment celles décrites par KERTZ et al., [64]; FAVERDIN [65]; FAVERDIN et al. [63]; FUENTES-PILA, [66]; ROSELER et al., [67]; MOORE et KUNKLE, [68]; KARSLI et RUSSELL, [69]; FUENTES-PILA, [70]; HALACHMI, [71]; COLEMAN, [72]; MAZUMDER et KUMAGAI, [73]; ROBINSON, [74];...etc.

La période la plus critique pour une vache laitière se situe entre le vêlage et le pic de lactation. En effet, avec le démarrage de la lactation, les besoins de la vache montent en flèche, suite à l'augmentation de la production laitière qui atteint son maximum à la 3^{ème} ou 4^{ème} semaine (fin du 1^{er} mois) chez les faibles productrices, et à la 4^{ème} et 5^{ème} semaines chez les fortes productrices (figure 2.2). Ces besoins représentent 3 à 6 fois ceux de l'entretien ou de la fin de gestation (Figure 2.3). Selon WOLTER [47], 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.

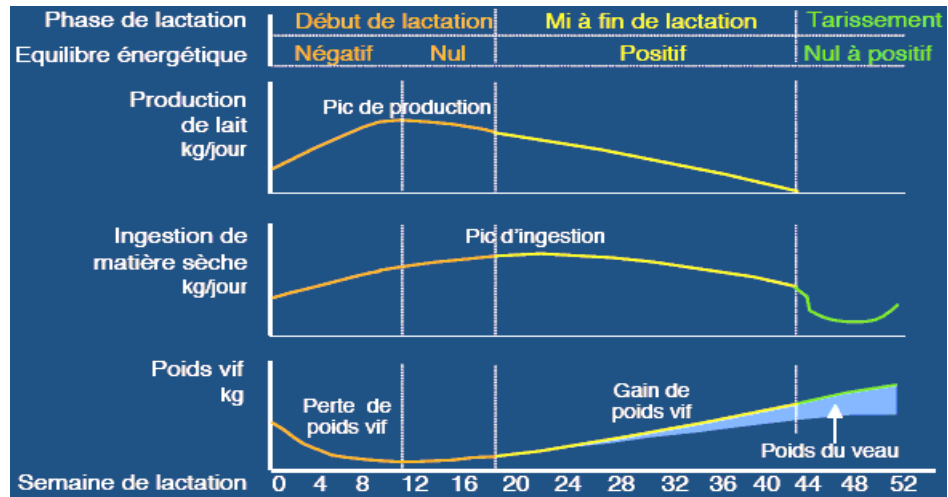


Figure 2.2: Evolution de l'équilibre énergétique, de la production laitière, de l'ingestion et du poids vif durant les phases du cycle de lactation de la vache laitière [75].

Pour couvrir ces besoins, la vache en production doit consommer des quantités d'aliments 3 à 4 fois supérieures à celles consommées par la vache tarie [35]. Cependant, en fin de gestation et au vêlage, l'appétit de la vache est faible et n'augmente pas aussi rapidement que ses besoins: il n'atteindra son maximum que vers le 3^{ème} ou 4^{ème} mois, époque à laquelle la lactation diminue de façon sensible [47]. Un bilan énergétique négatif est alors observé en début de lactation (figure 2.4).

Cette sous-alimentation inévitable des vaches en début de lactation nécessite qu'elles soient en bon état corporel au vêlage et qu'elles soient capables de mobiliser ces réserves [76]. Cette capacité de mobilisation augmente avec le potentiel des animaux. Outre sa richesse en énergie, la ration doit contenir suffisamment de fibres (minimum de 17% de fibres ou 19% d'ADF ou lignocellulose pour un bon fonctionnement du rumen et un lait présentant une teneur normale en matières grasses) [77].

Une ration constituée de 40-45% de fourrage de bonne qualité et 55-60% de concentré peut fournir la quantité d'énergie nécessaire à la vache en début de lactation [35]. Un niveau d'incorporation du concentré dans la ration supérieur à 60%, surtout si la quantité de fourrage ingérée est inférieure à 1 ou 1.5% du poids vif de la vache (Tableau 2.1), risque de diminuer l'appétit de l'animal et de provoquer une chute du taux butyreux du lait [61]. L'utilisation de l'énergie par les vaches laitières dépend du profil fermentaire généré par l'aliment. En général, les rations qui engendrent un faible ratio

acétate/propionate (tels que les concentrés) engendrent une formation de gras corporel au détriment des matières grasses du lait [78].

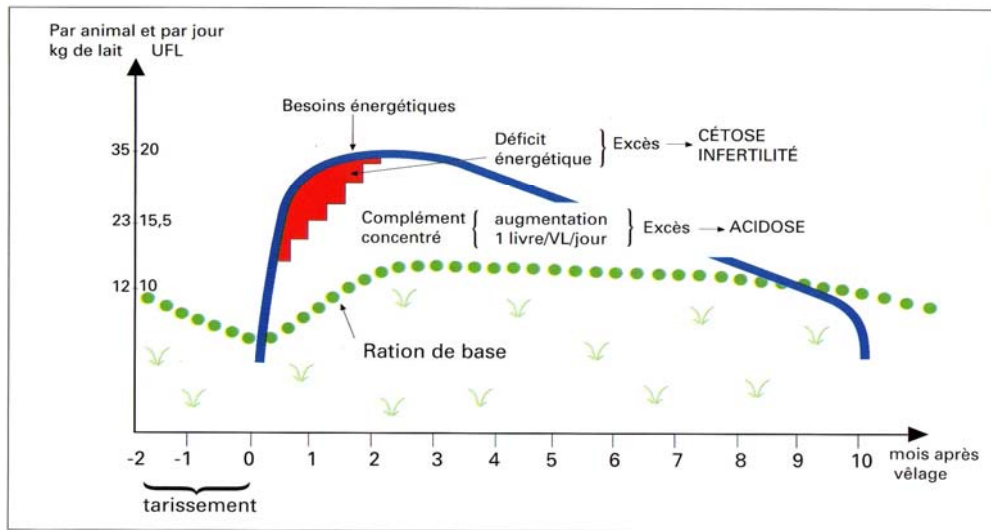


Figure 2.3: Evolution du niveau alimentaire en début de lactation [47].

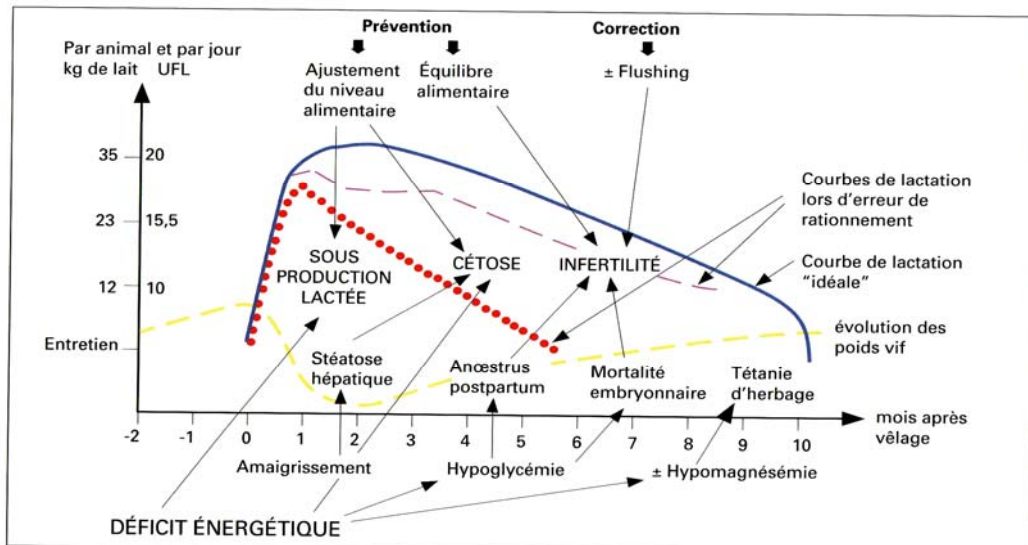


Figure 2.4: Sous-alimentation en début de lactation [47].

Tableau 2.1: Quantité de concentrés à offrir aux vaches en fonction du niveau de production et de la qualité du fourrage dans la ration. [75].

Production de lait lorsque la qualité du fourrage est:			Vache de 600 kg			Vache de 500 kg			
			Matière grasse du lait (%)			Matière grasse du lait (%)			
Pauvre ²	Moyenne ³	Excellente ⁴	3.0	3.5	4.0	4.0	4.5	5.0	5.5
--	4	13	--	--	--	--	--	--	--
--	6	15	--	--	--	0.5	0.7	0.8	1.0
--	8	17	0.2	0.5	0.7	1.3	1.6	1.8	2.0
2	10	19	1.0	1.2	1.5	2.2	2.5	2.7	3.0
4	12	21	1.7	2.0	2.4	3.0	3.4	3.7	4.0
6	14	23	2.4	2.8	3.2	3.9	4.3	4.6	5.0
8	16	25	3.2	3.6	4.0	4.7	5.1	5.6	6.0
10	18	27	3.9	4.4	4.9	5.6	6.0	6.5	7.0
12	20	29	4.6	5.2	5.7	6.4	6.9	7.5	8.0
14	22	31	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0
16	24	33	6.1	6.8	7.4	8.1	8.7	9.4	10.1
18	26	35	6.8	7.5	8.3	8.9	9.6	10.3	11.1
20	28	37	7.6	8.3	9.1	9.8	10.5	11.3	12.1 ⁵
22	30	39	8.3	9.1	9.9	10.6	11.4	12.2	13.1
24	32	41	9.0	9.9	10.8	11.4	12.3	13.2	14.1
26	34	43	9.8	10.7	11.6	12.3	13.2	14.1	15.1
28	36	45	10.5	11.5	12.5	13.1	14.1	15.1	16.1
30	38	47	11.2	12.3	13.3	14.0	15.0	16.0	17.1
32	40	49	11.9	13.0	14.1	14.8	15.9	17.0	--

1 On a supposé que la concentration énergétique du concentré est de 1,75 Mcal EN/kg MS. Si cette concentration est moindre, la quantité de concentrés à offrir doit être augmentée de 15%. Si, par contre, elle est supérieure à 1.75 Mcal EN/kg MS, la quantité de concentrés à offrir peut être réduite par 8%.

2 Pauvre : Vaches mangeant 1,5 % de leur poids vif (c'est-à-dire 9 kg de MS pour une vache de 600 kg) d'un fourrage de pauvre qualité (par exemple, paille, tiges de maïs) contenant 0,9 Mcal EN /kg MS.

3 Moyenne : Vaches mangeant 2,0 % de leur poids vif (c'est-à-dire 12 kg de MS pour une vache de 600 kg) d'un fourrage de qualité moyenne (par exemple, graminées en début d'épiaison) contenant 1,2 Mcal NE l /kg MS.

4 Excellente: Vaches mangeant 2,5 % de leur poids vif (c'est-à-dire 15 kg de MS pour une vache de 600 kg) d'un fourrage de bonne qualité (par exemple, légumineuses en début de floraison) contenant 1,45 Mcal NE l /kg MS.

5 Les quantités de concentrés dans la zone grise nécessitent de prendre garde aux problèmes associés aux grandes quantités de concentrés offertes (indigestion, acidoses du rumen, faible pourcentage de matière grasse dans le lait, etc.).

L'alimentation azotée est un élément-clé du rationnement des vaches laitières car elle module à la fois les performances et l'impact environnemental de l'élevage. Mais elle affecte également l'appétit des vaches laitières et donc l'ensemble des apports nutritionnels, modifiant ainsi les bases du calcul des rations [62].

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 [79]. Le complément doit être apporté par des matières azotées non dégradées dans le rumen (PDIA) [47]. D'où l'intérêt de choisir des aliments concentrés riches en PDIA pour des vaches laitières en début de lactation. Un excès d'azote fermentescible, non valorisé par les micro-organismes en protéines microbiennes, à cause de l'insuffisance de l'énergie ingérée, risque de se perdre voire de provoquer une toxicité ou des problèmes de reproduction chez les vaches laitières [80]. Cet excès peut être révélé notamment par la mesure de l'urée du lait ou du sang. Quand le taux d'urée au niveau du lait dépasse 19 mg/dl, il est constaté une chute des performances de reproduction [80].

Si la ration alimentaire de la vache laitière doit renfermer suffisamment de protéines non dégradables dans le rumen (PDIA) (figure 2.5), le rôle des protéines dégradables n'est pas moins important [58]. Les deux types de protéines nécessitent d'être inclus dans la ration. Un excès d'un type de protéines peut affecter la production laitière et l'efficacité alimentaire de la vache. Ainsi, un excès de protéines dégradables dans le rumen provoquera une accumulation de NH_3 dans le rumen, qui sera absorbé et transformé dans le foie en urée, excrétée via les reins [47].

Les vaches laitières présentent une capacité d'adaptation à la sous alimentation notamment en début de lactation [81]. Les ruminants parviennent à satisfaire leurs besoins en glucose par un processus de néoglucogenèse hépatique intense (Figure 2.6 et 2.7) à partir de substrats tels que les acides gras volatils, en particulier le propionate, les acides aminés notamment les glucoformateurs.

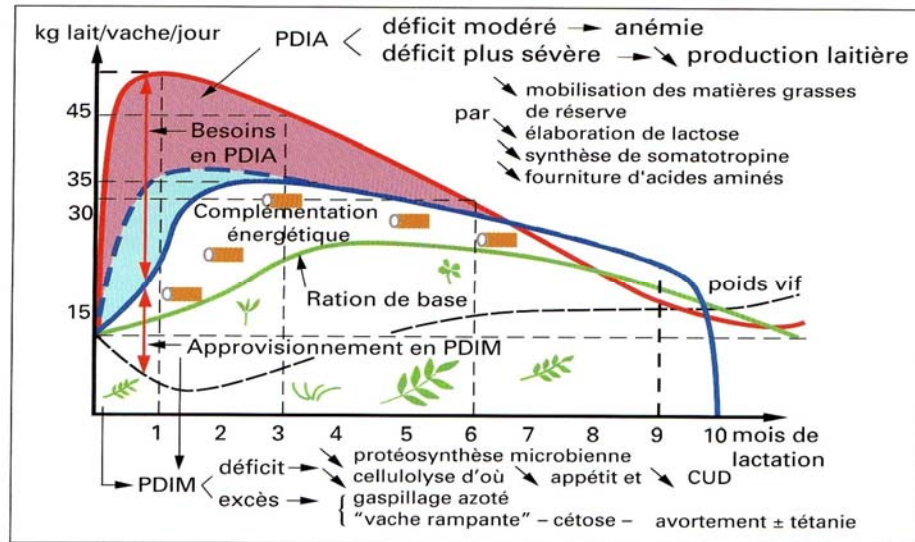


Figure 2.5.: Besoins en PDIM et PDIA au cours de la lactation [47]

Les réponses de la fonction de production à une variation de la contrainte alimentaire reposent sur un ensemble de processus adaptatifs qui s'appuient non seulement sur des régulations physiologiques complexes, mais également sur l'expression de comportements adaptatifs. En élevage, la période de reproduction constitue une étape déterminante pour laquelle il est impératif de prévenir les situations de blocage, même temporaires, susceptibles d'affecter la productivité du troupeau [79].

Dans les pratiques d'alimentation en période hivernale notamment, deux situations de sous-alimentation peuvent être distinguées [82]: les aliments ne sont pas disponibles en quantité suffisante (alimentation restreinte) pour satisfaire les besoins (situation de sous-alimentation absolue) et le cas où les aliments sont en quantité et en qualité suffisantes (alimentation à volonté), mais leur ingestion ne permet pas de satisfaire les besoins (sous-alimentation relative).

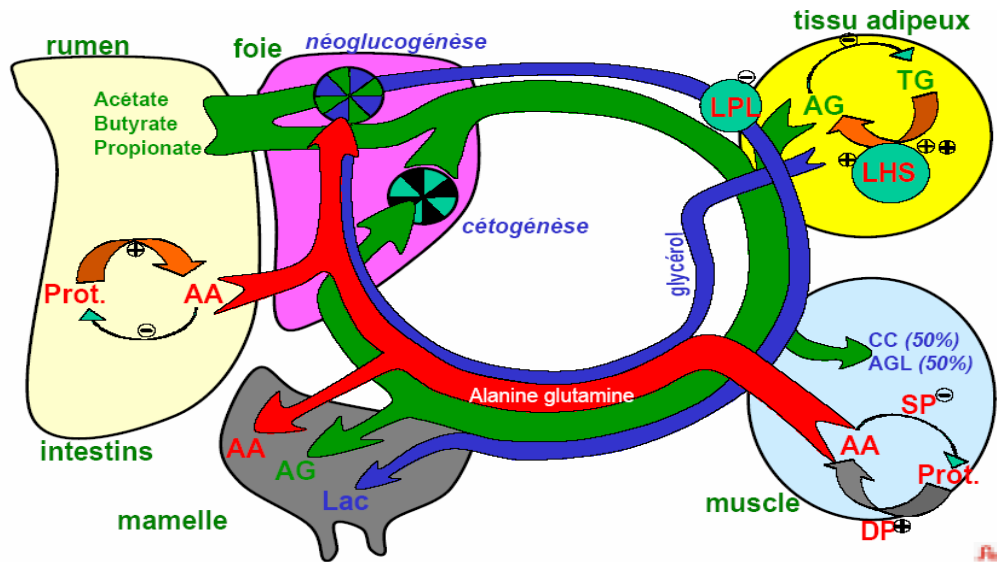


Figure 2.6: Représentation schématique des flux de nutriments chez la vache en sous alimentation entre les organes (tractus digestif, tissu adipeux, muscle et mamelle) et selon leur nature (glucides en bleu ; lipides, AGV, AG, corps cétoniques en vert, protéines en rouge) [6].

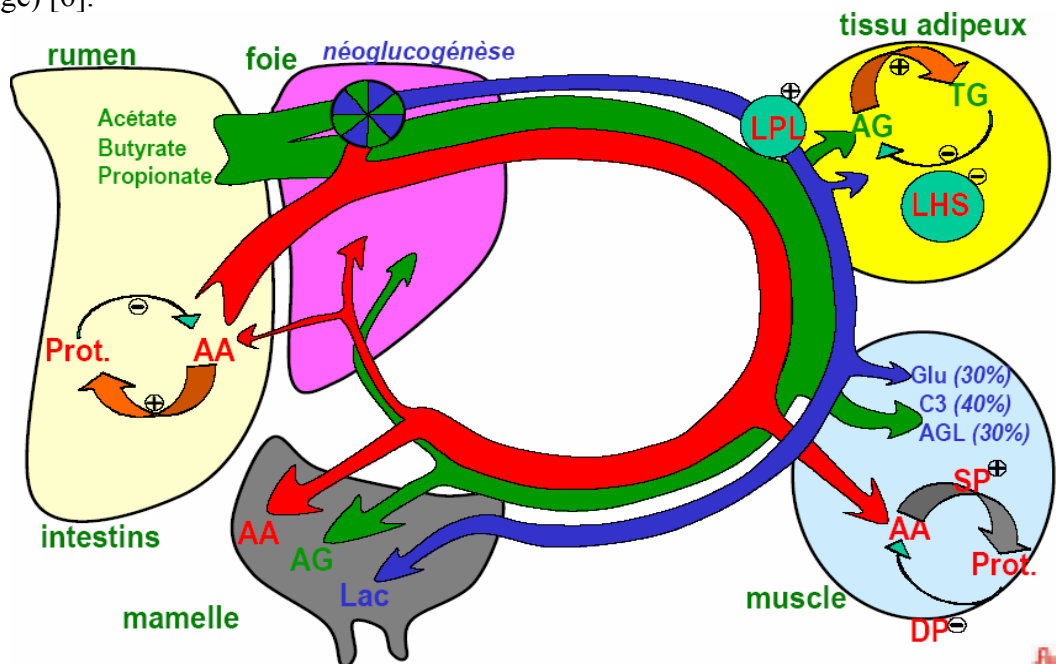


Figure 2.7: Représentation schématique des flux de nutriments chez la vache en excédent alimentaire entre les organes (tractus digestif, tissu adipeux, muscle et mamelle) et selon leur nature (glucides en bleu ; lipides, AGV, AG, corps cétoniques en vert, protéines en rouge). [6]

Abréviations: AGV acides gras volatils; AG acides gras, TG : triglycérides; LHS lipase hormono-sensible; Glu : glucose; C3 : propionate ; AGL acides gras libres plasmatiques; AA :Acides Aminés; Prot. Protéines; SP : synthèse protéique; DP : dégradation protéique; Lac :lactose.

En pratique, pour maximiser l'ingestion de la ration, il est donc important de veiller à ce qu'elle soit bien équilibrée en azote dégradable (PDIN voisin de PDIE) et à ce que la densité protéique soit voisine de 100 à 105g PDIE/UFL pour des vaches en pleine lactation [62] et un peu plus élevée en début de lactation (110 à 115 g/UFL) pour prendre en compte l'énergie corporelle mobilisée [62].

La question de la synchronisation de la disponibilité en azote et en énergie dans le rumen est loin de faire l'unanimité. Dans une excellente revue des données de la littérature, CABRITA et al. [83], notent que celle-ci est contradictoire et ne permet pas de conclure à l'avantage de synchroniser les disponibilités en azote et en énergie dans le rumen, que ce soit pour améliorer l'efficacité de la synthèse microbienne ou la maximisation des performances de production des vaches laitières.

Il est indéniable que l'alimentation n'est pas le seul facteur indispensable à maîtriser pour une production laitière satisfaisante, en quantité et qualité. La santé et le bien-être des vaches, l'hygiène de la traite et l'environnement sont les autres piliers de l'élevage laitier (figure 2.8).

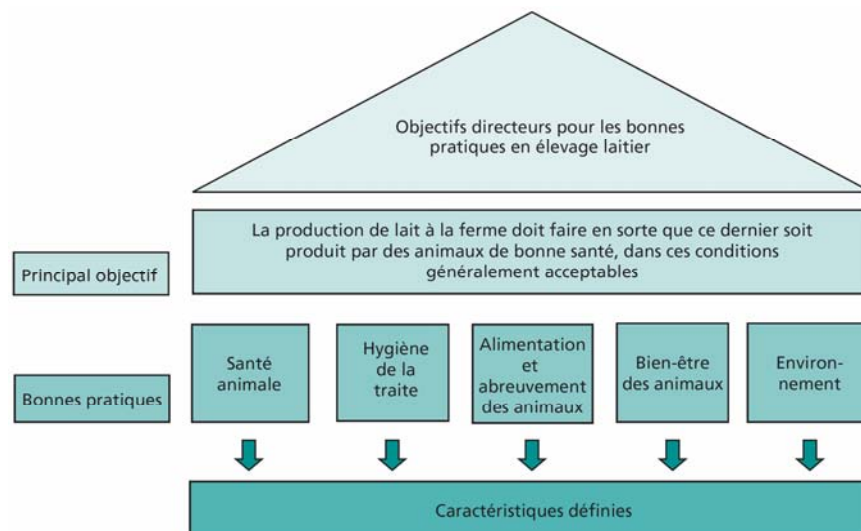


Figure 2.8 : Les principaux volets d'une bonne pratique en élevage laitier [84]

Eau et abreuvement

De tous les nutriments indispensables à la vie, l'eau arrive tout juste derrière l'oxygène. On rapporte qu'environ les deux tiers d'un bovin adulte se composent de ce nutriment. De façon générale, l'eau fait partie de 99,2 % des molécules qui composent les ruminants [85].

L'animal perd son eau corporelle de plusieurs façons; la production lactée demeurant la voie majeure pour les vaches en lactation. La perte d'eau se produit aussi par l'urine, les fèces, la respiration et la transpiration. La première réponse de l'animal à une réduction de sa ration d'eau est la réduction volontaire de sa consommation de fourrage [86]; [87].

Les quantités d'eau consommées varient en fonction de plusieurs facteurs [88]; [85]; [89]; [90], : la production laitière, la nature des aliments, les quantités d'aliment ingérées, la température de l'eau, la température ambiante, l'humidité relative, le débit des abreuvoirs, le mode de présentation de l'eau, la qualité de l'eau, etc.

D'une manière simplifiée, les besoins en eau d'une vache laitière équivalent à quatre fois sa production laitière plus 3 à 4 litres par kg de matière sèche ingérée [90]. Selon ROSS [91], les vaches ingèrent quatre à neuf litres d'eau chaque fois qu'elles boivent et s'abreuvent environ 16 fois par jour. Par conséquent, l'eau doit demeurer disponible à volonté et en quantité suffisante.

CHAPITRE 3

CONTROLE DE L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIERE

3.1.Introduction

L'alimentation est la plus grande dépense de fonctionnement dans les exploitations laitières. L'alimentation et la nutrition devraient être considérés parmi les variables les plus importantes qui sont derrière la production laitière, la santé des animaux et la rentabilité de l'élevage.

Dans l'évaluation de la ration, l'attention est surtout portée sur la production du troupeau, l'enregistrement ayant trait à la santé des animaux et bien sur la valeur nutritive de l'aliment. Selon HALL [92], [135] et BARMORE et BETHARD [93], ces outils sont très précieux mais insuffisants. On ne peut pas évaluer correctement les rations sans tenir compte de facteurs aussi importants que l'accès à l'aliment, la gestion, l'interaction entre les vaches et ce qu'elles mangent ; ceci implique de regarder le comportement des vaches, l'évaluation du fumier, la disponibilité de l'eau, la rumination, l'apparence des vaches, la note corporelle, le confort des vaches, la disponibilité de l'aliment et sa qualité etc....

3.2.Enquête et suivi d'élevages

Les enquêtes en exploitation constituent une approche complémentaire de l'expérimentation ou de la modélisation pour répondre aux questions relatives au fonctionnement et aux performances des élevages. C'est un procédé efficace en tant que phase exploratoire d'études impliquant le suivi d'un groupe d'exploitations [94]; [95]

Les enquêtes sur les pratiques d'alimentation utilisées sur les élevages laitiers sont un outil utile à la fois pour les éleveurs, dans le but d'améliorer la conduite alimentaire, et pour les nutritionnistes pour mieux conseiller les fermiers [96].

Selon CAPILLON [97] et AGABRIEL et al. [94], l'enquête doit à la fois balayer l'ensemble des thèmes relatifs à l'exploitation pour en donner une image globale (variables descriptives ou de contrôle) et creuser le ou les thèmes particuliers répondant à l'objectif de l'étude (variables explicatives). Cependant, les renseignements désirés ne sont pas

toujours facilement mesurables (qualité d'un fourrage en l'absence d'analyse, quantité de concentré distribuée...) ou récoltables (vêlages ou pathologies non notés, hygiène de traite...) Par conséquent, le niveau de fiabilité et le degré de précision des données recueillies peuvent varier fortement. Parfois, l'observation des pratiques est une solution pour disposer d'une information utilisable, par exemple pour décrire l'hygiène de traite. La difficulté est alors de traduire l'information observée en variables [94]; [95].

Pour le traitement des données recueillies, les informations disponibles sont le plus souvent rassemblées en variables, selon des méthodes diverses, adaptées à chaque situation. Trois méthodes sont généralement utilisées [94]:

- Méthode basée sur une variable synthétique : Elle consiste en la synthèse d'un grand nombre d'informations fiables, ordonnées dans le temps conduisant à la construction d'une variable synthétique reflétant la situation des exploitations pour un critère donné. Cette méthode de traitement des données peut supporter d'une part des degrés de précision divers dans les informations recueillies et d'autre part quelques données manquantes, sans que l'appréciation finale en soit modifiée.
- Méthode du « troupeau moyen » : La mise en relation des informations recueillies à des niveaux d'approche différents permet d'imaginer une interface virtuelle appelée « troupeau moyen » permettant de ramener les ensembles de données à un même niveau. Le « troupeau moyen » correspond à la moyenne des caractéristiques des troupeaux enquêtés et ses données de base sont alors transformées en variables synthétiques.
- Méthode des « variables clés » : L'estimation simplifiée de plusieurs variables peut permettre de répondre correctement à l'objectif de l'étude à partir de « variables clés » qu'il faut quantifier. C'est une méthode souvent utilisée dans les études ayant trait à l'alimentation.

3.3. Teneurs en urée

3.3.1. Teneur en urée du lait

Les protéines totales du lait se divisent en deux catégories. D'une part, les protéines vraies représentent environ 94 % de l'azote total du lait. Elles comprennent les caséines (78 %) et les protéines du lactosérum (16 %) [98]. D'autre part, la fraction d'azote non protéique (ANP) est probablement la fraction du lait bovin la moins bien comprise. Elle représente en moyenne de 5 à 6 % des matières azotées totales du lait et serait composée en grande majorité d'urée (48 %), mais aussi d'ammoniac, d'acides aminés, de créatine, d'acide hippurique, etc. [99]. Le changement de la concentration de l'azote non protéique dans un échantillon de lait est généralement attribuable à une variation de l'urée dans cette fraction.

3.3.1.1. Origine de l'urée dans l'organisme

L'urée ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), synthétisée presque exclusivement par le foie à partir d'ammoniaque qui provient pour l'essentiel soit des fermentations ruminales, soit du catabolisme des protéines dans l'organisme [100]; [99]; [83]. D'autres organes élaborent aussi de l'urée. C'est le cas des reins et de l'intestin [99] mais aussi de la glande mammaire [101]. Toutefois, la quantité d'urée ainsi synthétisée par ces organes demeure très minime comparativement à la quantité d'urée absorbée directement du sang [99].

Chez la vache, la majorité des protéines qui ne sont pas exportées sont catabolisées et conduisent à la formation d'urée, l'accrétion protéique étant faible [102] (figure 3.1). La quantité d'urée ainsi formée dépend des équilibres nutritionnels notamment protéique et énergétique [103].

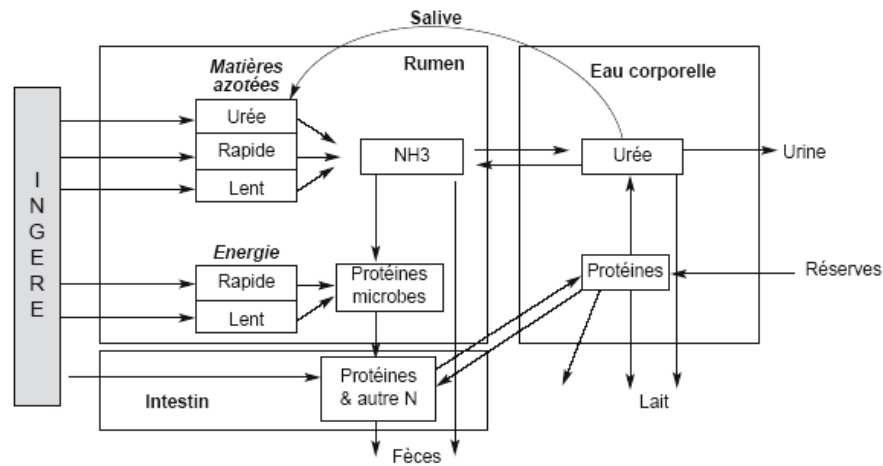


Figure 3.1: Représentation schématique des principaux compartiments et flux du modèle urée [102].

Cette urée présente dans le sang est évacuée de l'organisme par deux voies [104] :

- La voie urinaire : C'est la plus importante. Ce processus d'élimination urinaire de l'urée est continu et fortement dépendant de la vitesse d'excrétion de l'urine. Cette vitesse est souvent calculée par la clairance urinaire qui représente le volume de sang qui a été totalement épuré par heure [103]
- La voie mammaire: Le lait a une concentration en urée variant entre 150 et 450 mg/l, ce qui montre que cette voie d'élimination est non négligeable.

3.3.1.2. L'urée du lait et l'équilibre de la ration

L'alimentation peut varier la concentration en urée du lait de deux manières [11]; [103]; [105]:

- Quand les sources d'azote dégradables sont supérieures aux disponibilités en énergie, il y a surproduction d'ammoniaque dans la panse, laquelle est non utilisée par les micro-organismes du rumen, d'où diffusion rapide à travers la paroi ruminale, passage dans le sang et production d'urée par le foie.
- Un excès de protéines non dégradables dans le rumen et absorbées à travers l'intestin est également responsable de l'élévation de l'urée du lait.

Le taux d'urée dans le lait peut être utilisé comme un indicateur de l'équilibre de la ration notamment en protéines dégradables, en protéines non dégradables et en énergie [47]; [106]; [104]; [107]; [108]. Cependant, comment savoir avec cette seule valeur de l'urée, si c'est l'excès de protéines ou la carence en énergie fermentescible qui en est

responsable. Par conséquent d'autres indicateurs sont nécessaires pour compléter cette méthode; comme le taux protéique.

La valeur souhaitable d'urée du lait se situe entre 200 et 280 mg/l [109]; [110]. Cependant, ces balises sont des indicateurs, pas des limites absolues. De plus, la valeur généralement utilisée est la moyenne du troupeau. Ainsi, avec une moyenne de 270, on est à l'intérieur des balises, mais il est certain qu'on aura plusieurs vaches au-dessus de 280. Il faut donc viser une moyenne du troupeau plus «centrale» - entre 200 et 280-. Si plus de 30 % des vaches sont hors norme, une révision de la stratégie alimentaire s'impose.

Qu'est-ce qui se produit chez les sujets hors norme? De manière simplifiée, avec 200 mg d'urée et moins, la vache peut manquer de protéine mais elle peut aussi avoir un surplus d'amidon, ce qui a pour effet de déséquilibrer la disponibilité énergie-protéine. Dans un cas comme dans l'autre, un ajustement de la ration s'impose. A l'autre extrémité, autour de 280 mg et plus, la vache dépense de l'énergie en pure perte pour métaboliser un excédent de protéines. Cela représente trois sources de gaspillage:

- 1) le coût en argent de la protéine servie en trop [111], [112]; [113], [98]
- 2) le coût environnemental de l'azote rejeté en trop [103]; [114]; [115]; [116]; [110], [117]
- 3) les risques pour la santé de l'animal et la reproduction. En effet un surplus d'urée provoque souvent des troubles de la reproduction [47] notamment de la fécondité à cause de l'influence négative d'un taux élevé d'urée dans le sang sur les muqueuses de la matrice [118], et d'absence de chaleurs [105]. Par ailleurs, le surplus d'urée est généralement accompagné d'une réduction de la progestérone, ce qui occasionne des mortalités embryonnaires [119].

Cependant, divers facteurs peuvent faire varier la quantité d'urée dans le lait; comme l'individu [120], le stade de lactation [121], le régime [122], la saison [123], l'heure de prélèvement [121], la méthode d'analyse [108] .

Bien que les concentrations d'urée dans le lait soit employées comme indicateur du statut alimentaire (équilibre énergie/protéines) dans les systèmes intensifs, cette méthode ne semble pas être efficace dans les petites unités conduites d'une manière extensive où

l'alimentation change fortement, rare et les animaux souvent sous-alimentés [124]. En conséquence, l'urée du lait ne peut jamais remplacer les analyses des aliments et le calcul des rations à distribuer aux vaches laitières [105]; c'est un indicateur qui ne permet pas à lui seul de faire un diagnostic précis de l'alimentation du troupeau.

3.3.2. Teneur en urée du sang

La détermination de la concentration sanguine d'urée -l'urémie-, fournit de précieuses informations sur l'utilisation des protéines par l'animal [117]. Cette concentration est à même de fournir des indications sur l'utilisation notamment des protéines par l'animal [108]. C'est aussi un excellent prédicteur du taux d'azote dans les urines [117].

Le taux d'urée du sang est affecté par plusieurs facteurs parmi lesquels le niveau de protéines de la ration [22]; [125] et la composition des hydrates de carbone [126] sont les plus importantes.

L'urée diffusant librement dans la phase aqueuse [127], la concentration d'urée dans le sang affecte directement celle du lait [125]. Les concentrations d'urée sont identiques dans le sang et dans le lait sous réserve que les deux mesures soient faites à peu de temps d'intervalle [127].

La teneur en urée du sang dépend de la formation d'urée (quantité synthétisée et cinétique journalière), de l'utilisation (recyclage) ou de l'élimination (clairance rénale) de l'urée et du volume de diffusion [102]. L'urémie n'apporte qu'une information individuelle, ponctuelle, perturbée par la proximité du repas [47].

3.3.3. Taux d'azote dans les urines

Il est connu depuis fort longtemps que les herbivores et notamment la vache laitières, transforment l'azote ingéré avec un rendement très faible, 75 à 80 % de l'azote ingéré est excrété dans les urines et les fèces [128].

La concentration d'urée dans le lait peut être utilisée pour estimer le taux d'azote dans les urines [115]. Inversement, par la prédiction de la concentration azotée des urines, les taux d'urée dans le lait recherchés peuvent être déduits [129] ce qui peut contrôler l'équilibre de la ration notamment en protéines et énergie [110]. Ces auteurs ont proposé l'équation de prédiction suivante :

$$\text{Azote urinaire (g/j)} = 0.026 \text{ Poids vif (kg)} \times \text{Taux d'urée dans le lait (mg/dl)}$$

Les rejets azotés dans les urines peuvent aussi être calculés selon le taux d'urée dans le sang [108]:

$$\text{Azote urinaire (g/j)} = 0.0013 \text{ Poids vif (kg)} \times \text{Taux d'urée dans le sang (mg/dl)}$$

3.4. La note d'état corporelle

Le BCS (body condition score) ou NEC (note d'état corporelle) est un indicateur indirect de la disponibilité alimentaire et de son utilisation par les animaux [130]; [131]; [132]; [133]. Il permet une estimation peu coûteuse, rapide mais assez subjective des réserves [130].

Il mesure sur une échelle généralement de 5 ou 9 points l'état d'engraissement des vaches. Elle est évaluée *in vivo* à partir de critères anatomiques précis [130]; [134], généralement par une observation visuelle des animaux -surtout si ceux-ci sont peu dociles - ou par palpation. Elle fait appel à une technique facile, rapide, économique et qui ne demande pas d'équipement spécialisé. Il existe différents modèles de notation, 0 à 4, 1 à 4, 1 à 9, mais le système le plus utilisé dans le cas des vaches laitières est celui allant de 1 à 5 [133].

Au niveau de la ferme où les éleveurs ne pèsent pas leurs animaux à intervalles réguliers, l'éleveur pourrait déterminer la condition du corps de chaque vache dans le troupeau simplement et rapidement et prendre des décisions de gestion en conséquence.

3.5.Efficacité alimentaire

L'efficacité alimentaire mesure comment et avec quel rendement les vaches convertissent les nutriments qu'elles consomment en produits: lait, muscle, graisse et veaux [92]; elle est reliée à la production laitière des vaches.

3.5.1. Lait / Matière sèche ingérée

La version la plus simple d'efficacité de l'alimentation 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 [135] ce qui fait ressortir, d'une manière plus correcte, la part de nutriment qui vont dans le lait.

3.5.2. Azote du lait / azote ingéré

La mesure de l'efficacité donne une idée sur l'utilisation des protéines alimentaires; elle diminue souvent lorsque le taux d'urée dans le lait augmente [135].

Les protéines brutes du lait ont un multiplicateur différent ($N \times 6.38$) de celui des protéines brutes 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 %) [136]. Les vaches peuvent atteindre une efficacité de 0.30 ou mieux (30 % de l'azote alimentaire est convertis en azote dans le lait) [92]:

Efficacité de l'azote = Azote du lait (kg) / Azote de l'aliment (kg)

Avec :

Azote du lait (kg) = (kg de lait x (protéines du lait % / 100)) / 6.38

Azote de l'aliment (kg) = (Matière sèche ingérée (kg) x (protéines brutes de la ration (%)) / 6.25

Dans les conditions européennes de production, Wolter [47] estime à 18 kg par jour la quantité minimale de lait pour que les apports nutritifs totaux soient repartis « équitablement » entre l'entretien et la production. En dessous de ce seuil (18 kg de lait/jour), le niveau de production (besoins d'entretien/besoins de productions) sera négatif.

CHAPITRE 4 MATERIEL ET METHODES

4.1. Introduction

L'étude est réalisée dans la région de Tizi-Ouzou. Les travaux sont conduits suivant deux axes: le premier consiste en la réalisation d'une enquête, le second porte sur un suivi de quelques élevages. La combinaison d'enquêtes et de suivi d'élevages est intéressante en ce sens qu'elle permet d'adjoindre à des données d'enquête de fiabilité aléatoire, basées le plus souvent sur la mémoire et les dires des éleveurs, des résultats de suivi des animaux nettement plus réels et précis. Les deux aspects du travail (enquêtes et suivis) fournissent alors une vision plus globale et correcte du fonctionnement des exploitations. De plus, la méthode de suivi est assez exacte pour rendre compte des aspects qualitatifs de l'alimentation des vaches laitières [137], [96].

4.2. L'enquête

L'enquête est menée entre septembre et novembre 2005. L'échantillon est constitué d'une centaine d'exploitations, selon la bibliographie notamment UDO et CORNELISSEN [138], un échantillon de 60 éleveurs enquêtés est suffisant pour obtenir des informations utiles dans ce genre de travaux.

Une partie des questionnaires (appendice G) est remplie suite aux visites directes des exploitations dans le cas où l'on connaît personnellement l'éleveur ou bien que l'on soit recommandé par des connaissances communes. L'autre partie est remplie suite aux interviews menées au gré des rencontres des éleveurs au niveau des centres de collecte de lait repartis à travers tout le territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou (figure 4.1) et appartenant soit à la laiterie de Draa Ben Khedda filiale du groupe GIPLAIT(4 centres: freha, imaloussene, mekla et tala-athmane) soit à l'entreprise DANONE-DJURDJURA (2 centres: freha et azzazga). Lorsque les éleveurs sont consentants, une visite de l'exploitation est réalisée.

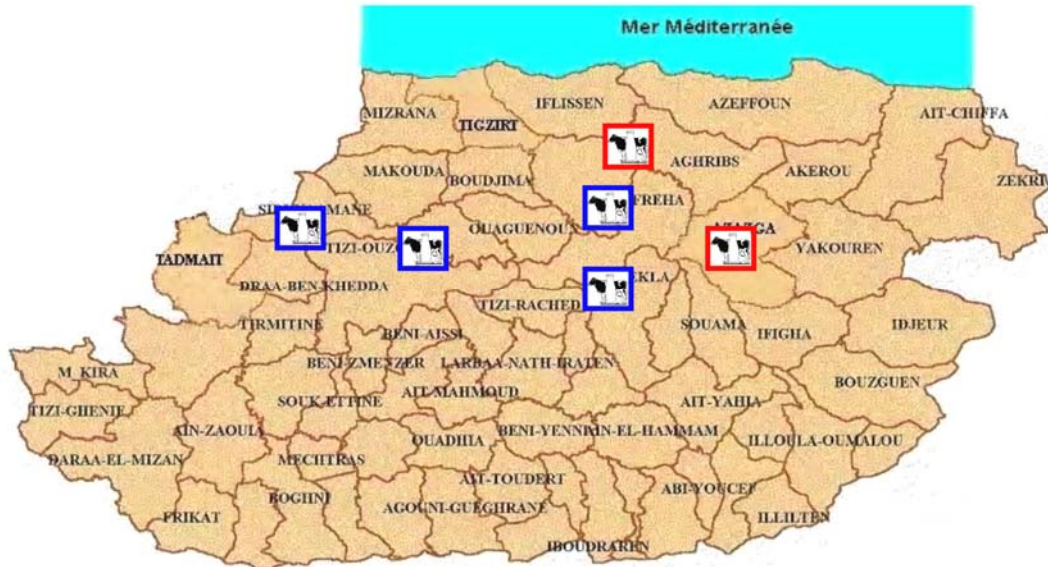


Figure 4.1: Répartition des centres de collecte du lait à travers le territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou (En bleu : centres de la « laiterie de Draa Ben Khedda ». En rouge : centres de collecte de « Danone-Djurdjura »)

Le questionnaire est constitué d'une centaine de questions structurées en plusieurs rubriques.

Il est conçu selon les recommandations de AGABRIEL et al [94] :

- pour concilier le grand nombre d'informations à récolter, dans un temps limité, avec une précision et une fiabilité suffisantes, il est important d'avoir réfléchi à l'avance au traitement des données et à hiérarchiser les priorités. Ce qui se traduit par des choix contraignants lors de la rédaction du questionnaire aussi bien dans les champs d'investigations que dans la formulation du protocole.
- Le passage unique dans l'exploitation implique un questionnement qui porte sur des périodes étendues.
- Le questionnaire doit comporter majoritairement des questions fermées qui permettent de guider l'entretien, les éventuelles questions ouvertes étant réservées pour la fin de la rencontre; ceci afin de limiter le problème de la difficulté de communication avec des éleveurs souvent peu expansifs et méfiants ce qui se traduit quelquefois par des réponses guidées par la crainte d'être "jugé".

La méthodologie suivie est décrite dans la figure 4.2

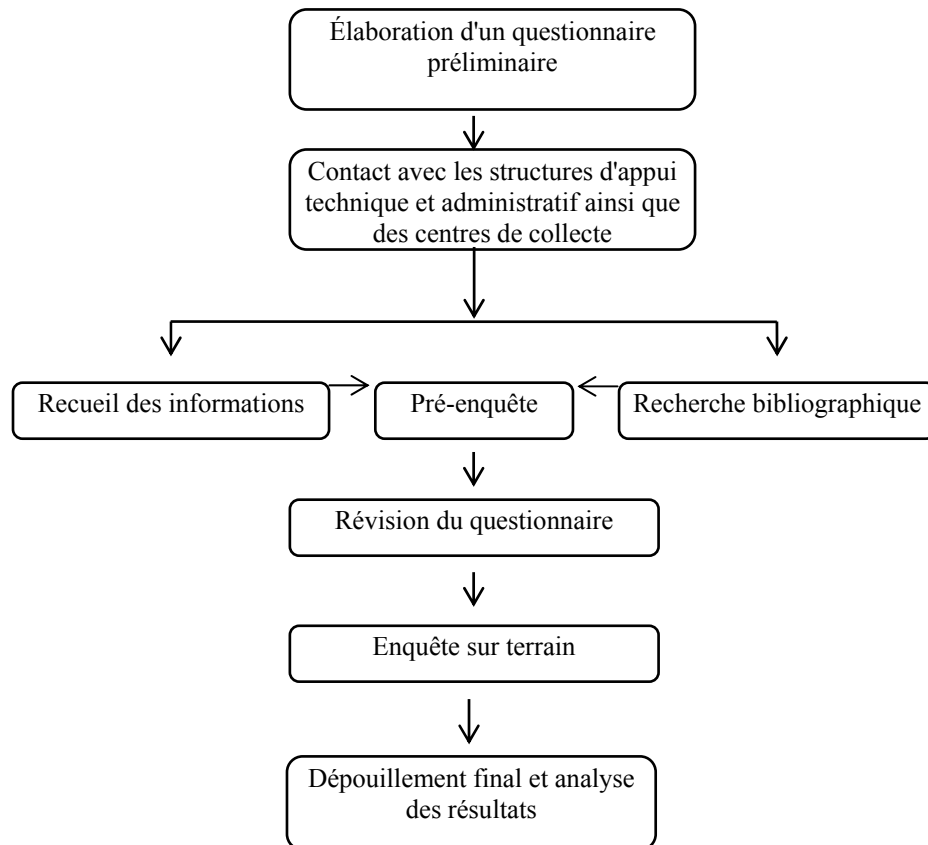


Figure 4.2: Méthodologie suivie dans le travail d'enquête.

80 questionnaires, soit un total d'éleveurs possédant 1496 vaches et produisant quotidiennement 14730 litres de lait; sont retenus lors du dépouillement qui est réalisé en trois étapes :

- constitution d'une base de donnée sous la forme d'un fichier de type tableur
- définition des variables caractéristiques des règles de conduite de l'alimentation des vaches
- analyse statistique des données

4.3. Le suivi d'élevages

Le choix des exploitations et des éleveurs résulte d'un compromis entre la volonté d'une représentativité des systèmes d'élevage existant dans la zone d'étude, l'acceptation par les éleveurs des contraintes du suivi, la condition que l'élevage soit déclaré donc le cheptel vacciné et enfin un nombre minimal de vaches en production supérieur à dix. Ainsi, 06 exploitations sont sélectionnées à travers la région d'étude (figure 4.3) et suivies de septembre 2005 à février 2006.



Figure 4.3: Répartition des localités où se trouvent les élevages suivis

Durant la visite des exploitations (une fois par quinze jours), plusieurs paramètres sont mesurés, observés ou estimés:

- Le poids des vaches laitières en production : Mise à part au niveau d'une exploitation (Exp 5) qui dispose d'un pèse bétail et où l'on a pu peser les vaches, dans le reste des exploitations on a été contraints d'estimer le poids par des mesures corporelles. La méthode utilisée est la mesure du périmètre thoracique (Figure 4.4) étant la plus facile à prendre, la plus corrélée au poids vif et approuvée par l'ICAR [112]. Le poids vif est ensuite déduit par la formule de Crevat [139]:

$$PV = (TP)^3 \times 80$$

PV= Poids Vif (kg) ; TP= Tour de Poitrine (m)

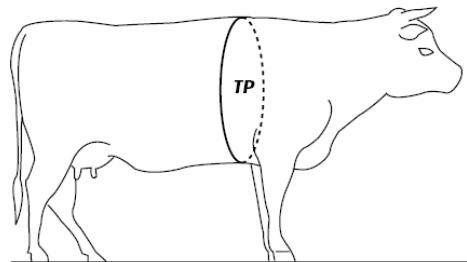


Figure 4.4: Mesure du périmètre thoracique ou tour de poitrine

- les quantités de fourrages et de concentrés distribuées
- les quantités de lait produites
- l'état physiologique des vaches : consiste à mettre à jour l'état physiologique des animaux en notant les vaches qui ont mis bas, celles qui ont atteints le septième mois de gestation et celles qui sont tarées.
- Notation de la propreté des vaches selon la grille de Bastien et al [140] (appendice E)
- Notation de la propreté de la mamelle selon la grille de Ruegg [141] (appendice F)
- ainsi que toute nouveauté survenue au niveau de l'élevage depuis la dernière visite.

Au niveau de chacune des six exploitations, toutes les vaches en production ont été identifiées et une fiche individuelle de suivi (appendice D) a été établie pour chacune d'elles soit un total de 261 vaches.

Dans chacune des exploitations suivies, des échantillons de fourrage, de concentré et d'ensilage ont été prélevés pour en déterminer la valeur nutritive. Sur chaque échantillon, les analyses chimiques ont consistés en :

- la matière sèche par étuvage à 105 C° pendant 24 heures,
- les matières minérales par incinération dans un four à 550°C,
- les matières organiques par la différence matière sèche – matières minérales,
- les matières azotées totales par la méthode de KJELDHAL (minéralisation, distillation et titration de N que l'on multiplie par 6,25),
- la cellulose brute par la méthode de weende (attaque acide et basique),
- les matières grasses par la méthode de SOXHLET,

Les paramètres analysés seront utilisés dans l'estimation de la valeur nutritive de la ration. Cette dernière est réalisée selon la démarche séquentielle basée sur l'estimation de la digestibilité de la matière organique (dMO) et de la matière organique fermentescible (MOF); méthode qui a été utilisée pour l'élaboration des tables de l'INRA [14] notamment le système des UFL [12] et celui des PDI [78].

D'autres informations, notamment celles concernant la production et qualité du lait, sont prélevées au niveau du service « élevage » de la laiterie de Draa Ben Khedda.

4.3.1. Détermination de la valeur nutritive

4.3.1.1. Valeur énergétique des fourrages

La prévision de la valeur énergétique des fourrages n'est pas le résultat d'un dosage (on dose une teneur en Ca, P, en azote ...etc. mais pas une valeur énergétique) mais une estimation, plus ou moins entachée d'erreurs, faite à partir de la composition chimique (teneur en cellulose brute ou encore en matières azotées) du fourrage [142].

selon NAHIMANA [143] :

$$EB = 4543 + 2.01MAT (\%MS)$$

EB: énergie brute (kcal /kg de MS);

MAT: matières azotées totales

$$ED = EB \times dE$$

ED: énergie digestible (kcal / kg de MS)

dE: digestibilité de l'énergie

Selon SAUVANT et al. [16] :

$$dE = dMO (\%MS) - 2.9 + 0.51 MAT(\%MS)$$

dE : digestibilité de l'énergie

dMO= digestibilité de la matière organique; estimée selon KERBAA [144]

D'autres équations sont aussi intéressantes à l'image de celle de DEMARQUILLY et al. [145]:

$$ED = EB (1,0087 dMO - 0,0377). \quad (R = 0,996)$$

$$EM = ED \times 0.7$$

EM : énergie métabolisable en Kcal / kg de MS

0.7 étant le coefficient de métabolisabilité le plus couramment utilisé pour les foins de qualité moyenne selon notamment ANDRIEU et al. [146], [14], DROGOUL et al [3] et DEMARQUILLY et al. [11].

Selon SAUVANT et al. [16] :

$$EN = EM \times KI$$

$$KI = 0.60 + 0.24(q - 0.57)$$

$$q = EM / EB$$

EN : energie nette en Kcal / kg de MS

KI : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la production laitière

q : Rendement de l'énergie brute en énergie métabolisable

Selon SAUVANT et al. [16]:

$$UFL = EN/1610$$

UFL : unité fourragère lait par kg de MS

N.B : Dans le système canadien, il est possible d' « arriver » à l'EN plus facilement en se basant sur le contenu en ADF (acid detergent fiber) du fourrage. On calcule d'abord le contenu en unités nutritives totales (UNT) qui donne une estimation de la matière sèche digestible du fourrage:

$$UNT (\%) = 112,6 - 1,372 \%ADF \quad [147]$$

ou,

$$UNT (\%) = 140,96 - 1,302 \%ADF \quad [148]$$

Les UNT servent ensuite au calcul de l'énergie métabolisable qui est à son tour introduit dans le calcul de l'énergie nette. Chez le bovin laitier [149], l'énergie nette de lactation peut être directement estimé à partir du contenu en UNT:

$$ENI (\text{Mcal/kg}) = 0,0245 UNT - 0,12$$

4.3.1.2. Valeur énergétique des concentrés:

Selon GIGER et al. [20] :

$$EB = 5.7 \text{ MAT} + 9.57 \text{ MG} + 4.24 (\text{MO} - \text{MAT} - \text{MG})$$

MO : matières organiques en g/kg MS

MAT : matières azotées totales en g/kg MS

MG : matières grasses en g/kg MS

Il est possible aussi d'utiliser l'équation proposée par SCHIEMANN et al. [150] et qui est largement utilisée dans la bibliographie notamment dans l'élaboration des tables de prévisions proposées par l'INRA [151] (Cf. SAUVANT et al. [18], dans les tables proposées par ALIBES et TISSERAND [152], ...etc.:

$$EB = 5,72 \text{ MAT} + 9,50 \text{ MG} + 4,79 \text{ CB} + 4,17 \text{ ENA} \pm 0,9\%$$

Où MAT = matières azotées totales; MG = matière grasse; CB = cellulose brute; ENA = extractif non azoté (g/Kg MS)

Selon SAUVANT et al. [16] :

$$dE = dMO (\%MS) - 2.9 + 0.51 \text{ MAT}(\%MS)$$

dE: digestibilité de l'énergie

$$dMO = 87.75 - 0.314 \text{ CB} + 6.22$$

dMO : digestibilité de la matière organique.

CB : cellulose brute en % de MS

D'autres équations sont aussi intéressantes à l'image de celles de DEMARQUILLY et al. [145]:

$$dE = 1,0087 \text{ dMO} - 0,0377 \pm 0,007 \quad (R = 0,996)$$

$$ED = EB (1,0087 \text{ dMO} - 0,0377).$$

$$dMO (\%) = -1.45 \times \text{CB}(\text{en \% de MS}) + 93.5 \quad \text{Si } \text{CB} \leq 5\%$$

$$dMO (\%) = -2.10 \times CB (\text{en \% de MS}) + 96.8 \quad \text{Si } CB > 5\%$$

$$ED = EB \times dE$$

ED: énergie digestible (kcal / kg de MS)

dE: digestibilité de l'énergie

Selon SAUVANT et al. [18] :

$$EM = \frac{ED (-86.82 - 0.0099CB - 0.0196MAT)}{100}$$

EM : énergie métabolisable en Kcal / kg de MS

ED: énergie digestible (kcal / kg de MS)

CB : cellulose brute en g/kg MO

MAT : matières azotées totales en g/kg MO

Selon SAUVANT et al. [18] :

$$EN = EM \times KI$$

$$\text{Avec } KI = 0.24q + 0.463$$

$$q = EM / EB$$

EN : énergie nette en Kcal / kg de MS

KI : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la production laitière

q : Rendement de l'énergie brute en énergie métabolisable

Selon SAUVANT et al. [16]

$$UFL = EN/1610$$

UFL : unité fourragère lait par kg de MS

EN : énergie nette en Kcal / kg de MS

Il est à noter qu'il est possible d'estimer directement la valeur UFL avec entre autre l'équation utilisée pour l'établissement des tables de « INRA 1978 » [153] :

$$\text{UFL} = 121.80 + 0.11\text{MAT} - 1.81\text{CB} + 1.26\text{MG}$$

UFL: unité fourragère lait pour 100 kg de matière organique

MAT : matières azotées totales en g/ kg de Matière organique

CB : cellulose brute en g/ kg de Matière organique

MG : matières grasses en g/ kg de Matière organique

4.3.1.3. Valeur azotée des fourrages:

Les valeurs PDI d'un aliment sont obtenues à partir de quatre caractéristiques :

- La teneur en MAT
- La dégradabilité théorique DT des matières azotées
- La teneur en matière organique fermentescible (MOF)
- La digestibilité réelle dr des acides aminés d'origine alimentaire

$$\begin{aligned} \text{PDIN} &= \text{PDIA} + \text{PDIMN} \\ \text{PDIE} &= \text{PDIA} + \text{PDIME} \end{aligned}$$

Selon VERITE et al. [13]:

$$\text{PDIA} = 1.11 \times \text{MAT} (1 - \text{DT})\text{dr}$$

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

MAT : matières azotées totales en g /kg de MS

dr : digestibilité réelles des protéines

$$\text{PDIMN} = 0.64 \times \text{MAT}(\text{DT} - 0.1)$$

PDIMN : protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne permises par l'azote

MAT : matières azotées totales en g /kg de MS

DT : dégradabilité théorique

$$\text{PDIME} = 0.093 \times \text{MOF}$$

PDIME: protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne permises par l'énergie

MOF : matières organiques fermentescibles

Selon ANDRIEU et DEMARQUILLY [14]:

$$\text{MOF} = \text{MOD} - \text{MAT} (1 - \text{DT}) - \text{MG}$$

MOF : matières organiques fermentescibles en g/kg de MS

MOD : matières organiques digestibles en g/kg de MS

MG : matières grasses en g/kg de MS

$$\text{MOD} = \text{MO} \times \text{dMO}$$

MOD : matières organiques digestibles en g/kg de MS

dMO : digestibilité de la matière organique estimée selon KERBAA [144].

MO : matière organique en g/kg de MS

Selon BAUMONT et al [17], les valeurs de DT et de dr ne peuvent pas à ce jour être prévues pour les fourrages et sont donc celles indiquées dans les tables par ANDRIEU et DEMARQUILLY [14] :

$$\text{DT} = 0.66 \quad \text{et} \quad \text{dr} = 0.70$$

Pour les foins de vesce – avoine, ABDOULI et al.[154] ont proposées les formules suivantes pour le calcul de la dMO et dMA:

$$\text{dMO} = 111.599 - 0.722 \text{ NDF}$$

$$\text{dMA} = 65.540 + 7.038 \text{ MAT} - 1.025 \text{ NDF} \quad R^2 = 0.88$$

dMO : digestibilité de la matière organique

dMA : digestibilité de la matière azotée

NDF : neutral detergent fiber

4.3.1.4. Valeur azotée des concentrés

Selon BAUMONT et al. [17], pour les aliments concentrés composés, la composition en matières premières n'est, le plus souvent, pas connue de l'utilisateur et la dr (digestibilité réelles des protéines) de l'aliment ne peut donc pas être calculée. La

démarche consiste alors à prévoir directement les valeurs PDI à partir de la teneur en MAT et de la teneur en MANDE (Matières azotées non dégradées par les enzymes) selon les équations proposées par AUFRERE et al [155] :

$$PDIN = 0.507 \times MAT + 0.278 \times MANDE$$

$$PDIE = -0.220 \times MAT + 0.802 \times MANDE + 67.1$$

MAT: matières azotées totales en g /kg de MS

MANDE: matières azotées non dégradées par les enzymes en g /kg de MS

$$MANDE = MAT \times DE$$

$DT = 0.87 \times DE + 0.3$ Ce qui fait que :

$$DE = \frac{DT - 0.3}{0.87}$$

DT : dégradabilité théorique

DE : dégradation enzymatique

Pour la DT, nous l'avons estimé à 0.75 qui est la moyenne des DT des concentrés simples les plus usités dans les concentrés composés rencontrés dans notre cas. Cette méthode d'estimation a été inspirée de celle faite par DEMARQUILLY et al [145].

4.3.2. Calcul de l'autonomie alimentaire

L'autonomie alimentaire est définie comme la part des aliments produits sur l'exploitation par rapport à ceux consommés. Elle peut se décliner selon la nature des aliments - fourrages, concentrés - ou selon leur composition - matière sèche, valeur énergétique (UFL), valeur azotée (MAT) [156], [157].

L'autonomie alimentaire (A) peut s'apprécier en calculant la proportion d'aliment produit (P) sur l'exploitation par rapport à ceux consommés sur l'exploitation (C) :

$$A = P / C$$

où A : autonomie globale (en %) P : fourrage produit + concentré produit C : fourrage consommé + concentré consommé.

Ce rapport est calculé globalement, décomposé en deux parties fourrages et concentrés, en part de matière sèche, d'énergie (UFL) et de matière azotée totale (MAT).

4.4. Analyses statistiques

Toutes les données sont rassemblées dans deux fichiers type tableur. Le premier contient les données relatives à l'enquête avec, en lignes, les différents élevages enquêtés et, en colonnes, les variables explicatives et expliquées représentées par les différentes questions. Le second fichier contient l'ensemble des données relatives aux élevages suivis.

Les données sont analysées avec les logiciels *StatBox V6.40.* et *Microsoft® Office Excel 2003.*

Plusieurs méthodes sont utilisées pour décrire la conduite alimentaire au niveau de la région d'étude :

- Les statistiques descriptives élémentaires (moyennes, écart types et proportions) sont calculées pour chacun des paramètres.
- L'analyse factorielle des correspondances (AFC) est utilisée pour étudier les variables relatives à la conduite alimentaire des vaches laitières dans les exploitations enquêtées.
- L'analyse en composantes principales (ACP) est utilisée pour identifier les systèmes d'alimentation.
- Le test χ^2 est appliqué pour vérifier l'indépendance de certaines variables expliquées (nombre de vaches, quantité de lait produite,...) avec des variables explicatives (surface fourragère, quantité de concentré distribué,...).
- La régression linéaire est utilisée pour déterminer la corrélation entre les variables les plus importantes dans la conduite de l'alimentation des vaches.

CHAPITRE 5

RESULTATS ET DISCUSSION

5.1. Enquête

5.1.1. Caractérisation des exploitations agricoles

La répartition en classes des exploitations concernées par l'enquête, selon la superficie fourragère utilisée en sec et celle en irriguée, est représentée dans la figure 5.1. Environ 45 % des exploitations n'ont pas de surface fourragère irriguée et 17.5 % n'en ont pas en sec. Dans 38 % des exploitations, la superficie fourragère irriguée est inférieure à 3 ha. Dans le cas de la conduite en sec, la proportion la plus importante est celle de la classe de 3 à 6 ha (36.25 %). Les superficies fourragères sont occupées exclusivement par le sorgho, le trèfle d'Alexandrie, l'orge et l'avoine.

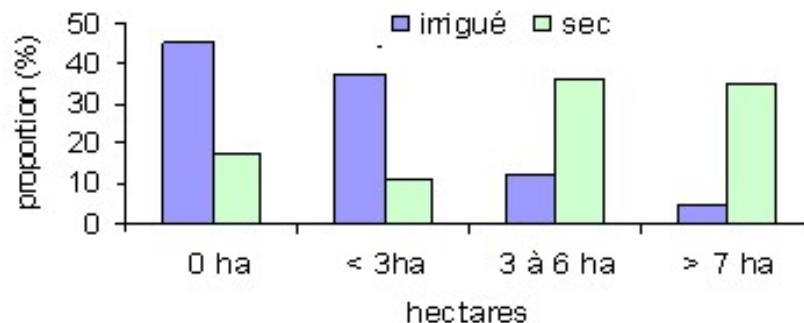


Figure 5.1 : Répartition des exploitations agricoles par classe de surface fourragère

Le nombre de vaches par élevage est en moyenne de 20.5 ± 19.04 ; 45 % des enquêtés élèvent exclusivement des montbéliardes contre 14 % pour les Holstein. Les deux races se retrouvent mélangées dans 37.5 % des exploitations. En 2003, le nombre moyen de vaches par exploitation en Europe était de 36 [158]; [159]; alors qu'au Canada, il était en moyenne de 60 en 2006 [160]. Au USA, les troupeaux laitiers sont constitués de 200 à plus de 1000 vaches [161]; [96].

La majorité des éleveurs interrogés (36.25 %) ont un niveau d'étude moyen alors que 10 % sont des « sans niveau » et 8.75 % sont des universitaires. Par ailleurs, la quasi-totalité (97,5 %) de ces chefs d'exploitations n'a pas suivi de formation agricole.

Globalement, l'exploitation est de type familiale. Selon, CHIA et al. [162] et DUFUMIER [163], ceci a une incidence directe sur la gestion de l'exploitation donc la conduite de l'élevage.

5.1.2. Conduite de l'alimentation

Les proportions « nombre de vaches » et « quantités de lait produites » sont confrontées à l'aide du test χ^2 aux principaux paramètres influençant l'alimentation et la production laitière (tableau 5.1). Il en ressort l'existence d'une relation significative entre les paramètres quantités de lait produites et les paramètres surfaces fourragères en irriguées, quantités de fourrage vert distribuées ainsi que la pratique du rationnement. Ces données ont été soumises à une analyse factorielle des correspondances (AFC) (figure 5.2).

Tableau 5.1: Résultats du test χ^2 appliqué à quelques paramètres en relation avec l'alimentation des vaches laitières au niveau de la région d'étude

Paramètres	Valeur observée	Valeur théorique	ddl	Signification statistique
Nombre de vaches / surface fourragère irriguée	89.55	119.87	96	NS
Nombre de vaches / surface fourragère conduite en sec	191.19	199.25	168	NS
Quantité de lait produite / surface fourragère irriguée	25.65	23.68	14	*
Quantité de lait produite / quantité de fourrage vert distribuée	14.50	9.46	4	*
Quantité de lait produite / Quantité de concentré distribué	18.20	26.29	16	NS
Quantité de lait produite / calcul de la ration à distribuer	7.23	5.94	2	*
Quantité de lait produite / fréquence d'abreuvement	7.45	12.57	6	NS

NS : non significatif * : $p < 0.05$

Il n'y a pas de dépendance entre le nombre de vache et la surface fourragère que ce soit en sec ou en irriguée, ce qui dénote d'une conduite en hors-sol des élevages. Cette situation est signalée dans d'autres régions d'Algérie par ADEM [164]. C'est le cas aussi dans les élevages laitiers périurbains au Maroc [165] et dans beaucoup d'autres pays du tiers monde [166].

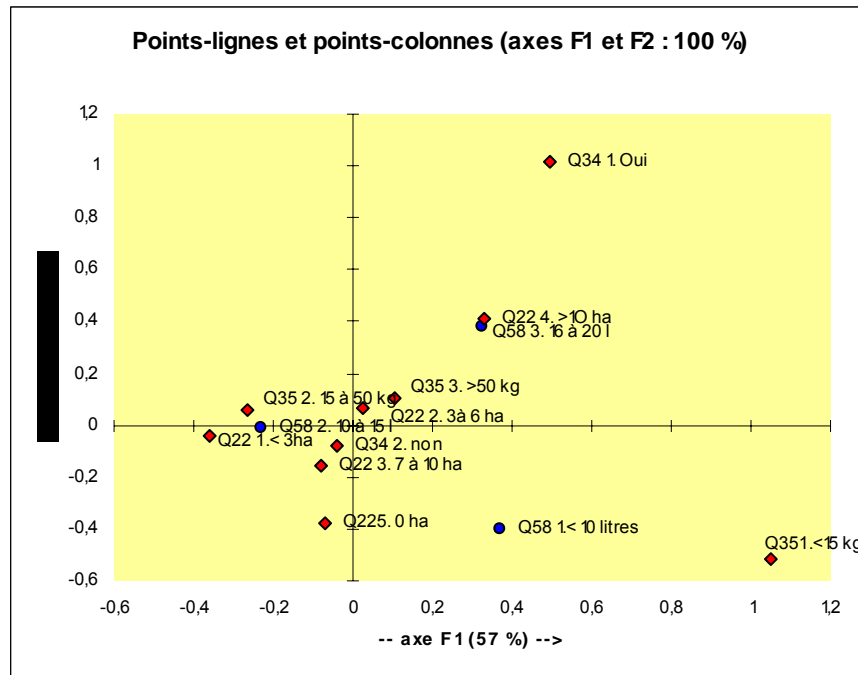


Figure 5.2: Représentation, selon les deux premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances, des variables étudiées (Q22 : surface fourragère en sec. Q34 : Calcul de la ration. Q35: quantités de fourrage vert distribuées aux vaches. Q58: Production laitière/jour/vache).

Globalement (71.23 % des exploitations), les vaches reçoivent une quantité de foin comprise entre 5 et 10 kg par jour. Le foin étant dans la majorité des élevages celui de vesce avoine et de qualité moyenne.

L'utilisation de l'ensilage est absente dans la quasi-totalité (98.75 %) des exploitations. Cette situation est commune à l'ensemble des exploitations au niveau national. En effet, seulement 6 % des exploitations ayant du fourrage pratiquent l'ensilage [167].

L'aliment concentré composé du commerce est abondamment utilisé; 40 % des éleveurs en distribuent plus de 10 kg/vache/jour (figure 5.3).

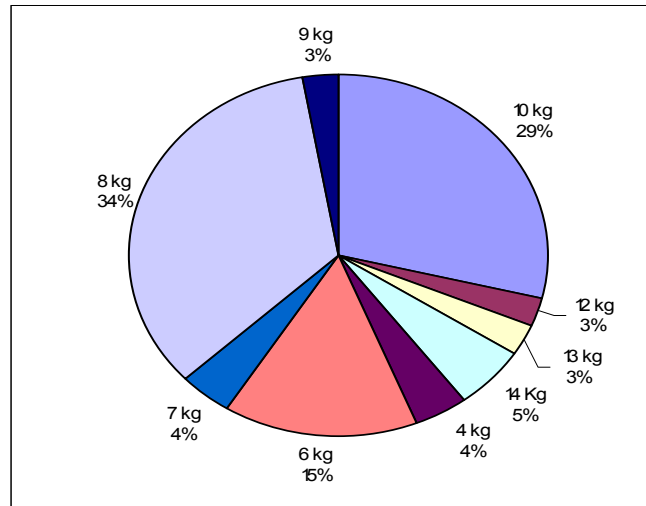


Figure 5.3: Répartition des exploitations agricoles par classe de quantité de concentré distribué quotidiennement aux vaches laitières

Les principales sources de concentré sont le son de blé (52.50 % des exploitations) et l'aliment composé du commerce (46.25 %).

Le tarissement est pratiqué dans la totalité des élevages enquêtés. Cependant, sa période n'est pas la même: elle est de deux mois dans les trois quarts des élevages (72%) et de trois mois dans le reste (28%). Selon KUHN et al. [57], la production de lait après tarissement est généralement maximale si cette période est de 60 à 65 jours et ce quelle que soit la parité. Selon ces auteurs, une période de tarissement courte chez des vaches hautes productrices et fécondées rapidement après le vêlage est la pire combinaison pour la production à la lactation suivante. Cette période de 60 à 65 jours a longtemps été la référence [168], [49], mais des tentatives de sa réduction pour maximiser les quantités de lait produites en prolongeant la durée de la lactation sont signalées [50], [49].

Le tarissement représente une période délicate en terme d'alimentation de la vache laitière [56], [50], [52], [57]; c'est la période durant laquelle a lieu la préparation de la vache à la lactation suivante. Dans la majorité des exploitations, cette période n'est pas maîtrisée et les éleveurs ne semblent pas mesurer son importance. Dans un quart des élevages, les vaches sont nourries de la même manière avant et après le tarissement (figure 5.4).

L'utilisation de la pierre à lécher est signalée dans seulement 32.5 % des exploitations.

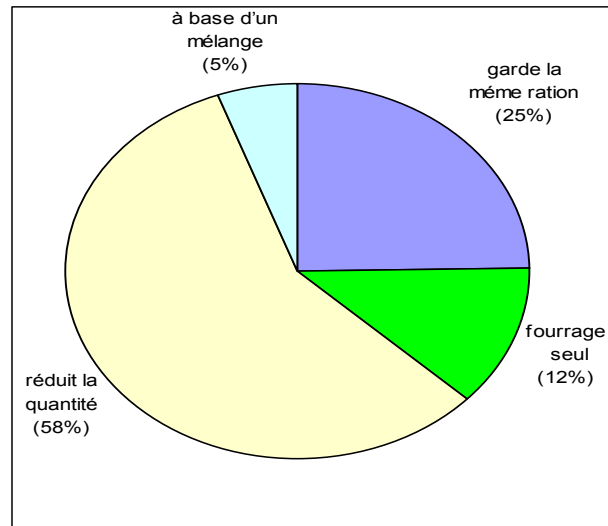


Figure 5.4: Répartition des exploitations agricoles par classe de mode d'alimentation des vaches laitières durant le tarissement

Trois systèmes d'alimentation sont identifiés au niveau de la région d'étude (figure 5.5):

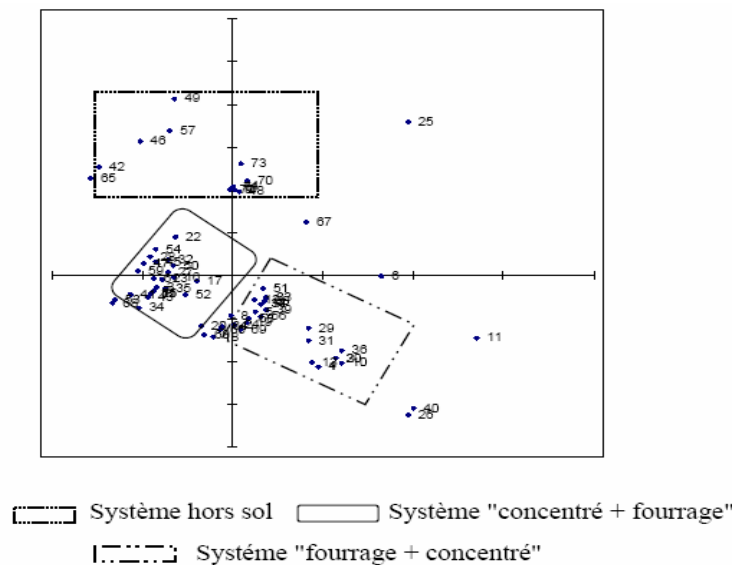


Figure 5.5: Représentation graphique des systèmes alimentaires

- le système hors sol : caractérisé par une superficie fourragère nulle, un nombre de vaches inférieur à 15, un rapport fourrage concentré très faible, une production laitière moyenne mais surtout irrégulière
- le système « concentré + fourrage » : Ce sont les exploitations dont la surface fourragère est la plus importante, le nombre de vaches compris entre 10 et 130 et la production laitière la plus importante (250 à 1600 litres livrées quotidiennement)

- le système « classique » fourrage + concentré : caractérisé par des superficies fourragères faibles, un nombre de vaches compris entre 15 et 250, une production laitière irrégulière. C'est le système d'alimentation qui est normalement recommandé pour la production laitière: une ration de base constituée de fourrages et une ration complémentaire constituée d'un ou plusieurs concentrés pour corriger la ration. Dans ce système, les résultats notamment en quantité de lait produit, ne sont pas satisfaisants. Ceci est la résultante de plusieurs insuffisances parmi lesquelles:
 - aucun éleveur dans cette catégorie, ne calcule la ration à distribuer. Les vachers distribuent quelques poignées supplémentaires de concentrés aux vaches les plus productives.
 - L'alimentation n'est pas *ad libitum* et les vaches ne mangent pas à leur faim. Les éleveurs justifient cela par la cherté et l'indisponibilité des aliments (fourrages et concentrés).

5.1.3. Production laitière

Près de 70 % des exploitations n'élevant que des montbéliardes produisent entre 10 et 15 litres par vache et par jour (figure 5.6). Celles qui élèvent les montbéliardes et Holstein mélangées réalisent la même performance dans 52 % des cas. Par contre, les exploitations qui n'élèvent que des Holstein produisent en majorité (50 %) des quantités inférieures à 10 litres par vache et par jour. La classe de production comprise entre 16 et 20 litres par vache et par jour est surtout rencontrée dans les exploitations où les deux races sont mélangées.

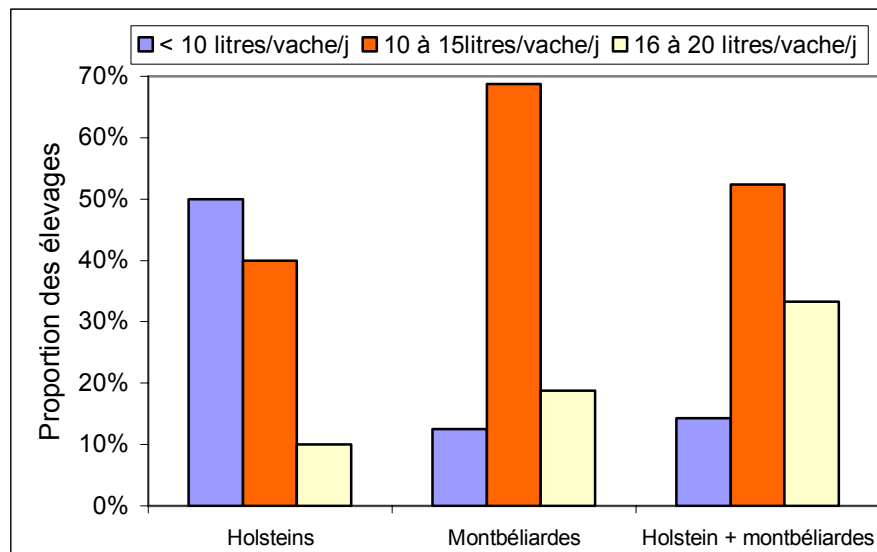


Figure 5.6: Répartition des exploitations par classe de quantité de lait produite par vache et par jour selon que ces exploitations élèvent uniquement des Holstein, uniquement des montbéliardes ou les deux races à la fois.

5.2. Suivi d'élevages

Les indicateurs techniques de l'élevage correspondent aux valeurs des paramètres qui caractérisent le troupeau dans différents domaines (reproduction, alimentation, état sanitaire...etc.).

Les indicateurs de l'alimentation sont établis sur des valeurs qualitatives (définition de la ration de base et de la ration complémentaire, valeur nutritive,...) et quantitatives (quantités de ration de base et complémentaire distribuées, ...).

5.2.1. Valeur nutritive des foins et concentrés

La valeur alimentaire des foins et concentrés utilisés au niveau de chacune des exploitations suivies est représentée dans le tableau 5.2

Tableau 5.2: Valeur nutritive des foins et concentrés utilisés au niveau des exploitations suivies

Exp	Foin			Concentré		
	UFL	PDIE	PDIN	UFL	PDIE	PDIN
Exp. 1	0.57	73.82	39.29	1.02	105.26	131.03
Exp. 2	0.53	53.20	34.48	0.94	101.66	118.72
Exp. 3	0.53	53.20	34.48	0.94	101.66	118.72
Exp. 4	0.53	53.20	34.48	0.94	101.66	118.72
Exp.5	0.67	62.60	48.77	0.89	97.36	103.93
Exp.6	0.60	61.41	50.31	1.12	103.94	126.43

Au niveau de l'exploitation 5, au moment de l'étude, c'est le foin de ray gras d'Italie qui est utilisé. Dans les autres exploitations, le foin est distribué aux vaches laitières est celui de vesce-avoine.

La valeur énergétique des foins utilisés est acceptable voire bonne. En effet, les foins de vesce-avoine au Maghreb présentent une valeur entre 0.45-0.55 UFL/kg MS [169]

Les concentrés distribués aux vaches laitières sont tous des composés. Ils sont soit fabriqués au niveau de l'exploitation comme c'est le cas des fermes 1 et 5, soit achetés au niveau des unités d'aliment de batail de la région. Ils sont à base de Maïs et de tourteau de soja.

5.2.2. Conduite alimentaire des vaches laitières

La surface agricole utile (SAU) moyenne est de 105 ha, variant de 9 à 350 ha (Tableau 5.3). Au niveau national, la moyenne est de 8,3 ha de SAU/exploitation [167]. Dans l'ensemble des six exploitations, la SAU est réservée presque en totalité (74 %) aux cultures fourragères. Cependant, la production fourragère reste très insuffisante du fait notamment de la faiblesse de cette SAU.

L'étude des rations des vaches laitières au niveau des élevages suivies montre que celles-ci sont déséquilibrées et non « réfléchies » (appendice C).

Le rendement UFLcc/Kg de lait (déterminé comme étant l'ensemble des consommations de concentrés alimentaires par les vaches d'une exploitation au cours d'une année, exprimé en UFL, rapporté à la quantité totale de lait produite) est en moyenne de $0.80 \pm 0,14$ (Tableau 5.3). Il varie de 0.57 dans l'exploitation 5 à 0.98 dans l'exploitation 2 (figure 5.7). Ce chiffre est énorme, ce qui montre clairement que les concentrés couvrent les besoins de production du lait mais aussi une large part des besoins d'entretien. Cette situation est causée notamment par la qualité moyenne des fourrages mais surtout par les faibles quantités consommées. En effet, le prix des fourrages notamment les foins, est très élevé durant la période d'étude aux point ou certains éleveurs se rabattent sur l'utilisation de la paille à la place des foins et son remplacement par la sciure de bois comme litière.

Tableau 5.3 : Caractéristiques structurelles et performances des élevages suivis.

	Exp. 1	Exp.2	Exp.3	Exp.4	Exp.5	Exp.6	Moyenne
SAU (ha)	31	9	27	21	350	192	105.00
S F T(ha)	23	7	19	16	235	140	73.33
S F I (ha)	9	2	5	00	90	62	28.00
S F N I (ha)	14	5	14	16	145	78	45.33
Nombre de vaches	36	14	16	18	97	80	43.50
Concentré /vache/an (kg)	4582.57	5490.69	4110.03	3791.16	2509.08	3527.55	4001.84
UFLcc/kg de lait	0.93	0.98	0.86	0.82	0.57	0.69	0.80
Rendement laitier (kg /vache/an)	4117.5	4681.75	3993.50	3863.37	3678.30	4272.00	4101.07
Concentré (g)/kg lait	1113	1173	1029	981	826	826	976

Exp: Exploitation, SAU: Superficie Agricole Utile, SFT: Superficie Fourragère Totale, SFI: Surface Fourragère Irriguée, SFNI: Surface Fourragère Non Irriguée, UFLcc: Unité Fourragère Lait des concentrés.

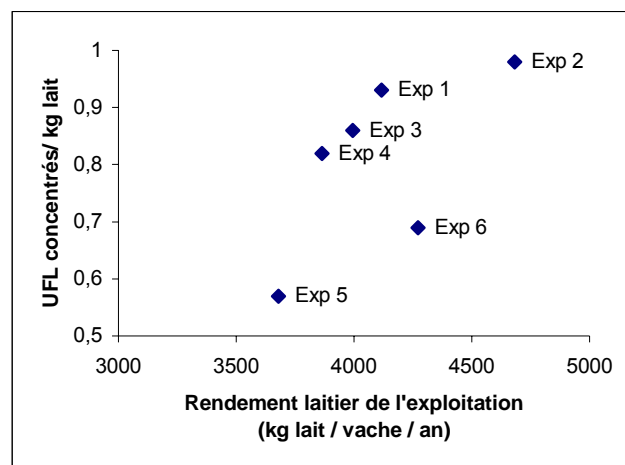


Figure 5.7: Part des concentrés selon la production laitière

Il est connu que l'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 mais aussi une augmentation de l'ingestion de la ration, de la production du lait et de sa teneur en protéines [47], [4]; [3]; [11]; [35]; [7]...).

Au niveau de l'Est algérien, région la plus riche en fourrages, MADANI et al. [170] ont rapporté de meilleures performances allant de 0.32 à 0.53 UFLcc/Kg de lait. SRAIRI et al [165] signalent, dans les conditions marocaines, un rendement UFLcc/Kg de lait de 0.72 en moyenne avec un minimum de 0.51 et un maximum de 0.96.

Dans les élevages laitiers de la Mitidja, OUAKLI et YAKHLEF [171] rapportent que les apports en concentré représentent en moyenne l'équivalent de 1840.9 UFL/vache/an mais peuvent aller jusqu'à 2803 UFL/vache/an.

Rapporté en g/kg de lait, le concentré est très largement gaspillé. En effet, le taux moyen est de 976 g/kg de lait soit près de sept fois la proportion moyenne signalée par PORTIER et al. [172], CAPITAIN et al. [173] et LOSQ et al [174], dans les élevages laitiers dits « économiques en concentré » en France (140 g/kg de lait). Dans le cas des Prim'holstein hautes productrices (> 7000 kg/vache/an), JEGOU et al. [175] signalent des quantités de 134 g/kg de lait avec des quantités de « Lait hors concentrés » de près de 6000 kg/vache/an. Dans les élevages performants, ces proportions varient de 62.5 à 187.5 g de concentré/kg de lait [176].

A titre indicatif, si l'on applique l'équation de SAUVANT et al. [9] pour l'estimation de la matière sèche totale ingérée (MSI) par les vaches selon l'ingestion du concentré:

$$MSI = 16,7 + 0,64 \text{ CO} - 0,018 \text{ CO}^2$$

(MSI : kg/j CO : concentré en kg MS/j)

Avec, dans notre cas, une moyenne de 10.96 kg de MS de concentré ingéré quotidiennement, on aura une quantité de matière sèche totale ingérée de 21.55 kg par jour. Ceci équivaut, d'après les recommandations de HODEN et al. [35], à une capacité d'ingestion de près de 18 UEL et une production de lait de près de 37 kg par jour (avec un taux butyreux 36 g/kg); ce qui est très loin des 11.23 kg réalisés par les vaches en question.

Sans omettre que les recommandations de HODEN et al. [35], voire de toutes celles du « livre rouge », notamment en ce qui concerne les quantités ingérées, sont calculées pour des rations à base d'ensilage de maïs de bonne qualité ce qui est loin d'être le cas dans nos conditions d'élevage.

Economiquement, le niveau optimal de concentré peut être défini comme la quantité allouée à une vache ou à un troupeau en deçà de laquelle toute réduction supplémentaire entraîne une perte financière. Il faut pour cela connaître la réponse marginale de la production laitière (quantité et composition) à une variation des apports en concentré, mais aussi son incidence sur la consommation des fourrages [177]. Il faut aussi prendre en compte les rapports de prix entre le lait, le concentré et le fourrage.

Le rendement laitier est en moyenne de 4101 kg/vache/an. Celui-ci est fortement déterminé ($R^2 = 0.8$) par la quantité totale de concentrés par vache (figure 5.8).

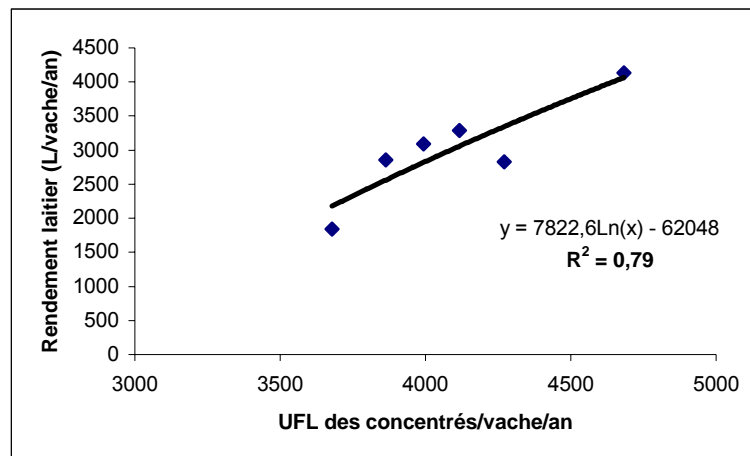


Figure 5.8: Corrélation entre le rendement laitier et la consommation de concentrés/vache/an

Dans les conditions de production marocaines, SRAIRI et LYOUBI [178] rapportent un rendement minimum de 2472 kg /vache/an et un maximum de 4024 kg /vache/an. Dans les mêmes conditions, SRAIRI et al [165] rapportent une moyenne de 4338 kg/vache/an avec un minimum de 2813 et un maximum de 6592 kg/vache/an.

5.2.3. Autonomie alimentaire des exploitations

L'autonomie alimentaire est une stratégie qui permet à l'éleveur de mieux maîtriser ses coûts de production en limitant ses achats d'aliments à l'extérieur et de garantir la qualité et / ou l'origine des produits issus de son élevage [179].

Le degré d'autonomie des six exploitations – part des aliments consommés par les animaux produite sur l'exploitation – peut être qualifié de très faible. L'autonomie en matière sèche est en moyenne de 43.16 %, alors qu'elle est de 35.5 % pour les UFL. Que ce soit en matière sèche ou bien en UFL, les exploitations 2 et 5 représentent les deux extrêmes avec 5 % et 4 % dans l'exploitation 2 et 96 % et 79 % dans l'exploitation 5 respectivement pour la matière sèche et les UFL (tableau 5.4). Pour l'autonomie en MAT, c'est l'exploitation 6 qui sort du lot avec un taux de 101%.

Tableau 5.4: Degré d'autonomie en matière sèche, UFL et MAT des exploitations suivies

	Autonomie en matière sèche (%)	Autonomie en UFL (%)	Autonomie en MAT (%)
Exp. 1	52	34	37
Exp.2	5	4	3
Exp.3	12	10	9
Exp.4	16	14	12
Exp.5	96	79	92
Exp.6	78	72	101
Moyenne	43.16 ± 38	35.5 ± 32.65	42.33 ± 43.62

Pour ce qui est de l'autonomie en fourrage, la moyenne est de 65.4 % avec, pour l'exploitation 5, une large autonomie (147 %) (Figure 5.9). FERRAH [180]. rapporte une moyenne de 27 % pour un échantillon de 80 exploitations repartis sur 8 wilayas.

Dans le cas des concentrés, la situation est tout autre. Hormis, l'exploitation 6 qui affiche un taux de 15.12 %, toutes les autres sont dépendantes à 100% du marché.

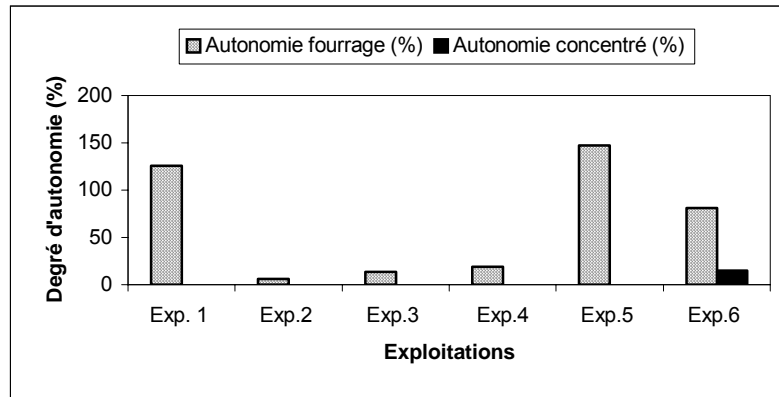


Figure 5.9: Répartition des élevages selon leur degré d'autonomie en fourrage et concentrés

Globalement, les exploitations 2, 3 et 4 sont de types hors-sol. Dans ce genre de fermes toute l'alimentation est achetée, un tel système est très fragile car très dépendant de l'environnement (prix des aliments, du lait,...).

Dans les élevages laitiers performants, en France notamment, le degré d'autonomie descend rarement en dessous de 90 % [156], [181], [182].

Dans les conditions de production aux USA, JORDAN et FOURDRAINE [183] rapportent qu'il a été demandé aux producteurs quelle proportion de leurs fourrages était produite sur l'exploitation : 63.3 % d'entre eux produisent 76 à 100 % de leurs fourrages – 11.7 % en produisent de 51 à 75 % – 8.3 % en produisent de 26 à 50 % – 6.7 % en produisent 1 à 25 % - et 10 % des producteurs ne produisent aucun fourrage sur leurs exploitations.

Pour l'ensemble des exploitations, l'autonomie en énergie est fortement corrélée à l'autonomie en azote (figure 5.10). Même constat s'agissant des variables autonomie en matière sèche et taille du troupeau (figure 5.11). Plus la taille du troupeau est importante plus l'exploitation a tendance à être autonome en matière sèche; ce sont de « vrais » éleveurs laitiers ayant une sole fourragère conséquente.

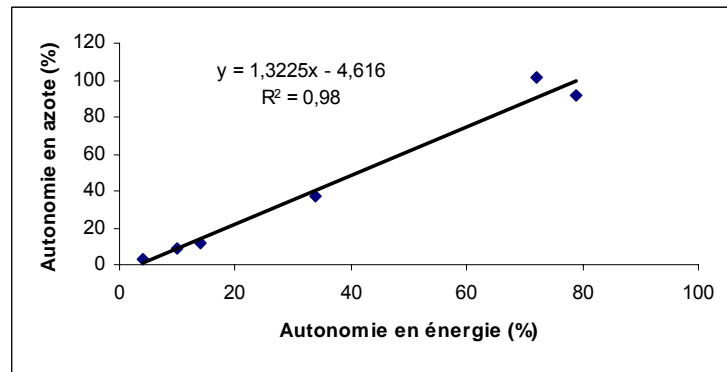


Figure 5.10: corrélation entre l'autonomie protéique et énergétique des exploitations suivies

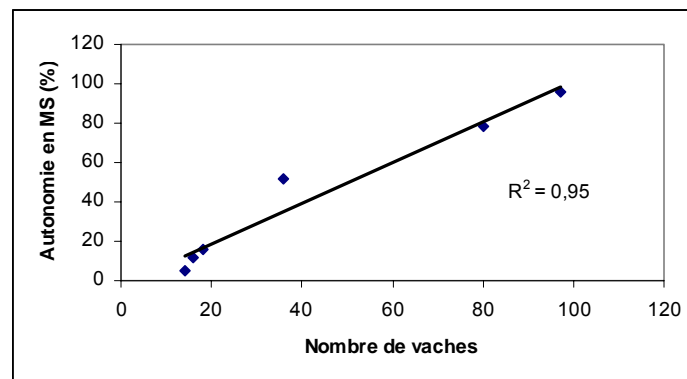


Figure 5.11: Corrélation entre l'autonomie en matière sèche et taille du troupeau

Cette situation de dépendance des exploitations d'un marché de plus en plus instable trouve son explication dans la faiblesse de la sole fourragère. En effet, les solutions qui permettent de renforcer l'autonomie des exploitations nécessitent de la surface. L'autonomie est l'un des axes qui permet de réduire les coûts de production.

5.2.4. Production laitière

Le numéro de lactation (somme des rangs de lactation par le nombre de vaches) est en moyenne 4.08 ± 1.47 . Ce qui dénote le caractère assez jeune des vaches en production.

La moyenne technique est de 12.78 ± 3.67 litres/vache/jour et la moyenne économique de l'ordre de 9.45 ± 2.5 litres/vache/jour. Le meilleur rendement est réalisée par l'exploitation 2 avec 4681.75 litres/vache/an (figure 5.12). Quant à l'exploitation 5, elle réalise le rendement le moins bon avec 3678.30 litres/vache/an.

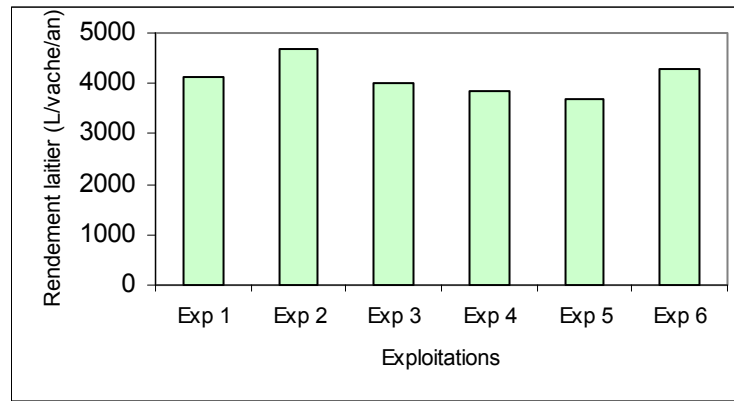


Figure 5.12: Rendement laitier enregistré au niveau des exploitations suivies

Au Canada, les vaches inscrites aux programmes de contrôle laitier ont une production moyenne par vache de 9442 kg pour 305 jours de lactation avec une teneur en protéine de 3,21 % et en en matière grasse de 3,76 % [184]. Au USA, les troupeaux les plus producteurs réalisent jusqu'à 17000 kg de lait par vache et par an [185].

Au niveau de l'exploitation 5, sur une période de sept années, la production laitière (moyenne technique) est de l'ordre de 12.06 litres/vache/jour. La meilleure performance est représentée par l'année 2004 durant laquelle les vaches ont produit en moyenne 14.34 litres/vache/jour. Quant à la plus faible production, elle est représentée par l'année 2000 avec un chiffre de 9.94 litres/vache/jour. Au court de l'année, les meilleures performances sont réalisées durant les mois de mars et avril (figure 5.13).

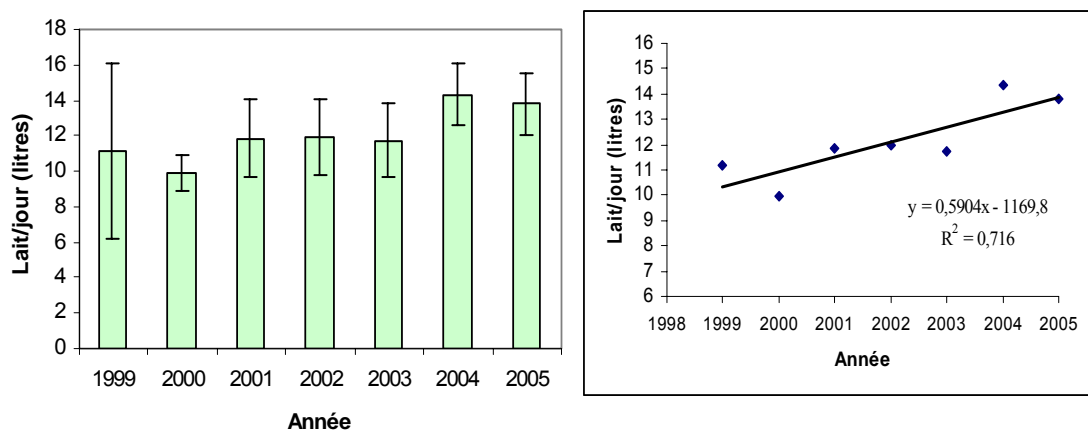


Figure 5.13: Evolution de la production laitière moyenne quotidienne/vache/jour au niveau de l'exploitation 5 durant la période 1999-2005

Les performances réalisées au niveau de cette exploitation qui reste un « modèle » dans la région, demeurent insuffisantes (figure, 5.14) notamment au vue des superficies fourragères et autres moyens importants dont elle dispose.

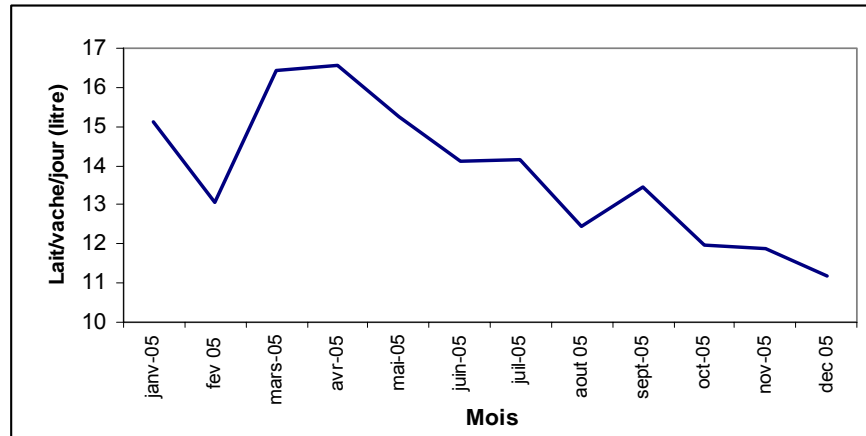


Figure 5.14: Evolution de la production laitière (moyenne technique) durant l'année 2005 au niveau de l'exploitation 5

Sur un ensemble de 88 exploitations englobant le centre, l'est et l'ouest Algériens, ADEM [164], signale une production moyenne de 13.4 litres/vache/an alors que OUAkli et YAKHLEF [171] et BENYOUCEF et al [186] rapportent, pour la région de la Mitidja, respectivement, une moyenne de 11.5 et 11.1 litres/vache/an

Cette performance moyenne reste en deçà des potentialités des deux principales races élevées à savoir la montbéliarde et la Holstein. Ceci est le résultat de la non maîtrise de la conduite et des conditions d'élevage notamment l'alimentation.

Les meilleurs taux butyreux sont réalisés au niveau de l'exploitation 1, ils varient de 36 à 38 tout au long de l'année avec une moyenne de 37.25 g/kg (figure 5.15). Les taux les plus faibles sont enregistrés au niveau de l'exploitation 4 avec une moyenne annuelle de 34.52 g/kg.

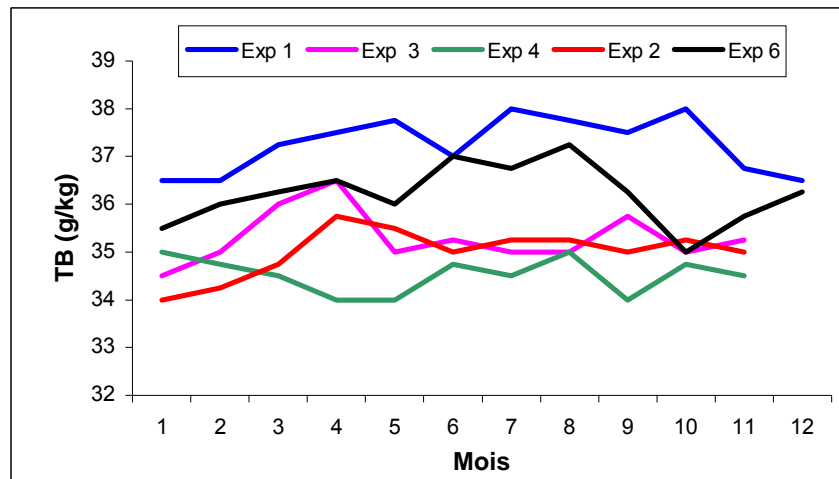


Figure 5.15: Evolution du taux butyreux du lait durant l'année 2005 au niveau des exploitations étudiées.

Au niveau de l'est Algérien (El Taref), BOUZEBDA-AFRI et al. [187] ont rapporté des taux butyreux de 30 g/kg sur la Prim-Holstein.

Dans les conditions d'élevage au Maroc, SRAÏRI et al.[165] signalent des taux butyreux qui varient de 32 à 40 g/kg.

Les rations à base d'herbe permettent l'augmentation du taux butyreux [188]. Selon SUTTON et al. [78] les concentrés riches en amidon abaissent beaucoup plus les taux butyreux du lait que ceux riches en fibres.

Les principaux facteurs de variation de la composition chimique du lait sont soit liés à l'animal (facteurs génétiques, stade physiologique, état sanitaire) soit liés au milieu (alimentation et saison) [189], [190], [191], [192]. C'est le facteur alimentaire qui est le plus maîtrisable au niveau de la ferme.

La diminution du taux butyreux (TB) observée lors de l'utilisation de rations riches en concentré et/ou en lipides est surtout une conséquence d'une synthèse réduite de matières grasses dans la mamelle. Les causes de cette réduction sont multiples et liées aux modifications de l'environnement ruminal provoquées par ce type de régime [193].

5.2.4.1. Propreté des vaches

La propreté des vaches doit être une préoccupation constante des éleveurs et de toute la filière parce qu'elle a des conséquences d'une part sur le confort de l'animal et d'autre part en matière d'hygiène du lait [194]. De plus, Plusieurs études ont identifié des rapports entre la propreté de la vache et la qualité du lait [120], [195].

Au niveau des élevages suivies, les vaches sont, à près de 41 %, notées « **C** » c'est-à-dire «sales», suivi de la note « **B** » « peu sale » à près de 39 % (tableau 5.5). La note « **A** » «propre » n'est observée que dans 13 % des vaches alors que seulement 5.5 % sont notées « très sale ».

La proportion de vaches « très sales » est nulle dans les élevages 2 et 6 et la plus importante dans l'exploitation 1 avec près de 14% des vaches. Dans les exploitations 3 et 4, aucune vache « propre » n'est observée. La note « **C** » « sale » est surtout rencontrée dans l'exploitation 4, 3 et 1.

Ces proportions importantes de vaches sales peuvent s'expliquer par le fait que le travail ait coïncidé avec la saison hivernale. En effet, selon BASTIEN et al [196], l'état de saleté des cuirs de bovins est maximal en hiver (autour de janvier-février) avec des proportions d'animaux sales qui atteignent plus d'un bovin sur cinq dans les conditions d'élevages en France.

Tableau 5.5: Etat de propreté des vaches au niveau des exploitations suivies

	Nombre de vaches	Note de propreté			
		A «propre » (%)	B « peu sale » (%)	C « sale » (%)	D « très sale » (%)
Exp. 1	36	2,78	25,00	58,33	13,89
Exp. 2	14	35,71	50,00	14,29	0
Exp. 3	16	0	37,50	56,25	6,25
Exp. 4	18	0	22,22	66,67	11,11
Exp. 5	97	17,52	40,21	40,21	2,06
Exp. 6	80	23,75	57,50	18,75	0
Moyenne	43.5 ± 36.1	13.3 ± 14.8	38.7 ± 13.7	40.7 ± 24.6	5.5 ± 5.9

Les facteurs d'élevage responsables des différents états de propreté des vaches sont multiples. Les principaux facteurs sont le type de logement et son occupation [197], le

régime alimentaire, les pratiques de paillage et de raclage et l'emplacement des abreuvoirs [140].

La propreté des vaches est directement liée à celle de la litière qui, elle, dépend de la quantité de paille et de la fréquence de paillage. Au niveau de l'ensemble des exploitations suivies, et la quantité de paille et la fréquence de paillage sont insuffisantes. Le prix de la paille est le principal obstacle. Cette situation n'est pas propre à la région d'étude; ABDELGUERFI et ZEGHIDA [198] rapportent qu'à travers le territoire national et durant une grande partie de l'année, la paille y est prioritairement utilisée comme aliment et non comme litière, à cause de son prix élevé.

De même, un abreuvoir mal placé ou une aire paillée en pente favorisent l'apparition d'espaces plus ou moins souillés ce qui peut influencer sur la propreté des animaux ainsi que sur leur répartition sur l'aire paillée [197].

5.2.4.2. Hygiène de la mamelle

Les sources de contamination microbienne du lait peut être réduite au minimum par l'adoption des normes hygiéniques notamment en ce qui concerne la propreté de la mamelle [141], [84].

Globalement, les vaches présentes au niveau des exploitations suivies présentent des mamelles malpropres (Tableau 5.6).

Tableau 5.6: Scores d'hygiène de la mamelle enregistrés au niveau des exploitations suivies

	Nombre de vaches	Scores d'hygiène de la mamelle				$\left(\frac{score3 + score4}{Totalvaches} \right) \times 100$
		Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	
Exp. 1	36	3	7	17	9	72 %
Exp. 2	14	5	6	2	1	21 %
Exp. 3	16	1	4	5	6	68 %
Exp. 4	18	2	9	6	1	38 %
Exp. 5	97	31	37	18	11	29 %
Exp. 6	80	14	53	11	2	16 %
<i>Total</i>	<i>261</i>	<i>56</i>	<i>116</i>	<i>59</i>	<i>30</i>	34%

Les vaches ayant un score 1 ou 2 sont considérées « propres » tandis que celles ayant des scores 3 ou 4 sont considérées « sales » [199]. Il est inacceptable d'avoir plus de 20 % du troupeau à un pointage de 3 ou 4 car les pis souillés augmentent les risques pour la salubrité du lait [184].

Mise à part l'exploitation 6 où les vaches sont relativement propres (16 % de score 3 et 4), toutes les autres exploitations enregistrent des scores 3 et 4 dans plus de 20 % de leur troupeau. Les vaches les plus sales sont celles des exploitations 2 et 3 avec des taux de score 3 et 4 respectivement de 72 et 68 % ce qui augmente considérablement le risque de mammites. Effectivement, au niveau de ces deux élevages, les cas de mammites sont fréquents. De plus, selon COULON et al. [192], certaines vaches réagissent à un environnement microbien défavorable par une augmentation de leur numération cellulaire sans apparition de mammites cliniques.

La mammites environnementale résulte d'une infection du pis par des microbes provenant de l'étable. Ceci est directement liée à la propreté des vaches. Selon SILLETT et al. [184] et RUEGG [194], les microbes environnementaux provoquent la mammites clinique plus souvent que les microbes contagieux, mais plusieurs des infections par des microbes environnementaux ne produisent pas de mammites cliniques. Selon RUEGG [194], il faut veiller à ce que les trayons soient bien nettoyés et bien asséchés et garder l'environnement des vaches en lactation et des vaches tarées aussi propre que possible afin de réduire l'incidence de bactéries environnementales.

DISCUSSION GENERALE

La SAU au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou est de 94 537 ha, soit 31 % de la superficie totale. Le secteur privé, avec 93% de la SAU, est largement dominant. Cependant, elle se caractérise par un extrême morcellement, et un statut juridique privé en indivision, qui rend inefficace toute opération de modernisation des moyens de production. En 2005, il a été recensé sur l'ensemble de la wilaya, 96 000 exploitations agricoles (dont 640 éleveurs agréés) pour un total de 88 870 ha de SAU du secteur privé, soit en moyenne, moins de 1 ha par exploitation ce qui est loin de la moyenne nationale (8.3 ha) déjà faible.

Plus d'un tiers des éleveurs interrogés (36.25 %) ont un niveau d'étude moyen alors que 10 % sont des sans niveau et 8.75 % sont des universitaires; au niveau national, ces proportions sont respectivement égales à 5.8 %, 65 % et 1%. Par ailleurs, la quasi-totalité (97,5 %) de ces chefs d'exploitations n'a pas suivi de formation agricole (97,3 % au niveau national).

Le nombre moyen de vaches par exploitation (20.5) est supérieur à celui signalé au niveau national (8 sujets) par le GREDAAL [167] et par BENYOUCEF et al [186] au niveau de la Mitidja (14.2). Selon la direction des services agricoles, le nombre de vaches laitières au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou est passé de 18700 en 1986 à 38550 en 2005. Les vaches de race montbéliarde semblent mieux adaptées aux conditions d'élevages dans la région puisqu'elles réalisent les meilleures performances. Ceci explique la préférence des éleveurs pour cette race (présentes dans 82.5 % des élevages). Situation signalée aussi dans la région de sétif par MADANI et al. [200].

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 34% par HOUMANI [201]. Les éleveurs sont alors contraints de se rabattre sur des fourrages de moindre qualité mais surtout d'utiliser les concentrés d'une manière abusive. Dans la région d'étude, le déficit fourrager est estimé à 30% [202].

L'étude des rations des vaches laitières au niveau des élevages suivis montre que celles-ci sont déséquilibrées et non « réfléchies ». Cette situation résulte d'une mauvaise utilisation des fourrages, lorsqu'ils existent, et d'une méconnaissance des complémentations possibles. La production de lait s'effectue à « coups de concentrés », ce qui est classiquement observé dans le Sud méditerranéen [203] ; [204]; [178] .

L'utilisation abusive de concentrés induit une dépréciation de la productivité des vaches laitières, provoque leur engraissement, diminue le taux butyreux du lait et augmente les coûts de production. De plus, elle présente un risque élevé de troubles sanitaires d'ordre digestif (météorisation, indigestion, diarrhées, déplacements de la caillette, boitement) [205] et métaboliques notamment une acidose latente ou sub-clinique [77]; [206]. Ce qui serait le cas au niveau des exploitations suivies du fait de la forte présence de grains dans les bouses des vaches. Selon, BEAUCHEMIN [77], l'acidose diminue la digestibilité des fibres dans le rumen ce qui diminue l'efficacité alimentaire et augmente le coût de l'aliment. Selon CHENOT et KAYOULI [207], la complémentation «supplémentaire» qui apporte les nutriments permettant de couvrir les besoins de production devra être réaliste sur le plan non seulement nutritionnel mais également socio-économique (disponibilité, coût,...etc.).

Sur l'ensemble des élevages suivis, l'aliment concentré est mal valorisé (0.8 UFLcc/kg de lait). Au niveau de l'est algérien, région la plus riche en fourrages, MADANI et al. [170] ont rapporté de meilleures performances allant de 0.32 à 0.53. Dans les conditions d'élevage au Maroc, SRAÏRI et al. [165] signalent un rendement de 0.76.

La part du concentré dans l'apport énergétique total pour les vaches suivies est en moyenne de 34,8 %. Au niveau national, ADEM [164] signale un taux de 50 % alors que SRAÏRI et EL KHATTABI [208] signalent un taux de 72.9 % au niveau des exploitations marocaines.

Les foins, notamment celui de vesce-avoine, sont la base de l'alimentation des vaches laitières au niveau de la région d'étude. A cause du nombre réduit d'espèces fourragères cultivées, de la faiblesse des surfaces et des techniques culturales pratiquées, les vaches laitières ne reçoivent du fourrage vert que durant une très courte période de l'année. En plus de la faible superficie consacrée aux cultures fourragères en Algérie,

ABDELGUERFI et LAOUAR [209] signalent la domination des cultures fourragères destinées à la constitution de réserves principalement sous forme de foin, ce qui réduit considérablement l'utilisation des fourrages en vert.

Les fourrages classiques à base de vesce-avoine présentent généralement une faible valeur nutritive: riches en cellulose, pauvres en protéines, peu digestibles et encombrant le rumen. De plus, le foin est souvent pauvre en vesce et la récolte est généralement tardive. Cette situation est similaire à celle signalée par KAYOULI et al. [210] en Tunisie.

Selon DULPHY [211], l'alimentation à base de foin d'un troupeau laitier devient de plus en plus difficile au fur et à mesure que le potentiel des animaux augmente. Réalisées dans de bonnes conditions, les foins distribués aux vaches laitières peuvent couvrir les besoins d'entretien des animaux et jusqu'à 12-13 kg de lait pour les multipares si la récolte du fourrage est très précoce. Cette condition est loin d'être satisfaite dans la région d'étude. En effet, les foins utilisés sont dans la plus part des cas, mal fanés et mal conservés ce qui se répercute négativement sur leur valeur nutritive [212]

Selon HOUMANI [201], les élevages de bovins laitiers en Algérie se caractérisent par l'usage excessif des foins secs et des concentrés, au détriment des fourrages verts et de l'ensilage. D'ailleurs, durant une grande partie de l'année, la paille est prioritairement utilisée comme aliment et non comme litière, à cause de son prix élevé [198]. Selon ANDERSON et HOFFMAN [213], la paille ne doit être utilisée qu'exceptionnellement comme fourrage pour la vache laitière.

Contrairement à la région de la Mitidja où les cultures fourragères sont dominées par le bersim, la luzerne et rarement le sorgho, dans la région de Tizi-Ouzou notamment au niveau des plaines de Freha, c'est le sorgho qui est le plus cultivé pour une utilisation en vert alors que la vesce-avoine est cultivé pour une utilisation sous forme de foin. Selon ABDELGUERFI et LAOUAR [209], le sorgho est la culture estivale la plus pratiquée au Maghreb, compte tenu de sa résistance à la sécheresse.

Au niveau de la région d'étude, l'alimentation n'est généralement pas *ad libitum* et les vaches ne mangent pas à leur faim, à cause notamment de la cherté et de l'indisponibilité des aliments (fourrages et concentrés). La situation de sous alimentation, après quatre lactation, se répercute directement sur le taux de survie des vaches qui résulte

de la politique de réforme basée principalement sur la sortie des femelles vides [79]. En terme de quantités, il faut mettre en place tous les moyens possibles pour hausser la consommation des vaches. Selon PELLERIN et al [214], avec une baisse de seulement 5 % de la consommation totale de fourrage, les concentrés devront être majorés de 20 à 50 % pour obtenir la même production de lait.

Les fourrages de qualité permettent une production plus élevée au pic de lactation. L'augmentation de la production d'un kilogramme de lait au pic de lactation entraînera une augmentation de 200 kg sur l'ensemble de la lactation. La différence au pic est d'environ 6 kg entre un fourrage pauvre et un fourrage de bonne qualité [214]; l'augmentation de 10 % de la consommation totale permet d'obtenir des pics plus élevés de 10 kg de lait. On peut imaginer l'impact d'une telle augmentation sur la production totale d'une vache.

Que ce soit au niveau des élevages enquêtées ou de ceux suivis, toutes les vaches reçoivent la même ration, indépendamment de leur niveau de production, de leur stade physiologique et parfois même durant la période de tarissement. Cette situation est signalée aussi dans les élevages laitiers dans la région de Constantine (Est algérien) par KAYOUECHE [215]. Des restrictions drastiques des quantités distribuées ont été faites à cause de la sécheresse et de l'augmentation du prix des aliments.

Trois systèmes d'alimentation sont identifiés au niveau de la région: le système hors sol, le système « concentré + fourrage » et le système « classique » fourrage + concentré. Ce dernier système, malgré une sole fourragère non négligeable, est similaire à celui que FAYE et ALARY [166] ont appelé « système agro-élevage » ou *mixed farming system* où la part des intrants est très importante en particulier pour l'alimentation du bétail.

L'autonomie alimentaire des exploitations est loin d'être atteinte. Cette situation s'explique par le niveau de consommation de concentrés élevé alors que ces derniers sont achetés en quasi totalité. La surface disponible est une des conditions nécessaires à la mise en œuvre des systèmes autonomes. L'autonomie alimentaire a un impact direct sur la durabilité des exploitations [216]; [217].

En élevage de ruminants, l'amélioration de l'autonomie alimentaire peut être obtenue non seulement par une limitation des intrants et une amélioration de la qualité et de la quantité des fourrages et concentrés produits sur l'exploitation, mais également par le pilotage des fonctions de production des animaux dans un contexte de sous-alimentation / ré-alimentation. Selon BLANC et al. [179], un tel pilotage du bilan nutritionnel, incluant des phases de restriction alimentaire et de réalimentation, est envisageable pour accroître l'autonomie alimentaire, sur la base des capacités adaptatives des animaux à la sous-nutrition, particulièrement celles des femelles reproductrices. Est-il possible d'envisager l'application d'une pareille méthode dans les conditions qui caractérisent l'élevage du bovin laitier dans notre région d'étude?

Concernant les rendements laitiers, la moyenne technique est de 12.78 ± 3.67 litres de lait/vache/jour et la moyenne économique de l'ordre de 9.45 ± 2.5 litres/vache/jour. Pour la même région d'étude et concernant la campagne agricole 2000/2001, ADEM [164] signale 13.52 et 9,49 litres/vache/jour respectivement pour la moyenne technique et la moyenne économique. Le même auteur, rapporte dans le cadre du CIZ (centre d'information zootechnique) qui suit 88 exploitations et 1995 vaches laitières sur l'ensemble du territoire national, une moyenne technique de 13.38 et une moyenne économique de 9.81 litres/vache/jour. Pour la région de la Mitidja, réputée parmi les principaux « bassins laitiers » du pays, OUKLI et YAKHLEF [171] signalent une moyenne technique de 11.48 et une moyenne économique de 8.91 litres/vache/jour. Rapportée à une lactation de référence (305 j), la production au niveau des exploitations suivies avoisine les 3900 litres ce qui est légèrement supérieur aux performances signalées par SRAIRI et BAQASSE [218] au Maroc (3560 litres) mais largement inférieur aux potentialités des deux principales races élevées à savoir la Montbéliarde et la Holstein.

L'exploitation 2, qui réalise le meilleur rendement est celle où le concentré est le plus utilisé avec 5490.69 kg de concentré/vache/an et un rapport UFLcc/kg de lait de 0.98. L'exploitation 5 qui réalise le moins bon rendement, est celle où le concentré est le moins utilisé (3678.30 kg de Concentré/vache/an et un UFLcc/kg de lait de 0.57). Le rendement laitier moyen (4101.07 kg/vache/an) est légèrement supérieur à la moyenne nationale qui est de l'ordre de 3806 kg/vache/an [219].

Il est nécessaire que les conditions d'hygiène du logement des vaches soient améliorées pour favoriser un meilleur niveau de propreté des mamelles des vaches lors de leur entrée en salle de traite [220].

A l'orée des changements qui s'opèrent au niveau du secteur de l'élevage en particulier et de celui de l'agriculture en général, les éleveurs laitiers algériens sont condamnés à la maîtrise parfaite de l'alimentation des troupeaux et ce pour plusieurs raisons. En plus de l'augmentation des quantités de lait à produire pour répondre à une demande de plus en plus importante et une compétitivité indispensable à l'ouverture du marché aux producteurs européens et américain, le volet environnement s'imposera sans conteste. En effet, comme ceci a cours au niveau européen et américain, les éleveurs seront contrôlés et responsabilisés sur les rejets azotés, source de pollution des nappes phréatique et par conséquent problème potentiel de santé publique. De plus, le méthane qui provient de l'élevage et, en particulier, de la digestion ruminale contribue de façon significative à l'effet de serre surtout du fait de son pouvoir de réchauffement élevé [221]. Malgré le fait que ce méthane entérique ne représente qu'au maximum 5 % de l'ensemble des gaz à effet de serre [222], il est de plus en plus nécessaire de réduire cette proportion. Parmi les voies qui sont explorées pour réduire les émissions au niveau de l'animal [221], [222], la composition de la ration apparaît comme une pratique en partie maîtrisable par l'éleveur.

CONCLUSION

Au niveau de la région de Tizi-Ouzou, l'alimentation des vaches laitières est basée, pendant presque toute l'année, sur les fourrages secs, le concentré et les pailles. La dépendance des élevages vis-à-vis des concentrés est importante, ceci montre le caractère hors-sol de la production laitière au niveau de cette région. La valorisation de l'énergie de ces concentrés en lait démontre nettement un gaspillage quasi général à cause, notamment, de l'insuffisance de fourrages.

De manière générale, les élevages laitiers, dans cette région, se caractérisent par l'alimentation des vaches à «coups de concentrés», l'absence du rationnement, une hygiène globale défectueuse à la traite et dans les bâtiments d'élevage.

La conduite alimentaire des élevages laitiers telle qu'elle est pratiquée (mauvaise utilisation des fourrages, non maîtrise de la conduite alimentaire des vaches se traduisant par une complémentation inadaptée à la physiologie des animaux), conjuguée à l'insuffisance de l'offre fourragère constitue un frein au développement de la production laitière dans la région.

Le développement d'une production laitière intensive ou semi-intensive nécessite un encadrement technique de qualité. Il est nécessaire de renforcer l'encadrement et l'accompagnement des éleveurs par une meilleure prise en charge de la formation vulgarisation notamment pour ce qui est des techniques modernes d'élevage laitiers particulièrement celles concernant la conduite alimentaire des troupeaux.

Le développement de l'élevage bovin laitier est indissociable de l'intensification et diversification des cultures fourragères, ce qui est difficilement réalisable dans la région de Tizi-Ouzou.

APPENDICE A
LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

AADI : acides aminés digestibles dans l'intestin
ACP : analyse en composantes principales
ADF : acid detergent fiber
ADL : acid detergent lignine
AFC : analyse factorielle des correspondances
AG : acides gras
AGL : acides gras libres plasmatiques
AGV : acides gras volatils
ANDE : Matières azotées non dégradées par les enzymes
ANP : azote non protéique
BA : besoins alimentaires
BCS : body condition score
BN : besoin net
C3 : propionate
CB : cellulose brute
DE : dégradation enzymatique
dE: digestibilité de l'énergie
dMA : digestibilité de la matière azotée
dMO : digestibilité de la matière organique
dr : digestibilité réelles des protéines
DT: dégradabilité théorique
EB: énergie brute (kcal /kg de MS);
ED: énergie digestible (kcal / kg de MS)
EM : énergie métabolisable en Kcal / kg de MS
EN : énergie nette en Kcal / kg de MS
Exp: Exploitation
Glu : glucose
KI : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la production laitière
LHS : lipase hormono-sensible
LRM : loi de réponse multiple
MAT : matière azotée totale

MAT: matières azotées totales
MG : matiere grasse
MM : matiere minerale
MOD : matières organiques digestibles en g/kg de MS
MOF : matière organique fermentescible
MSI : matière sèche totale ingérée
NDF : neutral detergent fiber
NEC : note d'état corporelle
PDI : proteines digestibles dans l'intestin
PDIA : proteines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire
PDIM : proteines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne
PDIME: protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne permises par l'énergie
PDIMN : protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne permises par l'azote
q : Rendement de l'énergie brute en énergie métabolisable
RMU : ration mélangée unique
RTM : ration totale mélangée
SFI: Surface Fourragère Irriguée
SFNI: Surface Fourragère Non Irriguée
SFT: Superficie Fourragère Totale
TB : taux butyreux
TG : triglycérides
TMR : Total-Mix-Ration
UD= rendement de l'utilisation digestive
UE : Unité d'encombrement
UEB : unité d'encombrement bovin
UEL : unit e d'encombrement lait
UEM : unité d'encombrement mouton
UFL : unité fourragre lait
UFV : unité fourragere viande
UM= rendement de l'utilisation métabolique
UNT : unités nutritives totales

APPENDICE B
POIDS VIFS MOYENS DES VACHES SUIVIES

Exp	Poids vide	Ec type	Poids pleine	Ec type
Exp 1	442,43	37,38	558,19	76,8
Exp 2	321,14	156,76	576,78	56,83
Exp 3	494,65	53,58	559,38	75
Exp 4	540,06	62,37	543,83	79,76
Exp 5	559,37	66,45	662,72	83,7
Exp 6	558,80	66,75	662,77	83,7

APPENDICE C

APPRECIATION DE LA RATION DISTRIBUEE AUX VACHES LAITIERES
DANS LES EXPLOITATIONS SUIVIES

	Besoins			Ration effectivement distribuée				
		UFL	PDIN	PDIE		UFL	PDIN	PDIE
Exp 1 PV : 560 kg Prod. : 11.5 l/j Lait à 3.5 % MG	Besoins totaux	9.33	2271,7	2271,7	Apports totaux	16.2	1461.1	2051.4
Exp 2 PV : 575 kg Prod. : 12.8 l/j Lait à 3.5% MG	Besoins totaux	13.44	989.21	989.21	Apports totaux	18.4	875.36	1012.3
Exp 3 PV : 560 kg Prod. : 10.9 l/j Lait à 3.5 % MG	Besoins totaux	9.01	1237.3	1237.32	Apports totaux	13.58	912.38	856.67
Exp 4 PV : 545kg Prod. : 10.5 l/j Lait à 3.5 % MG	Besoins totaux	8.96	1176.8	1176.89	Apports totaux	12.75	969.81	1156.3 9
Exp 5 PV : 660 kg Prod. : 10.00 l/j Lait à 3.5 % MG	Besoins totaux	9.46	1196.5	1196.57	Apports totaux	10.67	1287.6	938.61
Exp 6 PV : 650 kg Prod. : 11.7 l/j Lait à 3.5 % MG	Besoins totaux	10.06	1316.4	1316.42	Apports totaux	12.21	1156.1	1294.3

**APPENDICE D
FICHE DE SUIVI DES VACHES LAITIÈRES**

Exploitation : Vache N° : Race :

N° lactation : / Date de vêlage : / Mois de lactation : / N° IAF : / Mois de gestation :



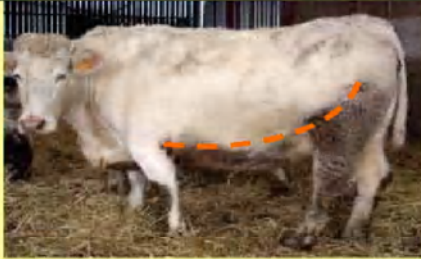



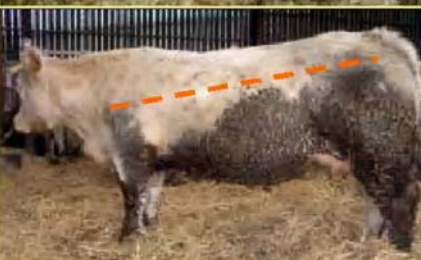



Jour (date)	Tour de poitrine	Quantité de lait				Quantités de fourrage		Aliment concentré		Observations
		Matin N.H.M	Soir N.H.M	Foin (nature + kg)	Paille (kg)	Formule	Kg			

N.H.M : Note hygiène mamelle

APPENDICE E

GRILLE DE NOTATION DE LA PROPRETE DES BOVINS VIVANTS [140]

Classes de propreté	Sites d'observation	
	sur le flanc	sur l'arrière
<p>A : « propre »</p> <p>Absence de salissures sur l'animal ou salissures à l'état de traces</p>		
<p>B : « peu sale »</p> <p>Zones de salissures s'étendant sur la moitié inférieure de la cuisse et sur le bas du ventre et du sternum</p>		
<p>C : « sale »</p> <p>Zones de salissures s'étendant du haut de la cuisse (trochanter) jusqu'à l'avant du sternum</p>		
<p>D : « très sale »</p> <p>Zones de salissures s'étendant de la fesse (hanche) jusqu'à la pointe de l'épaule. Les salissures remontent sur le côté jusqu'en haut du flanc et forment une croûte épaisse.</p>		

Cette grille vise à apprécier l'état de propreté des gros bovins.

Les salissures jugées sont des salissures sèches

L'animal est à juger en position debout, idéalement sur le côté, à défaut à l'arrière

Lorsque l'état de propreté n'est pas identique sur les deux flancs de l'animal la notation est établie sur le jugement du flanc le plus sale

Les zones à juger sont les zones s'étendant sous une ligne allant de l'attache de la queue au haut de l'épaule.

APPENDICE F

GRILLE DE NOTATION DE LA PROPRETE DES MAMELLES SELON LE MODELE DE RUEGG [141]



1-866-TOP-MILK

DATE: _____
 FARM: _____
 GROUP: _____

UDDER HYGIENE SCORING CHART

Score udder hygiene on a scale of 1 to 4 using the criteria below.
 Place an X in the appropriate box of the table below the pictures.
 Count the number of marked boxes under each picture.

SCORE 1
Free of dirt

SCORE 2
Slightly dirty
2 - 10 % OF SURFACE AREA

SCORE 3
Moderately covered with dirt
10 - 30 % OF SURFACE AREA

SCORE 4
Covered with caked on dirt
>30% OF SURFACE AREA



1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25	21	22	23	24	25

Total Number of udder scores: _____
 Number of udders scored 1: _____
 Number of udders scored 2: _____
 Number of udders scored 3: _____
 Number of udders scored 4: _____

Percent of Udders Scored 3 & 4: _____
 Udders scored 3 and 4 have increased risk of mastitis as compared to scores 1 & 2



APPENDICE G

Questionnaire

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Saad DAHLAB - Blida
Faculté Agro-Bio-Vétérinaires
Département d'Agronomie

Questionnaire

Le présent questionnaire est établi dans le cadre d'une enquête sur la situation de l'élevage bovin dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Cette enquête est initiée dans le cadre d'un mémoire de magistère en productions animales.

Nous vous sollicitons pour le remplissage de ce document et vous remercions pour votre aide et compréhension.

Date de l'enquête :

Enquêteur:

- Identification de l'exploitation

- Wilaya:
- Daira:
- Commune:
- Village:
- Code de l'élevage:
- Exploitant :
 - Sexe : M F
 - Age:
- Depuis quand exercez-vous l'élevage bovin.....ans
 - Autre activité de l'exploitant:
 - Niveau d'instruction:
 - Sans
 - Primaire
 - Moyen
 - Secondaire
 - Universitaire
 - Formation agricole: oui non
 - Si oui:
 - Niveau:
 - Type de formation:
 - Altitude
 - Date de création de l'exploitation:
 - Statut juridique de l'exploitation:
 - Exploitation privée
 - Fonds propres

Aide de l'état
* Type:

- Ferme pilote
- EAC
- EAI
- Autre

- Accessibilité :

- RouteKm
- MarchéKm
- Abattoir.....Km
- Vétérinaire.....Km

- Main d'œuvre :

Nombre d'employés permanents :

Avez-vous recours à :

une main d'œuvre familiale

une main d'œuvre occasionnelle

Entre-aide

Un prestataire de service Lequel ?.....

A quelle période de l'année avez-vous souvent besoin d'une main d'œuvre supplémentaire ?.....

- L'exploitations est orientée vers:

• les productions animales

Production laitière

Bovins à l'engrais

Mixte

Autre

Nombre de têtes :

Ovins

Caprin

Aviculture.....

Cuniculture.....

Autres.....

• Mixte (animal + végétal)

- Nombre d'UGB sur l'exploitation ?

- Structure des terres:

• Surface agricole totale (SAT):

• Surface agricole utile (SAU):

• Surface fourragère totale (SFT):

• Surface fourragère irriguée (SFI):
.....

• Céréaliculture:

• Jachère:

• Maraîchage:
.....

• Arboriculture:

- Mode d'élevage : zéro-grazing pâturage pâturage et stabulation)

- Stabulation :

▪ libre

▪ entravée

▪ semi-entravée

- Bascule Présente Absente

- Pédiluve Présent Absent

Inventaire des animaux

Animaux identifiés (présence de boucles) : Oui non

Si oui, comment

Origine des animaux :

• Importés

Pays :

Importateur : Eleveur Coopérative

Autre :

• Achetés localement

Marché à bestiaux Lequel ?

Particulier

Coopérative

Nombre de vaches

▪ En lactation :

▪ En tarissement :

▪ Total des vaches :

Nombre de mâles :

Total des animaux :

Races	Nombre vaches laitières			Génisses	taureaux		Taurillons (10 – 24 Mois)	Bœuf (≥2ans)	veaux	velles	total
	1 ^{ere} lact	2 ^{eme} lact	3 ^{eme} lact et plus		repro	engrais					
-											
-											
-											
-											
-											
-											
Total											

Bâtiment

Type de bâtiment	Nombre	Date de construction	Surface totale	Toiture	Etat général
Etable moderne					
Hangar simple en dur					
Hangar simple en bois					
Hangar simple en tôle					

- Aire d'exercice

▪ Type couvert : abritée à l'air libre

▪ Dimension (surface par vache) :

▪ Nature du sol :

- Mélangez-vous les bovins avec d'autres espèces d'animaux? Oui non

Si oui, lesquelles?

- Quelles distances y a t'il entre les bâtiments des différents élevages ?

.....

- Le sol est en : Béton Terre battue Autre:

- Nature de la litière :

- Etat de la litière : Sèche Parfois humide Toujours humide

- Fréquence de changement de litière : 2 fois/j 1 fois/j 1 fois/2j

Autre:.....

- Quantité de litière utilisée / logette/jour :.....

Culture Fourragère

- Distance moyenne des parcelles au siège de l'exploitation.....

- Généralement, avez vous une production fourragère suffisante sur l'exploitation?

Oui Non

- Superficie totale consacrée aux cultures fourragères :

1- Fourrages conduits en sec:ha

Espèce fourragère	Surface (ha)	Rendement en foin (nombre de bottes/ha) ?	Rendement en grain
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

2- Fourrages conduits en irrigué:ha

Espèce fourragère	Surface (ha)	Rendement en foin	Rendement en grain
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

- Provenance des eaux d'irrigation :

• Barrage

• Retenue collinaire

• Oued

• Forage

• Autres.....

- Utilisez-vous des engrais ? Oui Non

Si oui :

Type d'engrais	Nature *	Quantités (Qt/ha)
Engrais du commerce		
Autre.....		
Lisier		

* Noter si possible la composition chimique (engrais du commerce).

- Connaissez vous des techniques d'amélioration de la qualité des fourrages?

Si oui, lesquelles?.....

Pratiquez-vous l'une d'entre elles?.....

Pourquoi?

- Pratiquez-vous l'ensilage ? Oui Espèces

fourragères:.....

Non Pourquoi:.....

Arbres fourragers :

* Frêne

* Orme

* Caroubier

* chêne vert

* Autres :

Achats des fourrages : (quantités + prix)

* Foin.....

* Paille.....

*Autre(s)

- Disposez-vous d'un calendrier fourrager ? Oui non

Mois Aliments	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec

- Le stockage des aliments se fait dans:

Lieu : une grange coin du bâtiment d'élevage

autre:.....

Conduite de l'élevage.

-Alimentation

- Mode d'alimentation: Pâturage Pâturage + complément Alimentation à l'auge

- Types de parcours pâturés par les animaux:

• parcours forestiers

• maquis

• jachère

• prairies naturelles

- En cas de pâturage :

- qui s'occupe du gardiennage des animaux ?.....Km
- Distance parcourue par le troupeau.....Km

- Effectuez vous la transhumance ? Oui non

Si oui :

- Lieux :.....
- Distances par rapport à l'exploitation.....Km.
- Moyens de transport :.....
- Durées de séjoursjours
- Organisation sur place.....

- Calcul de rations Oui non

- Pour toutes les catégories d'animaux Oui non

- Si non, pour quelles catégories

* Pourquoi ces catégories.....

- Quelle est la quantité de lait permise par la ration de base (fourrage) ?.....Litres/Jour

Quantités de fourrages distribuées (kg) par jour

Catégorie d'animaux	Fourrages distribués (verts /secs)	Quantités distribuées	Nombre de fois par jour	Quantités ingérées
Vaches laitières				
Génisses				

• Concentré :

Aliments concentrés achetés :

Type de concentré	Prix unitaire	Quantités achetées (par an)	Prix total
.....
.....
.....
.....

Aliments concentrés fabriqués au niveau de l'exploitation :

Aucun

Aliments fabriqués :

Type	Matières premières utilisées	Proportions

Distribution de concentrés par jour (kg):

catégorie d'animaux	Type de concentré	Quantités distribuées	Nombre de fois par jour	Quantité ingérée
Vaches laitières				
Génisses				

Utilisez-vous :

- Pierre à lécher - Sel - CMV - Aucun

• **Approvisionnement en aliments :**

Privés Coopératives Offices

Autres

- Quels sont les sous-produits agro-industriels que vous donnez à vos animaux:

Aucun Son de blé Drêches de brasserie Grignon d'olive Mêlasse

Autre:

- Provenance du lait de remplacement :

• **Abreuvement :**

- Quelles sont vos sources d'approvisionnement en eau :

Conduite AEP Puits Sources Rivière

- Où et comment stockez-vous l'eau

d'abreuvement :

- Fréquence de changement d'eau de

stockage:.....

- Abreuvement à volonté oui non

Si non, quels sont les horaires d'abreuvement ?

	Avant la traite	Après la traite	Avant le concentré	Après le concentré
Matin				
Midi				
Soir				

- Utilisez-vous des bacs à eau : Collectifs Individuels

▪ Nombre et dimensions (places par vache) :

▪ Localisation :

▪ Fréquence de changement d'eau :

- Utilisez-vous des abreuvoirs automatiques :

- Nombre :
- Propreté :

Production laitière :

- Fréquence journalière de la traite?
- Matériel utilisé: Automatique Manuel
- Disposez vous d'une cuve de réfrigération du lait ?
Oui
Capacité :.....
Non
- Est-ce que vous commercialisez toute votre production de lait? Oui non
- Si oui: lieu d'écoulement:..... Prix:.....
Mode d'écoulement: Gros Détail
- Si non: part de la production non commercialisée:
- Destination:
- Problèmes majeurs rencontrés dans la commercialisation du lait :
 - Conservation
 - Transport
 - Collecte
 - Autre.....
- Etes vous satisfait du prix de vente du lait ? Oui non
Si non, pourquoi ?
.....
.....

Hygiène et santé

- Appliquez-vous des mesures pour empêcher l'introduction de maladies infectieuses ou d'animaux malades dans le troupeau? Oui Non
- Suivez vous un plan de prophylaxie ? Oui Non
- Si oui, comment vous l'établissez ?.....
.....
.....
- Nettoyage du bâtiment :
 - Système de nettoyage :
 - Fréquence du nettoyage :
- Faites-vous la désinfection et la désinsectisation de l'étable ? Oui Non
- Si oui :
 - Avec quel produit ?.....
 - Avec quel outil ?
 - Avec quelle fréquence ?
- Durant quelle saison enregistrez-vous le plus de problèmes sanitaires ?
Hiver Printemps Eté Automne
- Déparasitez-vous vos animaux ? Oui Non avec quelle fréquence ?
- Vaccinez-vous vos animaux ? Oui Non
Contre quelles maladies ?.....

- Sources d'approvisionnement en produits vétérinaires :
.....

- Identifiez-vous toutes les bêtes traitées dans le troupeau (p. ex., ruban aux pattes)?

Précisez le type :

- Entreposez-vous les aiguilles, les médicaments et les produits chimiques utilisés sur le bétail dans un lieu prévu à cet effet et dans des conditions de propreté et d'hygiène, conformément aux directives de l'étiquette? Oui Non

- Tenez-vous un registre écrit permanent de tous les médicaments et les produits chimiques utilisés sur le bétail? Oui Non

- Faites vous appel à un même vétérinaire pour le suivi sanitaire de votre élevage?

Oui Non Si oui, depuis combien d'années :

- En moyenne, combien de fois par année, le vétérinaire intervient-il au sein de votre élevage ?fois/année.

- La majorité des visites du vétérinaire sont :

- périodiques intervalle entre deux visites :

- programmées comment :

- sur appel

- y a t-il en Algérie des maladies bovines à déclaration obligatoire?

N'existent pas

Connais pas

Existent Se sont :

- Avez-vous des contacts avec l'agent communal de vulgarisation (ACV) ? Oui non
 Si oui, êtes-vous satisfait de ses services ? Oui non

-Gestion Technique et Economique

- Savez-vous qu'il y'a :

• Une prime de livraison du lait à une unité de transformation Oui Non

• Une prime de gestation Oui Non

• Aide de l'Etat si abattage obligatoire Oui Non

- Votre cheptel est-il assuré ? Oui Non

Si oui, contre quoi ?

Si non, pourquoi ?

- Que représente (en pourcentage) la charge alimentaire dans le prix de revient :

• Un litre de lait :%

• Un kg de viande :%

- Quelles sommes dépensez-vous en soins vétérinaire annuellement ?DA/An

- Combien vous payez une consultation vétérinaire ?

- Que pensez-vous des honoraires pratiqués par les vétérinaires ?

- Perspectives

- Comment a évolué votre troupeau ces cinq dernières années ?

- Effectif stable Pourquoi ?.....
- Effectif en augmentation Pourquoi ?.....
- Effectif en régression Pourquoi ?.....

- Comment voyez vous l'avenir de votre exploitation ?

- Arrêter Pourquoi ?
.....
.....
.....
- Continuer
- Agrandir Comment :
.....
.....
.....

REFERENCES

1. Sauvant, D., « Introduction à l'alimentation animale. » Polycopé de cours supérieur d'alimentation des animaux domestique, INA Paris-Grignon., (1996), 21p.
2. Jarrige, R., « Introduction. » In : R. Jarrige (ed), Alimentation des ruminants, (1978). p11-21. INRA, Paris.
3. Drogoul, C., Gadoud, R., Joseph, M.M., Jussiau, R., Lisberney, M.j., Mangeol, B. et Montméas L., Tarrit A., « Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. » Educagri édition . (2004). T1: 270p; T2:313p.
4. Sauvant, D., « Principes généraux de l'alimentation animale. » Polycopé de cours, INAPG. (2004), http://www.inapg.fr/spip/IMG/pdf/dsa_nal_principes.pdf
5. Sauvant, D. « Le concept de lois de réponses multiples aux régimes, trait d'union entre les domaines techniques et économiques de l'élevage » Renc. Rech. Rum., V.6, (1999), 11-17
6. Bocquier, F., Blanc, F., Agabriel, J. et Chilliard, Y. « Régulations biologiques de la composante animale des systèmes d'élevage. » In E. Chia, B. Dedieu, C.H. Moulin, M. Tichit (Eds.) « Transformation des pratiques techniques et flexibilité des systèmes d'élevage ». Séminaire INRA SAD TRAPEUR, Agro M., Montpellier, (2004). <http://www2.clermont.inra.fr/TSE/Templates/18BOCQUIERDEF.pdf>
7. Meyer, C. et Denis, J.P. « Elevage de la vache laitière en zone tropicale. » édition CIRAD-emvt, (1999). 305 p.
8. Sauvant, D. et Van Milgen, J., « Les conséquences de la dynamique de la digestion des aliments sur le métabolisme ruminal et les performances animales. » INRA Prod. Anim., V.8 n° 5, (1995). 353-367.
9. Sauvant, D., Schmidely, P. et Daudin, J.J., « Les méta-analyses des données expérimentales: applications en nutrition animale » INRA Prod. Anim. V.18, (2005). 63-73. <http://www.inra.fr/productions-animales/tap2005/dsauv251.pdf>
10. St-Pierre, N.R., « Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. » J. Dairy Sci. V.84, (2001). 741-755. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/84/4/741.pdf>
11. Demarquilly, C., Faverdin, P., Geay, Y., Vérité, R. et Vermore, M., « Bases rationnelles de l'alimentation des ruminants. » INRA Prod. Anim., hors série, V. 4. (1996). 71-80.
12. Vermorel, M., Coulon, J.B. et Journet, M., « Révision du système des Unités Fourragères. » Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, V.70, (1987), 9-18.
13. Vérité, R., Michalet-Doreau, B., Chapoutot, P., Peyraud, J.L. et Poncet, C., « Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin. » Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, V.70, (1987), 19-34.

14. Andrieu, J. et Demarquilly, C., « Valeur nutritive des fourrages : tables et prévision. » Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, V.70, (1987), 61-74.
15. Hvelplund, T., Andrieu, J., Weisbjerg, M.R. and Vermorel, M., f “The energy and protein value of forages for ruminants.” In: M.Journet, E. Grenet, M.H.Farce, M.Thériez, C.Demarquilly (eds), Recent developments, in the Nutrition of Herbivores. Proceedings of the Ivth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, (1995), 205-227. INRA Editions, Paris.
16. Sauvant, D., M.Perz, G. et Tran. G. « Tables de composition et de valeur nutritive des matieres premieres destinées aux animaux d'élevage. » Edition. INRA-AFZ,(2002).p256.
17. Baumont R., Champciaux P., Agabriel J., Andrieu J., Aufrère J., Michalet-Doreau B. et Demarquilly C., « Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants : PrévAlim pour INRAtion. » INRA Prod. Anim., V.12, (1999),183-194. <http://www.inra.fr/internet/Produits/PA/an1999/tap1999/baumont993.pdf>
18. Sauvant, D., Aufrere, J., Michalet-Doreau, B., Giger-Sylvie, J. et Faverdin, P. « Valeur nutritive des aliments concentrés simples: tables de prévision. » Bull.Tech. CRZV Theix, INRA V.70 (1987). 75-89
19. Aufrere, J., « Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. » Ann. Zootech., V.31, (1982), p 111-130.
20. Giger-Reverdin, S., Aufrere, J., Sauvant, D., Demarquilly, C., Vermorel, M. et Pochet, S., « Prévision de la valeur énergétique des aliments composés pour les ruminants. » INRA, Prod. Anim., V.3(3), (1990),181-188.
21. INRA « Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. » (C. Demarquilly ed.). INRA, Paris, '(1981). 580 p.
22. Baker, L. D., J. D. Ferguson, Chalupa, W. "Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows." J. Dairy Sci. V.78:1995.2424–2434. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/78/11/2424.pdf>
23. Offner, A., « Modélisation systémique de la digestion dans le rumen: comparaison des modèles existants, modélisation des flux d'amidon, approche thermodynamique des fermentations » Thèse de doctorat en Nutrition animale, INAP-G(France) (2003.)196p. http://pastel.paristech.org/bib/archive/00000448/01/THESE_AneOffner.pdf
24. Pavé (1994) cité par Hoch et al. (2004).
25. France et Thornley (1984) cités par Hoch et al. (2004).
26. Hoch, T., Pradel, P. et Agabriel, J. « Modélisation de la croissance de bovins: évolution des modèles et applications. » INRA Prod. Anim., V.17, (2004). 303-314. <http://www.inra.fr/productions-animales/an2004/num244/hoch/th244.htm>
27. Rulquin, H. et Champredon, C., « Les acides aminés dans l'alimentation des ruminants. » Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, V.70, (1987).99-104.
28. Rulquin, H., Vérité, R., Guinard-Flament, J. et Pisulewski, P.M., « Acides aminés digestibles dans l'intestin. Origines des variations chez les ruminants et répercussions

- sur les protéines du lait. » INRA Prod. Anim., V.14, (2001a). 201-210.
<http://www.inra.fr/productions-animales/an2001/tap2001/hr213.pdf>
- 29.Schwab, C.G., and Ordway. R.S. Amino acid supplementation of dairy cattle: Need ? Responses ? Economics ? Proceedings of the 22nd Western Nutrition Conference. September (2001).
<http://www.das.psu.edu/dairynutrition/documents/schwabaminoacids.pdf>
- 30.Lapierre, H., Berthiaume, R. and Dubreuil, P., « Équilibrer les rations pour les acides aminés: rêve ou réalité. » 26^e Symposium sur les bovins laitiers (CRAAQ-Université de Sherbrooke), (2002). 11-29.
http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/Documents/Lapierre_Helene.pdf
- 31.Evans, E., "Practical considerations for balancing ruminant diets for amino acids." Proc. Eastern Nutr. Conf.,(2004). p.1-8. <http://www.dsmnutrafacts.com/enc03/enc0314.pdf>
- 32.Rulquin H., Vérité R. et Guinard-Flament J., « Acides aminés digestibles dans l'intestin. Le système AADI et les recommandations d'apport pour la vache laitière. » INRA Prod. Anim., V.14, (2001b), pp265-274. <http://www.inra.fr/productions-animales/an2001/tap2001/h1r214.pdf>
- 33.Boisen, S., Hvelplund, T. And Weisbjerg, M.R., "Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation." Livest. Prod. Sci. V.64, 2000.239-251.
- 34.Faverdin, Ph., Hoden, A. et Coulon, J.B., « Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. » Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, V.70,(1987) 133-152.
- 35.Hoden A., Coulon J.B. et Faverdin, Ph. « Alimentation des vaches laitières. » In: Alimentation des bovins, ovins, caprins. (1988), 135-158,. Jarrige éd. INRA, Paris,
- 36.Journet, M., « Optimisation des rations. » In :Alimentation des bovins, ovins, caprins, (1988). 121-133. Jarrige éd. INRA, Paris.
- 38.Levallois R., Pellerin D. et Perrier J.P., « Alimentation des bovins laitiers selon le concept ration totale mélangée (RTM): proposition d'une méthode manuelle de calcul. » Agri-gestion Laval, V 60, (1985),.55p
- 39.Cournut, j. et Dedieu, C.H. « Simplification des conduites d'élevage en bovins laitiers» Cahiers Agricultures, vol. 14, n° 6, (2005), 541-547.http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/04/13/B8/article.md?type=text.html
- 40.Nydegger, F., Schick, M. et Rutishauser, R., "Ration mélangée unique (RMU), une ration pour toutes les vaches laitières. » Rapport FAT No 599. (2003). 1-12.
http://www.fat.admin.ch/pdf/FAT_Bericht_599_F.pdf
- 41.Snowdon M., 2006. Ration totale mélangée pour les bovins laitiers. Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Aquaculture, Canada. <http://www.gnb.ca/0027/index-f.asp> (consulté le 11 mai 2006).
- 42.Buckmaster, D.R. and Muller, L.D., "Uncertainty in nutritive measures of mixed livestock rations." J Dairy Sci V.77, (1994).3716-3724.
- 43.Legarto, J., Beaumont, B., Clave, H., Brethaus, J.P. and Pages, J., Brunschwig P., Valdevero H., Utilisation d'aliments MASH en production laitière bovine. Institut

- d'élevage, compte rendu d'essai N°0431013, (2004), 62p. [http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf/2443-Rations seches - mash ou pas.pdf](http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf/2443-Rations_seches_-_mash_ou_pas.pdf)
44. Wheeler, B., «Guide d'alimentation des vaches laitières. Fiche technique.» Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Ontario, Canada. (1996). <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/french/livestock/dairy/facts/pub101.htm#guide>
45. Friggens, N. C. and Newbold, J. R., "Towards a biological basis for predicting nutrient partitioning: the dairy cow as an example", *Animal*, 1: (2007) ,pp 87-97. <http://journals.cambridge.org/action/displayFulltext?type=1&fid=686336&jid=ANM&volumeId=1&issueId=01&aid=686328>
46. Leng, R.A. « L'application de la biotechnologie à l'alimentation animale dans les pays en développement », (1993).
47. Wolter, R., «Alimentation de la vache laitière» Edition France Agricole, Paris, 1997, 251 p.
48. Annen, E.L., Collier, R.J., McGuire, M.A. and Vicini, J.L. "Effects of dry period length on milk yield and mammary epithelial cells." *J Dairy Sci.* V.87, E suppl, (2004). E66-76. http://jds.fass.org/cgi/reprint/87/13_suppl/E66.pdf
49. Kuhn, M.T., Hutchison, J.L. and Norman, H.D. "Effects of length of dry period on yields of milk fat and protein, fertility and milk somatic cell score in the subsequent lactation of dairy cows." *J. Dairy Res.* V.73(2): (2006). 154-162.
50. Grummer, R. R. and Rastani, R., "Dry Period: Length and Feeding Management", Tri-State Dairy Nutrition Conference, (2004), pp 9-20. <http://tristatedairy.osu.edu/2004Proceedings.pdf>
51. Waldron, M.R., "Nutritional Strategies to Enhance Immunity during the Transition Period of dairy cows", Florida Ruminant Nutrition Symposium, Best Western Gateway Grand, Gainesville, (30-31 janvier. 2007), 11p
52. Kokkonen, T., "Energy and protein nutrition of dairy cows during the dry period and early lactation: Production performance and adaptation from pregnancy to lactation." PhD thesis, Helsinki University, 2005, 66p <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/kotie/vk/kokkonen/energyan.pdf>
53. Grummer, R.R. "Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow." *J. Anim. Sci.* V.73: (1995). 2 820-2833. <http://jas.fass.org/cgi/reprint/73/9/2820.pdf>
54. Drackley, J.K. "Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier." *J. Dairy Sci.* V.82 (1999): 2259-2273. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/82/11/2259.pdf>
55. Bell, A.W. "Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation." *J. Anim. Sci.* V.73: (1995). 2804-2819. <http://jas.fass.org/cgi/reprint/73/9/2804.pdf>
56. Friggens, N., C., Andersen, J., B., Larsen, T., Aaes, O. and Dewhurst, R., J., "Priming the dairy cow for lactation: a review of dry cow feeding strategies." *Animal Research* , V. 53, (2004), pp 453 – 473. <http://www.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2004/06/z204001.pdf>

- 57.Kuhn M.T., Hutchison J.L.and Norman H.D. « Minimum days dry to maximize milk yield in subsequent lactation. » *Anim. Res.* V. 54, 2005a, 351–367. http://aipl.arsusda.gov/publish/other/2005/animres_54_351.pdf
- 58.Araba, A "Conduite alimentaire de la vache laitière" *Transfert de technologie en agriculture*, n° 136, (2006),p5.
- 59.Drackley, J.K.and Dann. H.M. " New Concepts in Nutritional Management of Dry Cows", *Advances in Dairy Technology* Vol. 17, (2005) pp 11-23. <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2005/Manuscripts/Drackley.pdf>
- 60.McDowell, L. R. "Recent Advances in Minerals and Vitamins on Nutrition of Lactating Cows", *Pakistan Journal of Nutrition* 1(1) : (2002).8-19,
- 61.Maekawa, M., Beauchemin, K.A.and Christensen, D.A., "Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva secretion, and ruminal pH of lactating dairy cows." *J. Dairy Sci.* V. 85: (2002).1165.
- 62.Faverdin, P., M'hamed, D., Rico-Gómez, M.et Verite, R., « La nutrition azotée influence l'ingestion chez la vache laitière. » *INRA Prod. Anim.*, V.16, (2003), 27-37. <http://www.inra.fr/internet/Produits/PA/an2003/tap2003/pf231.pdf>
- 63.Faverdin, P., Baumont, R.and Ingvarsten, K.L., "Control and prediction of feed intake in ruminants." In: M.Journet, E.Grenet, M-H.France, M.Thérier,C.Demarquilly (eds), *Recent developments in the nutrition of herbivores. Proceedings of the IV th international symposium on the nutrition of herbivores*, (1995) 95-120. INRA Edition, Paris.
- 64.Kertz, A. F., Reutzel, L. F.and Thomson, G. M., "Dry Matter Intake from Parturition to Midlactation", *J Dairy Sci* V.74: (1991),2290-2295.
- 65.Faverdin, P., « Alimentation des vaches laitières: comparaison des différentes méthodes de prédiction des quantités ingérées. » *INRA Prod. Anim.*, V.5, (1992), 271-282.
- 66.Fuentes-Pila, J., Delorenzo, M. A., Beede, D. K., Staples, C. R.and Holter J. B. "Evaluation of Equations Based on Animal Factors to Predict Intake of Lactating Holstein Cows" *J Dairy Sci* V.79: (1996), 1562-1571
- 67.Roseler, D. K., Fox, D. G., Chase, L. E., Pell, A. N.and Stone ,W. C."Development and Evaluation of Equations for Prediction of Feed Intake for Lactating Holstein Dairy Cows", *J Dairy Sci* V.80: (1997),878–893
- 68.Moore, J.E., and Kunkle, W.E. "Evaluation of equations for estimating voluntary intake of forages and forage-based diets." *J. Animal Sci.*, (Suppl.1): (1999).204.
- 69.Karsli M.A. and Russell J.R. "Prediction of the Voluntary Intake and Digestibility of Forage-Based Diets from Chemical Composition and Ruminant Degradation Characteristics", *Turk J Vet Anim Sci*, V.26 (2002) 249-255.
- 70.Fuentes-Pila, J., Ibanez, M., De Miguel, J. M.and Beede, D. K. "Predicting Average Feed Intake of Lactating Holstein Cows Fed Totally Mixed Rations", *J. Dairy Sci.* V.86: (2003) ,309–323. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/86/1/309.pdf>

71. Halachmi, I., Edan, Y., Moallem, U. and Maltz, E., "Predicting Feed Intake of the Individual Dairy Cow" *J. Dairy Sci.* V.87, (2004), 2254-2267
<http://jds.fass.org/cgi/reprint/87/7/2254.pdf>
72. Coleman, S.W. "Predicting Forage Intake by Grazing Ruminants", Florida Ruminant Nutrition Symposium, 2005, 72-90. <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2005/Coleman.pdf>
73. Mazumder, M. A. R. and Kumagai, H. "Analyses of factors affecting dry matter intake of lactating dairy cows", *Animal Science Journal* V.77, (2006) 53-62
74. Robinson, P.H. "Predicting Feed Intake in Lactating Dairy Cows: Using Theory in Practice", Cooperative Extension University Of California, Davis, (2006), p 5. animalscience.ucdavis.edu/faculty/robinson/
75. Wattiaux, M.A. « Essentiels Laitiers. Aliments des concentrés. », (2007). http://www.babcock.wisc.edu/downloads/de_html/ch07.fr.html
77. Beauchemin, K.A., "Ruminal Acidosis in Dairy Cows: Balancing Physically Effective Fiber with Starch Availability", Florida Ruminant Nutrition Symposium, Best Western Gateway Grand, Gainesville, (2007), 16-27.
78. Sutton, J., Bines, J., Moran, S., Napper, D. and Givens, D., "A Comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production energy utilisation and hay intake by Friesian cows." *AGRIC. Sci.* V.109, (1987), pp375-386.
79. Blanc, F., Bocquier, F., Debus, N., Agabriel, J., D'hour, P. et Chilliard, Y., "La pérennité et la durabilité des élevages de ruminants dépendent des capacités adaptatives des femelles." *INRA Prod. Anim.*, V.17, (2004b), 287-302. <http://www.inra.fr/productions-animales/an2004/tap2004/fb244.pdf>
80. Brisson, J., Lefebvre, D., Gosselin, B., Petit, H. and Evans, E. "Nutrition, alimentation et reproduction" *CRAAQ, Symposium sur les bovins laitiers*, (2003), 66 p. http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/Documents/Brisson_Jean.pdf
81. Doreau, M., Grimaud, P. et Michalet-Doreau B. "La sous-alimentation chez les ruminants: ses effets sur la digestion" *INRA Prod. Anim.*, V.13 (4), (2000), 247-255. <http://www.inra.fr/internet/Produits/PA/an2000/tap2000/doreau204.pdf>
82. Chilliard, Y., Bocquier, F. and Doreau, M., "Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction." *Reprod. Nutr. Dev.*, V.38, (1998a), 131-152.
83. Cabrita, A., R., J., Dewhurst, J., R., Abreu J., M., F. and Fonseca A., J., M., "Evaluation of the effects of synchronising the availability of N and energy on rumen function and production responses of dairy cows – a review", *Anim. Res.* V.55 (2006) 1-24. <http://www.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2006/01/z204023.pdf>
84. FAO et FIL. »Guide de bonnes pratiques en élevage laitier. » Fédération Internationale de Laiterie et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, (2005), 38 p. <http://www.fao.org/docrep/008/y5224f/y5224f00.htm>
85. Murphy, M.R., "Nutritional factors affecting animal water and waste quality." *J. Dairy Sci.* 75 : (1992). 326-333.

- 86.Kertz, A. F., « Variability in Delivery of Nutrients to Lactating Dairy Cows», *J Dairy Sci* V.81: (1998), 3075–3084
- 87.Beede, D.K., et Myers, Z.H. "L'eau, un nutriment essentiel. » 24e Symposium sur les bovins laitiers. Des fibres et d'eau fraîche, Québec, Canada, (2000),pp. 71-91.
- 88.Holter, J. B. , "Water Partitioning and Intake Prediction in Dry and Lactating Holstein Cows", *J. Dairy. Sci.* V.75: (1992),1472-1479.
- 89.Harris, Jr.and VanHorn, H. H., "Water and Its Importance to Animals", Florida Cooperative Extension Service,(2003), p 1-8.
- 90.Beede, D.K., "Assessment of Water Quality and Nutrition for Dairy Cattle", Mid-South Ruminant Nutrition Conference.(2005) <http://www.txanc.org/proceedings.html#2005>
- 92.Hall, M. B. "Evaluating Rations from a Whole Farm Perspective." *Advances in Dairy Technology*, Vol. 16, (2004), 217-226. <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2004/Manuscripts/217Hall.pdf>
- 91.Ross, D., "Water Intake and Supply for Dairy Cattle", *Michigan Dairy Review*, (2004), 3p. <http://www.mdr.msu.edu>
- 93.Barmore,J. and Bethard,G. "Performance Monitoring of Dairy Nutrition and Feeding" *Proceedings Tri-State Dairy Nutrition Conference*, Fort Wayne, IN. The Ohio State University, Columbus, 2 et 3 (2005), pp 11-29. <http://tristatedairy.osu.edu/Barmore%20paper.pdf>
- 94.Agabriel, C., Sibra. C., Journal, C.et Coulon, J.B., « Intérêt et traitement d'enquête en élevage en un seul passage : réflexions tirées de 15 années d'expérience. » *Renc. Rech. Ruminants*, V.12, (2005), pp331-334. http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2005_donnees_elevage_06_agabriel.pdf
- 95.Frutschi-Mascher, V., Kaech Pitt.S., Freund-Ingold. U.et Kunz, P. «Enquête sur l'alimentation des génisses portantes et des primipares en Suisse et comparaison avec les valeurs du Livre vert» *Revue suisse Agric.* 37 (2): (2005), 47-54. [http://www.racchangins.ch/media/fulltext/A05_37\(2\)_047-054.pdf](http://www.racchangins.ch/media/fulltext/A05_37(2)_047-054.pdf)
- 96.Bucholtz, H., "Feeding Practices of High-Producing Herds: What Can We Learn?" *WCDS Advances in Dairy Technology*, Vol.18, (2006),pp 157-177. <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2006/Manuscripts/Bucholtz.pdf>
- 97.Capillon, A., " Typologie des exploitations agricoles. Contribution à l'étude régionale des problèmes techniques. ", 1993, Thèse Doctorat INA-PG, 330 p.
- 98.Wattiaux, M. A., Nordheim, E. V.and Crump,P. "Statistical Evaluation of Factors and Interactions Affecting Dairy Herd Improvement Milk Urea Nitrogen in Commercial Midwest Dairy Herds", *J. Dairy Sci.* V.88: (2005),3020–3035. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/88/8/3020.pdf>
- 99.Block, E., Dépatie, C., Lefebvre, D., Petitclerc, D., "L'urée du lait : les sources de variation et les implications", *Symposium sur les bovins laitiers, CPAQ-* (1998), 77-87. <http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/Documents/bov66.pdf>
- 100.Journet, M., Huntington, G., Peyraud, J. L., "Le bilan des produits terminaux de la digestion" in : *Nutrition des ruminants domestiques : ingestion et digestion*. Edition

- Jarrige R, Ruckebusch Y, Demarquilly C, Farce M-H, et Journet M., (1995), pp 671-720.
101. Basch, J.J., Wickham, E.D. and Farrell, "Arginase in lactating bovine mammary glands: implications in proline synthesis." *J. Dairy Sci.* V.8.(1997).3241-3248. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/80/12/3241.pdf>
102. Faverdin, P. et Verite, R. "Modèle dynamique de simulation des flux d'azote et de l'urémie chez la vache laitière", *Renc. Rech. Ruminants*, 2003, V.10, pp159-162.
103. Faverdin P. et Vérité R., "Utilisation de la teneur en urée du lait comme indicateur de la nutrition protéique et des rejets azotés chez la vache laitière" *Renc. Rech. Ruminants* V.5, (1998), 209–212.
104. Deswysen, A., Maene, D., Straet L., Vanderheyden J.L. et Dehareng, D., " Le taux d'urée dans le lait, peut-il être utilisé comme un indicateur de l'équilibre de la ration?", *Les élevages belges*, V.4, (1997),19-22.
105. Frand, X., Froidmont, E., Bartiaux-Thill, N., Decruyenaere, V., Van Reusel, A, Fabry, J. "Utilization of milk urea concentration as a tool to evaluate dairy herd management" *Anim. Res.* V.52 (2003) 543–551
106. Broderick, G. A. and Clayton, M. K. "A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen." *J. Dairy Sci.* V.80: (1997), 2964–2971. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/80/11/2964.pdf>
108. Kohn, R., "Use of Milk or Blood Urea Nitrogen to Identify Feed Management Inefficiencies and Estimate Nitrogen Excretion by Dairy Cattle and Other Animals", *Florida Ruminant Nutrition Symposium, Best Western Gateway Grand, Gainesville, (30-31 January 2007)*, pp 1-15.
109. Hof G., Vervoorn M.D., Lenaers J. and Tamminga S., "Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows" *J. Dairy Sci.* V.80, (1997), 3333–3340. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/80/12/3333.pdf>
110. Kohn, R. A., K. F. Kalscheur and Russek-Cohen, E. "Evaluation of models to estimate urinary nitrogen and expected milk urea nitrogen" *J. Dairy Sci.* V.85: (2002),227–233. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/85/1/227.pdf>
111. Jonker, J. S., Kohn, R. A. and High, J. "Dairy herd management practices that impact nitrogen utilization efficiency." *J. Dairy Sci.*, V.85: (2002a),1218–1226. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/81/10/2681.pdf>
112. Jonker, J. S., Kohn, R. A. and High, J. "Use of milk urea nitrogen to improve dairy cows diets." *J. Dairy Sci.* V.85: (2002b), 939–946.
113. Nousiainen, J. K., Shingfield, J. and Huhtanen, P. "Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding." *J. Dairy Sci.* 87: (2004), 386–398. <http://www.dairy-science.org/cgi/reprint/87/2/386.pdf>
114. De Brabander, D.L., Botterman, S.M., Vanacker, J.M. et Boucqué, Ch.V. "La teneur du lait en urée comme indicateur de l'alimentation énergétique et protéique de la vache laitière ainsi que de l'excrétion d'azote", *Renc. Rech. Ruminants*, V.5, (1998), 228.

115. Jonker, J. S., Kohn, R. A. and Erdman, R. A. "Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cattle." *J. Dairy Sci.* V.81: (1998). 2681–2692. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/81/10/2681.pdf>
116. Kauffman, A. J. and St.-Pierre, N. "The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows" *J. Dairy Sci.* 84: (2001), 2284–2294. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/84/10/2284.pdf>
117. Kohn, R. A., Dinneen, M. M. and Russek-Cohen E. "Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats" *J. Anim. Sci.* V.83: (2005). 879–889. <http://jas.fass.org/cgi/reprint/83/4/879.pdf>
118. Butler, W.R., Calaman, J.J. and Beam, S.W., "Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle", *J. Anim. Sci.* V.74 (1996) 858–865. <http://jas.fass.org/cgi/reprint/74/4/858.pdf>
119. Guo, K., Russek-Cohen, E., A. Varner, M. and Kohn, R. A. "Effects of Milk Urea Nitrogen and Other Factors on Probability of Conception of Dairy Cows" *J. Dairy Sci.* V.87: (2004), 1878–1885. <http://www.dairy-science.org/cgi/reprint/87/6/1878.pdf>
120. Rajala-Schultz, P. J. and Saville, W. J. A., "Source of variation in milk urea nitrogen in Ohio dairy herds." *J. Dairy Sci.* 86: (2003), 1653–1661. <http://www.dairy-science.org/cgi/reprint/86/5/1653.pdf>
121. Godden, S. M., Lissemore, K. D. Kelton, D. F. Leslie, K. E. Walton, J. S. And Lumsden, J. H. "Factors associated with milk urea nitrogen concentrations in Ontario dairy cows." *J. Dairy Sci.* V.84: (2001b), 107–114. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/84/1/107.pdf>
122. Godden, S., Bey, R. Reneau, J. Farnsworth, R. and LaValle, M. "Field validation of a milk-line sampling device for monitoring milk component data" *J. Dairy Sci.* 85: (2002), 2192–2196. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/85/9/2192.pdf>
123. Arunvipas, P., Dohoo, I. R., VanLeeuwen, J. A. et Keefe, G. P. "The effect of non-nutritional factors on milk urea nitrogen levels in dairy cows in Prince Edward Island, Canada." *Prev. Vet. Med.* V.59. (2003). 83–93. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1142135>
124. Kiambu, M.N. "Extension And Its Effect On Dairy Cattle Nutrition and Productivity In Smallholder Dairy Enterprises" In, *Bsc. Anim. Prod.* (Egerton Univ.), (2005), 109p. <http://www.smallholderdairy.org/publications/Thesis/Wambugu-2000-MSc%20thesis.pdf>
125. Roseler, D. K., Ferguson, J. D. Sniffen, C. J. And Herrema, J. "Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows." *J. Dairy Sci.* V.76: (1993). 525–534. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/76/2/525.pdf>
126. Lykos, T., Varga, G. A. And Casper, D. "Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: Effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing dairy cows." *J. Dairy Sci.* V.80: (1997). 3341–3355.

127. Gustafsson, A. H. and Palmquist, D. C. "Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea, and milk urea in dairy cows at high and low yields." *J. Dairy Sci.* V.76: (1993), 475–484. <http://www.dairy-science.org/cgi/reprint/76/2/475.pdf>
128. Milligan, L.P., Journet, M. and Maeng, W.J., "Future areas of research and expected advances in the nutrition of herbivores." In: M. Journet, E. Grenet, M-H. France, M. Thériez, C. Demarquilly (eds), *Recent developments in the nutrition of herbivores. Proceedings of the IVth international symposium on the nutrition of herbivores*, (1995), 587-610. INRA Edition, Paris.
129. Jonker, J. S., Kohn, R. A. and Erdman, R. A. "Milk urea nitrogen target concentrations for lactating dairy cows fed according to National Research Council recommendations." *J. Dairy Sci.* V.82: (1999), 1261–1273. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/82/6/1261.pdf>
130. Agabriel, J., Giraud, J. M. et Petit, M., « Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant. » *Bulletin Technique du CRZV, Theix, INRA*, V.66, (1986), 43-50.
131. Petit, M. et Agabriel, J., « Etat corporel des vaches allaitantes charolaises : signification, utilisations pratiques et relations avec la reproduction. » *INRA Prod. Anim.*, V.6 (5): (1993), 311-318.
132. Stockdale, C. R., "Effects of level of feeding of concentrates during early lactation on the yield and composition of milk from grazing dairy cows with varying body condition score at calving." *Australian Journal of Experimental Agriculture*, V.44, (2004), 1–9. http://publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=EA03021.pdf
133. Ferguson, J.D., "Body Condition Scoring", University of Pennsylvania-School of Veterinary Medicine, (2005), <http://www.txanc.org/proceedings/2002/Body%20Condition%20Scoring.pdf>
134. Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T. and Webster, G., "A body condition scoring chart for Holstein dairy cows." *J. Dairy Sci.*, V.72, 1989, 68-78. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/87/9/3076.pdf>
135. Hall, M. B., "Using Feed Efficiency as a Ration Evaluation and Nutrient Management Tool" *Advances in Dairy Technology*, Vol.16, (2004), pp 29-36 <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2004/Manuscripts/29Hall.pdf>
136. Biwi, K. M., "Overcoming some constraints in feeding crop by-products for milk production", 1987, Proceedings of the fourth annual workshop held at the institute of animal research, mankon station, bamenda, Cameroon (20-27 october 1987), edition FAO, [http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5490E/x5490e0e.htm#overcomingsomeconstraints in feeding crop by products for milk production](http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5490E/x5490e0e.htm#overcomingsomeconstraints%20in%20feeding%20crop%20by%20products%20for%20milk%20production).
137. Coulon, J., Agabriel, C., Brunswalg, G., Muller, C. and Bonaitp, B. "Effects of feeding practices on milk fat concentration for dairy cows", *J Dairy Sci* V.77. (1994), 2614-2620. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/77/9/2614.pdf>
138. Udo H. and Cornelissen T. "Livestock in resource-poor farming systems." *Outlook on Agriculture*, V.27. (1998), 237-242

- 139.Marmet, R., «La connaissance du bétail: Les bovins.» Tome 1. Lavoisier éditions. (1983).187p.
- 140.Bastien, D., Cartier, P. et Lucbert, J., « Grille de notation de la propreté des bovins vivants. » Institut de l'Elevage, (2006a), 9 p.http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf/2568-Grille_notation_proprete.pdf
- 141.Ruegg, P. L., “Practical Food Safety Interventions for Dairy Production” J. Dairy Sci., V.86. (E. Suppl.): (2003),1–9. http://jds.fass.org/cgi/reprint/86/13_suppl/E1.pdf
- 142.Demarquilly, C., « Stratégie d'utilisation de l'analyse des fourrages. » In: Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. (1981).Ed. INRA.
- 143.Nahimana, V. « Stratégies de calcul de rationnement des bovins au Burundi. » Memoire de DES en gestion animale en milieu tropical, faculte de medecine veterinaire, universite de liege ; (2000). 58p. <http://www.ulg.ac.be/fmv/ivt/memoire/venustenahimana.pdf>
- 144.Kerbaa,F. «Guide de la valeur alimentaire des fourrages cultivés en Algérie »Ministère de l'agriculture. (1980).
- 145.Demarquilly, C., Andrieu J., Sauvant, D.et Dulphy, J.P. « Composition et valeur nutritive des aliments. » In: Alimentation des Ruminants, INRA Publications Versailles,(1978), 469-518.
- 146.Andrieu, J., Demarquilly, C., Wega-Litre, E. et Weiss, Ph., « Préviation de la valeur energetique des foins : in préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. » Ed. INRA., (1981), P119-127.
- 147.Seoane, R., Beaulieu, C. Florez, J. and Dupuis, D. “Evaluation of the nutritive value of grass hays for growing sheep.” Can. J. Anim. Sci., V.71. (1991),1135-1147.
- 148.McQueen, R and Emartin, J.P. “Laboratory evaluation of nutritional quality of forages”. Laboratory evaluation of farm grown forages. ECAN Workshop proceedings, Winnipeg, MB., (1981), pp 1-13.
- 149.NRC. “Nutrient requirements of dairy cattle”. 6th ed.. National Academy of Sciences,National Academy Press, Washington, DC. (1989).
- 150.Schiemann et al. (1971) cité par Sauvant et al. (1987)
- 151.INRA «Alimentation des bovins, ovins, caprins».Jarrige éd. INRA, Paris, (1988),476p
- 152.Alibes, X.et Tisserand, J.L., « Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne » Options Méditerranéennes, Série Etudes, (1981), 89 p. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/s02/CI010868.pdf>
- 153.Sauvant, D. « Préviation de la valeur énergétique des aliments concentrés et composés pour les ruminants. » In: préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Ed. INRA, (1981). p 237-258
- 154.Abdouli,M., Fraj, M.et Krallem.M., « Préviation des digestibilités de la matière organique et des matières azotées des ensilages et des foins de vesce-avoine. » Options Méditerranéennes - Série Séminaires – n° 16, (1991), 129-131<http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a16/91605055.pdf>

- 156.Huchon, J.,C., Goulard, L., Désarménien, D., Sabatté, N., Gaboriau, L.et Rubin, B., « Autonomie et traçabilité alimentaire dans les élevages laitiers : mise en évidence des solutions envisageables par territoire. » Compte rendu technique. Institut de l'Élevage Angers, (2003),29 p. <http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf/903-Auton-Tracab.pdf>
- 157.Devun J, Haurez P, Kentzel M et Gruet A. « Autonomie protéique des exploitations Bovins viande. Institut de l'Élevage. », (2004), 75 p. http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf/1100-Autonomie_proteique.pdf
- 158.Chatellier, V., Colson., F., Fuentes, M. et Vard, T., «Les exploitations d'élevage herbivore dans l'Union européenne.» INRA Prod. Anim., 13, (2000),pp 201-213. <http://www.inra.fr/internet/Produits/PA/an2000/tap2000/chatellier203.pdf>
- 159.Chatellier, V. et Jacquerie, V., « La diversité des exploitations laitières européennes et les effets différenciés de la réforme de la PAC de juin 2003. » INRA Prod. Anim., 17, (2004),315-333. <http://www.inra.fr/productions-animales/an2004/tap2004/vc244.pdf>
- 160.Anonyme,«Programme de salubrité des aliments à la ferme», (2006) www.infolait.gc.ca
- 161.Boterman, E.and Bucholtz. H., “Feeding practices of high-producing herds in Michigan.” Tri-State Dairy Nutrition Conf. Ft. Wayne, IN. The Ohio State University, Columbus,(2005), pp. 113-129. <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2006/Manuscripts/Bucholtz.pdf>
- 162.Chia, E.,Dugué, P.et Sakho-Jimbira, S. «Les exploitations agricoles familiales sont-elles des institutions ? » *Cahiers Agricultures* vol. 15, n° 6, novembre-décembre (2006), pp 498-505.http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/04/26/90/telecharger.md?code_langue=fr&format=application/pdf&titre=Version PDF
- 163.Dufumier, M., « Diversité des exploitations agricoles et pluriactivité des agriculteurs dans le tiers monde », *Cahiers Agricultures* vol. 15, n° 6, (2006), pp584-588.http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/04/26/9C/article.md?type=text.html
- 164.Adem, R., «Les exploitations laitières en Algérie: structure de fonctionnement et analyse des performances technico- économiques : cas des élevages suivis par le c.i.z.», (2003), http://www.gredaal.com/ddurable/agricelevage/obselevages/lait_vrouges/lait/tiziouzou_2003rachid.pdf
- 165.Sraïri, M.T., Hasni Alaoui, I., Hamama, A.et Faye, B. « Relations entre pratiques d'élevage et qualité globale du lait de vache en étables suburbaines au Maroc » *Revue Méd. Vét.*, 2005, V.3, (156), pp155-162 http://revmedvet.envt.fr/RevMedVet/2005/RMV156_155_162.pdf
- 166.Faye B.et Alary V., « Les enjeux des productions animales dans les pays du Sud. » INRA Prod. Anim., 14, (2001),3-13.<http://www.inra.fr/productions-animales/an2001/tap2001/bf211.pdf>
- 167.GREDAAL « Une première lecture des résultats préliminaires du recensement relatif aux élevages en algérie (2000-2001) », (2006).

- <http://www.gredaal.com/ddurable/agricolevage/obselevages/publications/autres/Elevage-Algerie-2005.pdf>
- 168.Kuhn M.T., Hutchison J.L.and Norman H.D., “Characterization of Days Dry in United States Holsteins”, J. Dairy Sci. V.88, (2005b), 1147–1155. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/88/3/1147.pdf>
- 169.Kayouli, C., communication personnelle,(2007).
- 170.Madani, T., Mouffok, C.et Frioui, M., « Effet du niveau de concentré dans la ration sur la rentabilité de la production laitière en situation semi-aride algérienne. » Renc. Rech. Ruminants, 11, (2004), 244. http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2004_itineraire_20_Madani.pdf
- 171.Ouakli, K.et Yakhlef, Y., « Performances et modalités de production laitière dans la mitidja. » 4^{ème} Jour de Rech sur les Prod Anim, Tizi Ouzou, 7-9 Décembre (2003), 34–42, 161p
- 172.Portier, B., Brocard, V., Le Meur, D. et Lopez, C., « Effets du niveau de complémentation sur les performances et le coût alimentaire des vaches laitières. » Renc. Rech. Ruminants, V.10, (2003), pp361-368. http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/alimentation_01_Portier.pdf
- 173.Capitain, M., Juillet, G., Lapoute, J.,L., Laurent-Champouillon, M., Michez, F. et Molin, R., « En Rhône-Alpes, des élevages laitiers économes en concentrés : motivations et pratiques des éleveurs » Renc. Rech. Ruminants, 11. (2004),http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2004_autonomie_06_Capitain.pdf
- 174.Losq, G., Portier, B., Trou, G., Herisset, R., Brocard, V.et Gominard, C., « Pratiques et résultats de 2 groupes d’exploitations laitières bretonnes économes en concentrés (60 ou 80 g par kg de lait) » Renc. Rech. Ruminants, 12, (2005),pp 217-220. http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2005_alimentation_conduite_01_losq.pdf
- 175.Jegou, V., Trou, G., Portier, B., »Expression du potentiel laitier en race Prim’holstein: caractérisation des résultats et pratiques de 49 élevages bretons à fort potentiel laitier et effets troupeau lait extrêmes » Renc. Rech. Ruminants, 12, (2005), pp179-182. http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2005_systemes_01_jegou.pdf
- 176.Normand, J. Moevi, I. Lucbert, J. Pottier E., « Le point sur l’alimentation des bovins et des ovins et la qualité des viandes »Institut de l’Elevage et NTERBEV éditions. (2006), 110p.
- 177.Martial, J. P.et Copin, Y. « Niveau de complémentation des foins pour les vaches laitières » in : C.DEMARQUILLY Ed., Les fourrages secs : récolte, traitement et utilisation. INRA, Paris. (1987),pp 463-468.
- 178.Sraïri, M.T. and Lyoubi, R. “Typology of dairy farming systems in rabat suburban region, morocco”, Arch. Zootec. 52: (2003).47-58. http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/30_10_32_05srairi.pdf
- 179.Blanc, F.,Bocquier,F., Agabriel, J., D’hour P. et Chilliard, Y.«Amélioration de l’autonomie alimentaire des élevages de ruminants: conséquences sur les fonctions de production et la longévité des femelles» Renc. Rech. Ruminants, 11, (2004a),pp155-162. http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2004_autonomie_01_Blanc.pdf

180. Ferrah, A., « l'élevage bovin laitier en algérie: problematique, questions et hypotheses pour la recherche », 3^{ème} Jour de Rech sur les Prod Anim, Tizi Ouzou, 13-15 Novembre (2000), pp40 - 49.
181. Paccard, P., Capitain, M. et Farruggia, A., « Autonomie alimentaire des élevages bovins laitiers. » Rencontres Recherches Ruminants, 10, (2003), pp 89-93. http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/systemes_05_Paccard.pdf
182. Rubin, B., Sabatte, N., Bousquet, D., Brunshwig, Ph., Perrot, C., Gaillard, B. et Mulliez, P., « Autonomie alimentaire dans les élevages laitiers des Pays de la Loire : les solutions par territoire et l'intérêt de la filière », Renc. Rech. Ruminants, 11, (2004), pp 163-166. http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2004_autonomie_02_Rubin.pdf
183. Jordan, E.R. and Fourdraine, R.H., "Characterization of the management practices of the top milk producing herds in the country." J. Dairy Sci , 76, (1993), 3247-3256. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/76/10/3247.pdf>
184. Sillett, N, Moore, A, Hauptstein, D, Tremblay, P, Robinson, S, Taylor, T, Skerritt, M, Lévesque, P, Anderson, D, Esau, C. et Sampson, R, « Lait canadien de qualité: manuel de référence » *Les Producteurs laitiers du Canada ed.* (2003). 181p. <http://www.dairyinfo.gc.ca/pdf/manueldereference.pdf>
185. Shaver, R. and Kaiser, R. "Feeding Programs in High Producing Dairy Herds", *Proceedings Tri-State Dairy Nutrition Conference*, Fort Wayne, IN. The Ohio State University, Columbus, April 27 & 28, (2004), pp 143-170.
186. Benyoucef, M.T., Hamza, S. et Sahraoui, M.A., "Essai de typologie d'élevages bovins laitiers enquêtés dans la Mitidja. " (2007). (à paraître in revue annales de l'INA).
187. Bouzebda-Afri, F., Bouzebda, Z. et Guellati, M.A. « Etude de la qualité laitière de la population bovine locale dans la région d'El-Tarf (Nord-Est Algérien) », Renc. Rech. Ruminants, 10, (2003), 238. http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/qualite_14_Bouzebda_Afri.pdf
188. Agabriel, C., Coulon, J.B., Marty, G. et Bonaïti B., « Facteurs de variation de la composition chimique du lait dans des exploitations à haut niveau de production. » INRA Prod. Anim., 6, (1993), 53-60.
189. Hoden, A., Coulon, J.B. et Dulphy, J.P., « Influence de l'alimentation sur la qualité du lait: 3 effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéiques. » Bull. Tech. CRZV Theix INRA, V.62, (1985). 69-79.
190. Labarre, J. F., « Nutrition et variation du taux de matières grasses du lait de vache. » Rec. Méd. Vét., V.170, (1994), 381-389.
191. Coulon, J. B. et Rémond, B., « Réponse de la production et de la composition du lait de vache aux variations d'apports nutritifs. » INRA, Prod. Anim., V. 4, (1991), 49-56.
192. Coulon, J.B., Dauver F. Garel J.P., « Facteurs de variation de la numération cellulaire du lait chez des vaches laitières indemnes de mammites cliniques » INRA Prod. Anim., V.9 (2), (1996), 133-139 <http://www.inra.fr/productions-animales/an1996/tap1996/jc962.pdf>
193. Bauman, D.E. and Griinari, J.M., "Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome." *Livestock Production Science*, V.70, (2001), 15-29.

194. Ruegg, P.L., "The Role of Hygiene in Efficient Milking" WCDS Advances in Dairy Technology, Vol 18: (2006), 285-293
http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/du/du_406.en.pdf
195. Schreiner, D.A and Ruegg. P.L. "Relationship between udder and leg hygiene scores and subclinical mastitis." J Dairy Sci, V.86: (2003), 3460-3465. <http://www.dairy-science.org/cgi/reprint/86/11/3460.pdf>
196. Bastien, D., Lucbert, J. et Cartier, P. « La propreté des bovins à l'abattoir : état des lieux de la situation, facteurs explicatifs et outil de notation. » Renc. Rech. Ruminants, 13, (2006b), résumé. http://217.167.235.86/html28/texte.php3?id_article=1620
197. Lensink J « Réflexions sur le bien-être des bovins et la conception des bâtiments », Journée d'études La Reid- Demain quels bâtiments ? (24 novembre 2006). http://agriculture.wallonie.be/apps/spip_wolwin/IMG/pdf/6Lensink-ReflexionsBien-EtreDesBovins-Bat.pdf
198. Abdelguerfi, A. et Zeghida, A « Utilisation des engrais par culture en Algérie. » Food and Agriculture Organization, Rome. Italy. édition. (2005) ,56p
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5953f/y5953f00.pdf>
199. Ruegg, P. L., "Managing for Milk Quality", 2004, ualberta Proceedings. <http://www.wcfs.afns.ualberta.ca/Proceedings/2006/Manuscripts/Ruegg.pdf>
200. Madani, T., Mouffok, C. et Yekhlef, H. "Performance de reproduction et adaptabilité de la race Montbéliarde en région semi aride de Sétif", 5èmes Journées des Sciences Vétérinaires, Alger (21 et 22 avril 2007.)
201. Houmani, M., « Situation alimentaire du bétail en Algérie. » *Rcherche Agronomique INRAA*, 4, (1999), 35-45.
202. Nouad, M A, Askri, A. et Belhadi, Z « Etude systémique pour une contribution à la connaissance et à l'amélioration de l'élevage des ruminants dans la wilaya de Tizi ouzou. » 3^{ème} Journée de la Recherche sur les Productions Animales Tizi Ouzou, 13-15 Novembre V.98-(2000), 108, 368p
203. Susmel, P., Spangero, M. and Mills, C., R., "Intensification of cattle milk production in Mediterranean countries: Low forage systems." *Option méditerranéennes*, vol 6, (1989), pp 97-90. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a06/CI000368.pdf>
204. Djemali, M. et Kayouli, C., « L'élevage laitier en Tunisie » Les filières lait en Méditerranée: enjeux pour un futur durable. Wageningen Pers. EAAP Publication n°99, Wageningen, (2003), pp 98-105.
205. Peyraud, J.L., Apper-Bossard, E. "L'acidose latente chez la vache laitière" *INRA Prod. Anim.*, 19, (2006), 79-92 <http://www.inra.fr/productions-animales/tap2006/peyraud262.pdf>
206. Khampa, S. et Wanapat, M. "Manipulation of Rumen Fermentation with Organic Acids Supplementation in Ruminants Raised in the Tropics." *Pakistan Journal of Nutrition*, V.6 (1): (2007), 20-27 <http://www.pjbs.org/pjnonline/fin589.pdf>
207. Chenot M. et Kayouli C. « Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes. » FAO édition, (1997). <http://www.fao.org/docrep/W4988F/w4988f00.htm#Contents0>

208. Sraïri, M T., et El Khattabi, M. « Evaluation économique et technique de la production laitière intensive en zone semi-aride au Maroc. » (2001), Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures. Volume 10, Numéro 1, 51-5, Janvier - Février 2001, Notes de recherche
209. Abdelguerfi, A. et Laouar, M., « Espèces fourragères et pastorales, leurs utilisations au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) », Editions FAO, (2002), 136p.
210. Kayouli, C., Djemali, M. et Belhadj, M. T. « Situation de la production laitière bovine intensive en Tunisie » *Options Méditerranéennes - Série Séminaires – n°6 – (1989): 97-100.* <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a06/CI000471.pdf>
211. Dulphy, J.P., « Utilisation des foin par les vaches laitières » in : C. Demarquilly Ed., Les fourrages secs : récolte, traitement et utilisation. INRA, Paris. (1987), pp 335-359.
212. Tisserand, J.-L. "Evaluation of the Nutritive Value of Mediterranean Roughages." *Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; n° 18; (1999). 87 p.* CIHEAM-IAMZ.
http://ressources.ciheam.org/util/search/detail_numero.php?mot=519&langue=fr
213. Anderson, T. and Hoffman, P. "Nutrient Composition of Straw Used in Dairy Cattle Diets" *Focus on Forage (University of Wisconsin)*, Vol 8: No. 1, (2006), pp 1-3.
214. Pellerin, D., Allard, G., Bachand, C., Levallois, R., Gilbert, D. et Savoie, P., « Économiques ou pas les fourrages, faudrait savoir ! » *Symposium Sur Les Bovins Laitiers*, CPAQ-(1998), p 58-76.
<http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/Documents/bov53.pdf>
215. Kayoueche, F. Z., « Pratiques d'élevage : structure et fonctionnement de onze élevages de la wilaya de constantine. » 3^{ème} Journée de la Recherche sur les Productions Animales, Tizi Ouzou, 13-15 Novembre 2000, 60-68, 368p
216. Landais, E., « Agriculture durable : les fondements d'un nouveau contrat social. » *Courrier de l'environnement de l'INRA* 1998 ; V.33 : 5-22.
<http://www.inra.fr/dpenv/landac33.htm>
217. Gaillard, C., Granger, S., Meudre, A., M. et Demarest, F., « Autonomie alimentaire : contribution à la durabilité d'exploitations laitières du Jura », *Renc. Rech. Ruminants*, 11. (2004), http://217.167.235.86/html28/IMG/pdf/2004_autonomie_07_Gaillard.pdf
218. Sraïri, M T., et Baqasse, M., « Devenir, performances de production et de reproduction de génisses laitières frisonnes pie noires importées au Maroc. » *Livestock Research for Rural Development. Vol. 12, (2000), Art.123*
<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd12/3/sra123.htm>
219. Ferrah, A., « Le programme national de réhabilitation de la production laitière : Objectifs visés, contenu, dispositif de mise en œuvre et impacts obtenus. », (2007), <http://www.gredaal.com/ddurable/agricolevage/obselevages/publications/autres/Elevage-Algerie-2005.pdf>
220. Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. and de Haan, C. "Livestock's long shadow – Environmental issues and options." FAO, Rome. (2006), <http://www.virtualcentre.org/fr/frame.htm>

221. Tom L. Wheeler R. Wheeler E., Varga. G., Kaye. J. And Ann Bruns. M., "strategies for reducing gas emissions from dairy farms", Penn State (USA) Dairy Cattle Nutrition Workshop, (2005), pp 91-96
<http://www.das.psu.edu/dairynutrition/documents/richardgasemiss.pdf>
222. Paccard, P., Brunshwig, Ph., Hacala, S. et Le Gall. A., «Estimation des émissions de méthane entérique par les vaches laitières dans différents systèmes alimentaires » Renc. Rech. Ruminants, 13. (2006), http://217.167.235.86/html28/texte.php3?id_article=1434

