

Livret de l'agriculture

L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIERE

Aliments, calculs de ration, indicateurs
d'évaluation des déséquilibres de la
ration et pathologies d'origine
nutritionnelle

Christine CUVELIER, Isabelle DUFRASNE

Université de Liège

Comité de lecture

Madame

Françoise Lessire, Université de Liège, Faculté de Médecine vétérinaire, Département des productions animales, Service de Nutrition des Animaux domestiques

Messieurs

Yves Beckers, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Département des Sciences agronomiques, Ingénierie des productions animales et nutrition

Jean-Pierre Destain, Centre Wallon de Recherches Agronomiques

Eric Froidmont, Centre Wallon de Recherches Agronomiques, Département ‘Productions et Filières’

Louis Istasse, Université de Liège, Faculté de Médecine vétérinaire, Département des productions animales, Service de Nutrition des Animaux domestiques

David Knoden, Fourrages Mieux ASBL

Pierre Luxen, Agra-Ost ASBL

Pierre Rondia, Centre Wallon de Recherches Agronomiques, Département ‘Productions et Filières’

Marc Thirion, Service Public de Wallonie (SPW), Direction générale opérationnelle de l’Agriculture, des Ressources naturelles et de l’Environnement (DGARNE), Département de l’Environnement et de l’Eau

Dimitri Wouez, Nitrawal ASBL

PREFACE

Le secteur laitier wallon est soumis à de multiples contraintes et défis : rentabilité, libéralisation croissante, traçabilité des produits, qualité des produits, sécurité d'approvisionnement, augmentation du prix des intrants, respect de l'environnement, bien-être animal,... Une réflexion approfondie sur les modes de production actuels et sur les alternatives à développer est nécessaire pour faciliter l'adaptation du secteur.

C'est dans ce cadre que deux Livrets de l'Agriculture dédiés à l'alimentation de la vache laitière ont été rédigés. Leur objectif est d'offrir aux éleveurs laitiers un outil leur permettant de mieux comprendre, et donc de mieux maîtriser, le volet alimentation de leur élevage. Véritables guides pratiques, ces deux livrets s'adressent tant aux novices qu'aux éleveurs plus expérimentés.

Le 1^{er} livret est dédié à la physiologie de la vache laitière et à l'expression de ses besoins. Il permet de poser les bases nécessaires à la compréhension des calculs de ration.

Le second livret est quant à lui dédié au calcul de ration : aliments utilisés en production laitière, calculs de ration, indicateurs des déséquilibres de la ration et principales pathologies d'origine nutritionnelle. Il présente en outre des alternatives à envisager afin de diminuer les achats d'intrants au sein de l'exploitation, et donc d'augmenter l'autonomie alimentaire de celle-ci. Le fil conducteur est ainsi l'utilisation, la valorisation et l'optimisation de l'herbe et des pâturages. La substitution du tourteau de soja — aliment souvent incontournable durant ces 30 dernières années — par des protéines végétales produites localement est également mise en avant.

Ce livret est le fruit d'un travail concerté entre différents acteurs actifs dans le domaine de l'alimentation de la vache laitière :

- Yves BECKERS, du Département des Sciences agronomiques de Gembloux Agro-Bio Tech-Université de Liège
- Christine CUVELIER, l'auteur, du Service de Nutrition des Animaux domestiques de la Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège ;
- Jean-Pierre DESTAIN, du Centre Wallon de Recherches Agronomiques
- Isabelle DUFRASNE, du Service de Nutrition des Animaux domestiques de la Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège ;
- Eric FROIDMONT, du Département 'Productions et Filières' du Centre Wallon de Recherches Agronomiques
- Louis ISTASSE, du Service de Nutrition des Animaux domestiques de la Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège ;
- David KNODEN, de l'ASBL Fourrages Mieux ;
- Françoise LESSIRE, du Service de Nutrition des Animaux domestiques de la Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège ;
- Pierre LUXEN, de l'ASBL Agra-Ost ;
- Pierre RONDIA, du Département 'Productions et Filières' du Centre Wallon de Recherches Agronomiques

- Marc THIRION, du Département de l'Environnement et de l'Eau de la Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement (DGARNE) du Service public de Wallonie (SPW) ;
- Dimitri WOUEZ, de l'ASBL Nitrawal.

Je me réjouis de cette collaboration fructueuse et vous souhaite une bonne lecture.

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----|
| PREFACE | 3 |
| TABLE DES MATIERES | 5 |
| LISTE DES ABBREVIATIONS | 9 |
| INTRODUCTION | 10 |
| PARTIE I : QUELQUES RAPPELS..... | 10 |
| I.1 La composition des aliments | 10 |
| I.2 La digestion des aliments chez le ruminant | 10 |
| 1.2.1 Anatomie et physiologie digestive des ruminants | 10 |
| I.2.2 La digestion des aliments | 10 |
| La digestion des glucides..... | 10 |
| La digestion des lipides..... | 11 |
| La digestion des matières azotées | 11 |
| I.2.3 La digestibilité des aliments | 12 |
| I.3 Les particularités du métabolisme des glucides, des acides gras volatils, des lipides et des protéines chez la vache laitière en lactation et le lien avec la production de lait | 12 |
| I.3.1 Métabolisme des glucides | 12 |
| I.3.2 Métabolisme des acides gras volatils..... | 13 |
| I.3.3 Métabolisme des lipides..... | 13 |
| I.3.4 Métabolisme des protéines..... | 13 |
| I.4 Expression des besoins des animaux et des apports de la ration | 13 |
| I. 4.1 Les systèmes utilisés pour exprimer les besoins des animaux et les apports de la ration... .. | 13 |
| Expression des besoins et des apports en matière sèche..... | 13 |
| Expression des besoins et des apports en énergie | 13 |
| Expression des besoins et des apports en matières azotées | 14 |
| Expression des besoins et des apports en minéraux et en vitamines..... | 15 |
| Expression des besoins et des apports en eau..... | 15 |
| I.4.2 Les besoins des animaux | 15 |
| Besoins d'entretien et besoins de production | 15 |
| Des besoins aux apports alimentaires..... | 15 |
| PARTIE II : LES ALIMENTS ET LEUR UTILISATION EN PRODUCTION LAITIERE..... | 19 |
| II.1 Les fourrages | 19 |
| II.1.1 Les fourrages verts | 19 |

| | |
|---|----|
| Composition chimique, valeur nutritionnelle et qualité de l'herbe | 19 |
| Performances des vaches laitières au pâturage..... | 25 |
| II.1.2 Les ensilages | 29 |
| L'ensilage d'herbe | 30 |
| L'ensilage de maïs..... | 32 |
| L'ensilage de pulpes humides et l'ensilage de pulpes surpressées..... | 34 |
| Les céréales immatures..... | 36 |
| II.1.3 Les fourrages secs..... | 38 |
| Le foin | 38 |
| La paille..... | 39 |
| La luzerne | 39 |
| II.1.4 Les racines et tubercules, et leurs dérivés | 40 |
| Les betteraves et leurs dérivés..... | 41 |
| Les pommes de terre..... | 43 |
| II.2 Les concentrés..... | 45 |
| II.2.1 Les aliments concentrés simples | 45 |
| Les céréales et leurs co-produits..... | 45 |
| Les graines de protéagineux et d'oléagineux..... | 49 |
| Les tourteaux..... | 52 |
| Les pulpes séchées | 54 |
| La luzerne déshydratée | 56 |
| II.2.2 Les aliments concentrés composés..... | 56 |
| II.3 Les mélanges minéraux vitaminés | 59 |
| II.3.1 Le choix du mélange minéral vitaminé..... | 60 |
| II.3.2 Comment distribuer le mélange minéral vitaminé ?..... | 60 |
| II.3.3 La fréquence de distribution du mélange minéral vitaminé | 60 |
| PARTIE III : LE CALCUL DE RATION EN PRODUCTION LAITIERE | 60 |
| III.1 La distribution des rations..... | 60 |
| III.1.1 La ration complète | 61 |
| III.1.2 La ration semi-complète..... | 61 |
| III.1.3 La ration avec complémentation individualisée..... | 61 |
| III.1.4 La ration par lot | 61 |
| III.2 Rations | 61 |
| III.2.1 Rations pour vaches laitières | 61 |

| | |
|---|----|
| Rations au pâturage | 62 |
| Ration 1 : Ration pour vache laitière à 25 litres avec une stratégie de complémentation au pâturage/d'impacts environnementaux élevés | 62 |
| Ration 2 : Ration pour vache laitière à 25 litres avec une stratégie de valorisation du pâturage/d'impacts environnementaux réduits | 65 |
| Rations hivernales | 67 |
| Ration 3 : Ration pour vache laitière à 25 litres avec une stratégie de dépendance forte/d'impacts environnementaux élevés..... | 68 |
| Ration 4 : Ration pour vache laitière à 25 litres avec une stratégie de dépendance faible/d'impacts environnementaux modérés..... | 69 |
| Ration 5 : Ration pour vache laitière à 25 litres avec une stratégie de dépendance faible/d'impacts environnementaux réduits..... | 70 |
| Ration 6 : Ration pour vache laitière à 25 litres en agriculture biologique..... | 72 |
| III.2.2 Rations pour vaches taries | 74 |
| Rations au pâturage | 74 |
| Rations hivernales | 75 |
| Ration 7 : Ration pour vache tarie avec une stratégie de dépendance faible/d'impacts environnementaux modérés | 75 |
| PARTIE IV : LES INDICATEURS PRATIQUES POUR L'EVALUATION DES DESEQUILIBRES DE LA RATION. | 80 |
| IV.1 Les indicateurs à observer..... | 81 |
| IV.1.1 La note d'état corporel..... | 81 |
| IV.1.2 Le score de remplissage du rumen | 82 |
| IV.1.3 La ruminat..... | 84 |
| IV.1.4 Les matières fécales | 84 |
| IV.1.5 La production laitière | 86 |
| IV.1.6 Le nombre de maladies métaboliques..... | 87 |
| IV.2 Les indicateurs issus des données de la production laitière | 87 |
| IV.2.1 L'urée du lait | 87 |
| IV.2.2 Le taux butyreux..... | 88 |
| Effet de la proportion de concentrés, de la fibrosité de la ration et du niveau énergétique de la ration | 89 |
| Effet du niveau des lipides alimentaires dans la ration..... | 92 |
| IV.2.3 Le taux protéique | 92 |
| Effet du niveau énergétique de la ration | 92 |
| Effet de l'apport en protéines dans la ration et de leur nature | 93 |
| PARTIE V : LES PRINCIPALES PATHOLOGIES D'ORIGINE NUTRITIONNELLE ET LEUR PREVENTION | 93 |

| | |
|--|-----|
| V.1 La fièvre de lait | 93 |
| V.2 L'acétonémie | 94 |
| V.3 L'acidose subaigüe du rumen | 95 |
| REFERENCES | 97 |
| ANNEXE 1 : TABLEAU DE COMPOSITION DES ALIMENTS (DONNEES A TITRE INDICATIF) | 101 |
| LIENS UTILES | 105 |

LISTE DES ABBREVIATIONS

AA : Acide aminé

BACA : Balance alimentaire cations/anions

DAC : Distributeur automatique d'aliment

DVE : *Darmverteerbaar eiwit*

MG : Matières grasses

MAT : Matières azotées totales

NDF : Neutral detergent fiber

MS : Matière sèche

OEB : *Onbestendige eiwit balans*

TB : Taux butyreux

TP : Taux protéique

UI : Unité Internationale

VEM : *Voeder eenheid voor melk*

INTRODUCTION

Dans un précédent Livret de l’Agriculture, nous avons posé les bases théoriques de l’alimentation de la vache laitière, en explicitant surtout la physiologie digestive du ruminant et les différents besoins de la vache laitière : besoins d’entretien, besoins liés à la production laitière et/ou à la gestation.

A présent, nous allons plus loin, en abordant les caractéristiques des principaux aliments utilisés en production laitière, les calculs de ration, les principaux indicateurs permettant d’évaluer les déséquilibres d’une ration et les pathologies d’origine nutritionnelle les plus fréquentes.

Ce Livret constitue un véritable guide pratique, qui s’adresse à tout éleveur soucieux à la fois de comprendre les notions qui sous-tendent les calculs de ration des troupeaux laitiers et de pouvoir réaliser au quotidien un meilleur suivi de ses animaux et de sa production, mais aussi de mieux intégrer les critères environnementaux dans sa gestion de l’alimentation.

PARTIE I : QUELQUES RAPPELS

I.1 La composition des aliments

Lorsqu’on place un aliment dans une étuve, l’eau contenue dans l’aliment s’évapore et il subsiste un résidu sec, appelé matière sèche (MS). La MS comprend d’une part la matière organique — glucides pariétaux (communément appelés « fibres » : cellulose, hémicellulose et pectines) et cytoplasmiques (amidon et sucres solubles), lignine, lipides, matières azotées et vitamines liposolubles et hydrosolubles — et d’autre part la matière minérale — macro-éléments et oligo-éléments.

I.2 La digestion des aliments chez le ruminant

1.2.1 Anatomie et physiologie digestive des ruminants

Le système digestif des bovins présente la particularité d’être pourvu de 4 estomacs : 3 « préestomacs » (réseau, rumen et feuillet) et un estomac proprement dit, la caillette. Cette configuration particulière permet au ruminant d’effectuer une prédigestion microbienne des aliments, facilitant une utilisation poussée des fibres présentes dans la ration.

Le rumen est un écosystème peuplé de microorganismes qui vivent en symbiose avec le ruminant. Ces microorganismes, adaptés à vivre dans un environnement caractérisé par un pH de 6,0 à 7,0, dégradent, via des processus d’hydrolyse et de fermentations, la plupart des composants de la ration alimentaire.

1.2.2 La digestion des aliments

La digestion des glucides

Une fois arrivés dans le rumen, les glucides subissent une fermentation microbienne conduisant à la formation d’un mélange d’acides gras volatils (AGV) : acide acétique (C₂ : 0), acide propionique (C₃ : 0) et acide butyrique (C₄ : 0), les proportions de ces 3 acides gras étant généralement de l’ordre de 65 : 20 : 15. Ces différents AGV sont ensuite absorbés à travers la paroi du rumen (figure 1).

La digestion des lipides

Les lipides alimentaires sont hydrolysés par les microorganismes du rumen, ce qui permet la production de glycérol et d'acides gras libres.

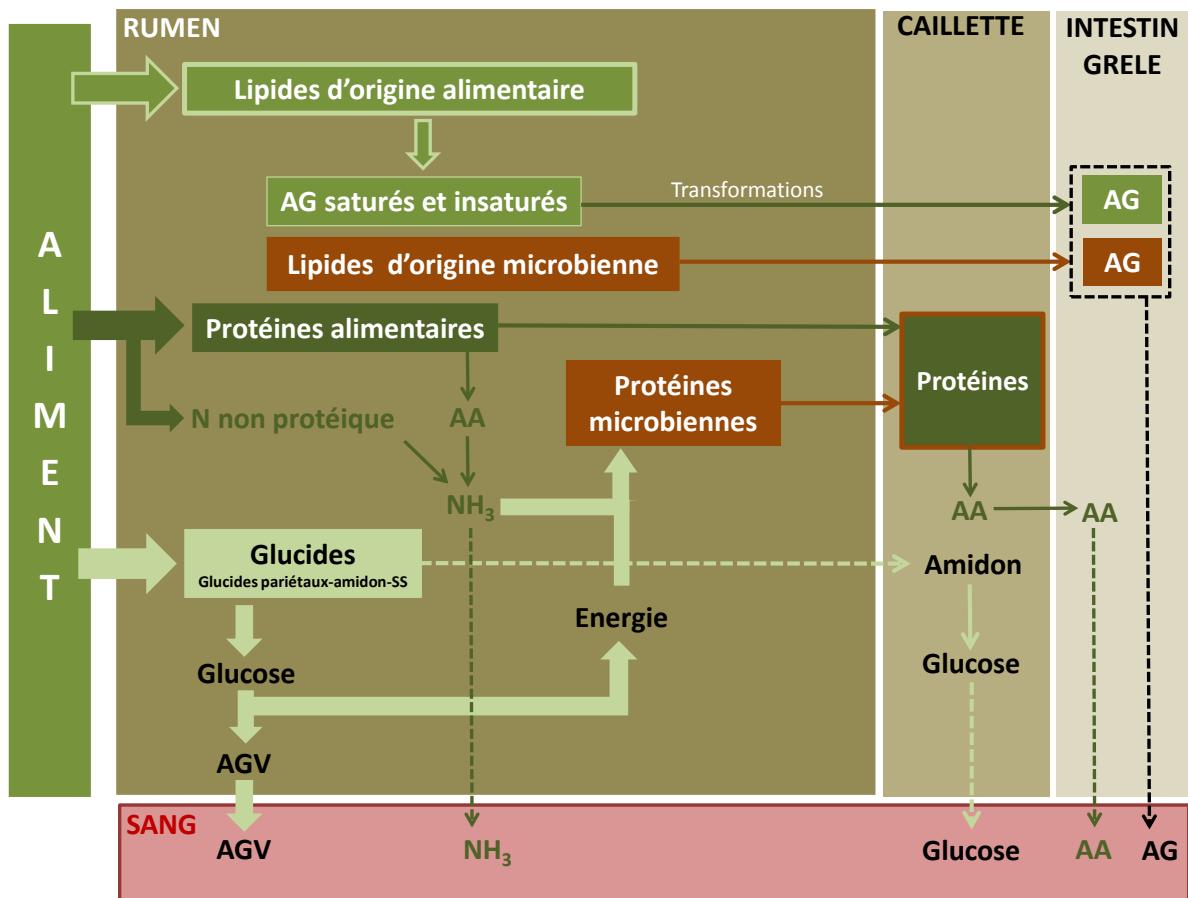
A côté de leur activité de dégradation des lipides alimentaires, les microorganismes synthétisent également, au sein de leur organisme, des lipides microbiens. Lorsque ces microorganismes quittent le rumen et passent dans la caillette, ils sont détruits par le suc gastrique. Ceci entraîne la libération des lipides microbiens ; les acides gras libres microbiens rejoignant le pool d'acides gras libres d'origine alimentaire pour subir une digestion et une absorption intestinales (figure 1).

La digestion des matières azotées

Les matières azotées alimentaires subissent dans le rumen une dégradation dont le produit terminal est l'ammoniac (NH_3). Cet ammoniac est utilisé par les microorganismes du rumen pour synthétiser leurs propres protéines, appelées protéines microbiennes. Cette synthèse ne peut cependant avoir lieu qu'en présence d'une quantité suffisante d'énergie. C'est principalement la dégradation des glucides *via* les fermentations microbiennes qui va fournir l'énergie nécessaire à cette synthèse protéique. S'il existe un excédent de matières azotées par rapport à l'énergie présente, l'ammoniac excédentaire est absorbé puis transformé en urée dans le foie.

Les protéines microbiennes subissent une digestion enzymatique dans la caillette, conduisant à la formation d'acides aminés (AA) (figure 1).

Figure 1 : Schéma simplifié de la digestion des glucides, des lipides et des matières azotées chez le ruminant



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

I.2.3 La digestibilité des aliments

Les aliments ingérés par l'animal ne sont quasiment jamais digérés et absorbés en totalité : une partie se retrouve au niveau des matières fécales. On définit ainsi la digestibilité apparente d'un aliment comme la proportion d'aliments qui disparaît apparemment dans le tube digestif :

$$\text{Digestibilité apparente} = \frac{\text{Quantité ingérée} - \text{quantité excrétée dans les matières fécales}}{\text{Quantité ingérée}}$$

I.3 Les particularités du métabolisme des glucides, des acides gras volatils, des lipides et des protéines chez la vache laitière en lactation et le lien avec la production de lait

La composition chimique du lait est proche de 87 % d'eau, 5 % de lactose, 4 % de matières grasses (MG), 3 % de protéines et 1 % de minéraux. Hormis l'eau, ces constituants sont quasi tous synthétisés par la mamelle à partir d'éléments prélevés dans le sang : glucose, acétate, corps cétoniques, acides gras à longue chaîne et AA.

I.3.1 Métabolisme des glucides

Le glucose contribue à la synthèse du lactose, principal constituant glucidique du lait. Chez le ruminant, la synthèse du glucose (néoglucogenèse) est assurée principalement à partir de l'acide propionique, provenant des fermentations liées à l'amidon. Lorsque la ration est trop

peu énergétique, la néoglucogenèse se fait davantage à partir des AA. Ce recours aux AA peut entraîner une baisse du taux protéique (TP) du lait.

I.3.2 Métabolisme des acides gras volatils

L'acide acétique sert de précurseur au niveau de la mamelle pour la synthèse des acides gras à courte chaîne et à chaîne moyenne du lait. L'acide butyrique est quant à lui transformé quasi totalement en corps cétoniques lors de son absorption à travers la paroi du rumen. Ces corps cétoniques sont utilisés comme fournisseurs d'énergie, mais participent aussi à la synthèse des acides gras à courte et moyenne chaînes du lait au niveau de la mamelle.

I.3.3 Métabolisme des lipides

Les triglycérides constituent la majeure partie des lipides du lait. Les acides gras qu'ils contiennent ont 2 origines possibles :

- Une origine intra-mammaire : la mamelle synthétise des acides gras à courte et moyenne chaînes (*cf. supra*) ;
- Une origine extra-mammaire : les acides gras sont prélevés au niveau du sang par la mamelle. Il s'agit alors d'acides gras à longue chaîne provenant directement de l'alimentation ou bien de la mobilisation des réserves corporelles.

I.3.4 Métabolisme des protéines

Chez les bovins, les AA présents sont utilisés pour synthétiser des protéines, mais aussi pour synthétiser du glucose lorsque cela est nécessaire. Par conséquent, il existe une compétition pour l'utilisation des AA entre la voie de la synthèse des protéines et la voie de la synthèse du glucose.

I.4 Expression des besoins des animaux et des apports de la ration

I.4.1 Les systèmes utilisés pour exprimer les besoins des animaux et les apports de la ration

Expression des besoins et des apports en matière sèche

La capacité d'ingestion. La capacité d'ingestion d'une vache correspond à la quantité d'aliments distribués à volonté qu'elle ingère volontairement. Elle est influencée par plusieurs facteurs : le poids, la production laitière, l'état corporel, la période de lactation, la période de gestation et l'âge de la vache.

Le niveau d'ingestion réel. Il représente les quantités d'aliments réellement ingérés par la vache. Ces quantités dépendent de la capacité d'ingestion de l'animal, mais aussi d'autres facteurs, comme par exemple la stratégie de distribution de la ration (distribution restreinte ou à volonté, facilité d'accès des vaches à la ration). L'ingestion réelle s'exprime toujours en kg de MS/jour.

Expression des besoins et des apports en énergie

En Belgique, pour le secteur des productions laitières, on utilise le système hollandais d'unité énergétique : le VEM (pour *Voeder Eenheid voor Melk*). 1 VEM correspond à la quantité d'énergie nette contenue dans 1 g d'orge.

Notons que certains éleveurs utilisent le système allemand d'expression de l'énergie, basé sur les NEL. On peut grossièrement passer d'un système d'expression à l'autre en utilisant la

formule suivante : $1 \text{ NEL} = 140,7 \text{ VEM}$. Par ailleurs, en France, on utilise un système d'expression de l'énergie basé sur les UFL (Unites Fourragères Lait), 1 UFL correspondant approximativement à 1000 VEM.

Lors du calcul de la ration, les apports énergétiques des différents aliments présents dans la ration seront additionnés et la valeur énergétique totale sera comparée aux besoins énergétiques de la vache.

Expression des besoins et des apports en matières azotées

Le système utilisé en Région wallonne pour exprimer les apports et les besoins en matières azotées des ruminants est celui utilisé en Hollande et appelé *système DVE/OEB* (DVE : *DarmVerteerbaar Eiwit* ; OEB : *Onbestendige Eiwit Balans*).

DVE. Les DVE désignent les *protéines digestibles dans l'intestin*.

DVE = protéines alimentaires non dégradées dans les préestomacs + protéines microbiennes – protéines endogènes des matières fécales¹

Rappelons que ce système d'unité prend en compte les *protéines microbiennes qui peuvent être théoriquement formées par les microorganismes sur base de l'énergie disponible*. La valeur DVE suppose donc qu'il y ait suffisamment d'azote, une situation qui n'est évidemment pas toujours rencontrée dans le rumen de la vache. Par conséquent, il peut arriver que la valeur DVE ne soit pas celle attendue, s'il existe dans le rumen un excès d'énergie par rapport à l'azote présent.

OEB. L'OEB constitue quant à lui *le bilan des protéines dégradables* dans le rumen.

OEB = protéines microbiennes permises par l'azote – protéines microbiennes permises par l'énergie

Comme pour l'énergie, lors du calcul de la ration, les apports en DVE et ceux en OEB des différents aliments présents dans la ration sont additionnés. L'apport total en DVE de la ration est alors comparé aux besoins en DVE de la vache. Dans une ration correctement formulée, les apports en DVE correspondent aux besoins en DVE de la vache. Une fois cet équilibre atteint, trois cas de figure sont possibles :

1. OEB de la ration = 0. Il y a alors autant d'énergie que d'azote dans le rumen. Le DVE est réel, les besoins de la vache sont donc couverts par la ration.
2. OEB de la ration > 0. Dans ce cas, il existe un excès d'azote dans le rumen. Le DVE exprime alors une protéine vraie et les besoins de la vache en DVE sont donc réellement couverts par la ration. L'excès d'azote, qui se présente sous la forme d'ammoniac, est éliminé par les urines, après transformation en urée. Un excès important d'azote aura des impacts non négligeables sur la santé de la vache, mais aussi sur le plan économique et environnemental. On considère en général que chez la vache laitière, il est souhaitable de ne pas dépasser un OEB de +200 (voire +300) dans une ration.

¹ Cette dernière fraction correspond aux protéines nécessaires pour la fabrication des enzymes assurant la digestion et des cellules de la paroi intestinale, qui sont perdues avec l'excrétion fécale.

3. OEB de la ration < 0. Dans ce cas, il existe un excès d'énergie dans le rumen. Le DVE calculé théoriquement pour la ration n'est alors pas obtenu en pratique. Ce faisant, les besoins de la vache en DVE ne sont pas totalement couverts. Une telle situation doit toujours être évitée chez la vache laitière.

Expression des besoins et des apports en minéraux et en vitamines

Les apports en minéraux des aliments sont exprimés en g/kg de MS d'aliment pour les macro-éléments (calcium, phosphore, potassium, sodium, chlore, soufre et magnésium) et en mg/kg de MS d'aliment ou en ppm pour les oligo-éléments (fer, sélénium, zinc, cuivre, iodé, cobalt, manganèse). Les apports en vitamines sont quant à eux exprimés en mg/kg de MS d'aliment ou en Unité Internationale (UI)/kg de MS d'aliment.

Les modalités d'expression des besoins en minéraux et en vitamines sont différentes selon que l'on s'intéresse

- Aux macro-éléments et aux vitamines : les besoins sont exprimés en termes de besoins absolus, c'est-à-dire en g/jour (ou parfois en UI pour les vitamines).
- Aux oligo-éléments : les besoins sont exprimés en termes de besoins relatifs et font l'objet de recommandations à suivre quant à la teneur en oligo-éléments à atteindre dans la MS de la ration de l'animal, avec fixation d'un seuil de carence et d'un seuil de toxicité. Les besoins en oligo-éléments sont donc exprimés en ppm ou en mg/kg de MS ingérée.

Expression des besoins et des apports en eau

En moyenne, une vache laitière boit environ 70 litres d'eau par jour, ou de l'ordre de 3 litres d'eau/litre de lait collecté. Ces quantités peuvent cependant varier grandement, en fonction du type d'alimentation, et plus précisément, du contenu en eau des aliments ingérés par l'animal ; de la température extérieure ; du gabarit de l'animal et de son statut physiologique (génisse, vache en lactation, vache tarie gestante).

I.4.2 Les besoins des animaux

Besoins d'entretien et besoins de production

Tout animal effectue des dépenses pour son entretien et ses productions. On parle donc de besoins d'entretien et de besoins de production. Lors du calcul de la ration, il convient de prendre en compte ces différents besoins. Ils sont calculés en utilisant des formules de calcul. Chez la vache laitière, schématiquement, on distingue 2 cas de figure possibles : soit la vache est en lactation, soit elle est tarie et gestante.

- Vache en lactation : ce premier cas de figure correspond aux vaches en lactation non gestantes et aux vaches en lactation gestantes (tableau 1).
- Vache tarie et gestante : ce cas de figure correspond aux vaches qui sont taries et gestantes (tableau 1). D'un point de vue pratique, il s'agit donc des vaches taries qui sont au 8^{ème} ou 9^{ème} mois de gestation.

Des besoins aux apports alimentaires

Le calcul de ration consiste à couvrir les besoins de l'animal — besoins énergétiques, azotés, minéraux et vitaminiques — en maximisant la fraction fourragère.

D'un point de vue pratique, il convient d'ajuster au mieux les apports alimentaires aux besoins, tout en prenant une certaine marge de sécurité (maximum 10-15 %). Ces « *apports alimentaires recommandés* » sont donc supérieurs aux besoins.

Le calcul de la ration est, la plupart du temps, calculé pour un lot d'animaux ou un troupeau, au sein duquel il existe une certaine hétérogénéité des performances. Il s'agit donc d'une « ration de base », calculée pour une production moyenne du troupeau. Les vaches laitières ayant une production supérieure à la moyenne reçoivent donc un supplément, appelé *concentré de production*.

Tableau 1 : Besoins d'une vache laitière à l'entretien, d'une vache laitière en lactation et d'une vache laitière tarie en gestation

| | Besoins d'une vache à l'entretien | Besoins d'une vache en lactation | Besoins d'une vache tarie en gestation (8 ^{ème} ou 9 ^{ème} mois) |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Paramètres | | | |
| MS (kg) | 1,4 x (poids/100 + 2) | 1,4 x ((poids/100) + 2) + 0,37 x L* | 1,4 x ((poids/100) + 2) - 1,5 |
| VEM | 6,45 x poids + 1 265 | Si production ≤ 15 kg : 6,45 x poids + 1 265 + 442 x FCL** x L Si production > 15 kg : $(6,45 \times \text{poids} + 1\ 265 + 442 \times \text{FCL} \times L) \times [1 + 0,00165 \times ((\text{FCL} \times L) - 15)]$ Si gestation au 6^{ème} mois : + 450 Si gestation au 7^{ème} mois : + 850 | 6,45 x poids + 1 265 8 ^{ème} mois : + 1 500 9 ^{ème} mois : + 2 700 (Idéalement, 1 à 2 semaines avant le vêlage : + 4 000) |
| DVE (g) | Poids/10 + 54 | Poids/10 + 54 + 1,396 x MP*** + 0,000195 x MP² Si gestation au 6 ^{ème} mois : + 62 Si gestation au 7 ^{ème} mois : + 107 | Poids/10 + 54 8 ^{ème} mois : + 177 9 ^{ème} mois : + 278 |
| Macro-éléments (g) | | | |
| Calcium | 5 x poids/100 | 5 x poids/100 + 3 x L | 5 x poids/100 + 15 |
| Phosphore | 3 x poids/100 | 3 x poids/100 + 2 x L | 3 x poids/100 + 9 |
| Sodium | 2 x poids/100 | 2 x poids/100 + L | 2 x poids/100 + 5 |
| Magnésium | 1,6 x poids/100 | 1,6 x poids/100 + 0,5 x L | 1,6 x poids/100 + 5 |
| Oligo-éléments (ppm) | | | |
| Cuivre | | 8 - 10 | |
| Zinc | | 50 - 75 | |
| Manganèse | | 50 - 75 | |
| Vitamines (UI) | | | |
| A | 10 000 x poids/100 | 10 000 x poids/100 + 1 000 x L | 10 000 x poids/100 + 100 000 |
| D | 1 000 x poids/100 | 1 000 x poids/100 + 100 x L | 1 000 x poids/100 + 10 000 |
| E | 30 x poids/100 | 30 x poids/100 + 3 x L | 30 x poids/100 + 0 |

*L= kg de lait produit par la vache/jour

**FCL (facteur de correction du lait) = (0,337 + 0,116 x % MG du lait + 0,06 x % Protéines du lait)

***MP = Quantité de protéines dans le lait (g/jour) = kg de lait/jour x % Protéines x 10

PARTIE II : LES ALIMENTS ET LEUR UTILISATION EN PRODUCTION LAITIERE

L'aliment le plus adapté et le plus économique pour nourrir des bovins est l'herbe pâturée. Ces dernières décennies, le pâturage a cependant été souvent peu encouragé, au profit de systèmes d'exploitation à haut niveau d'intrants (fertilisation, concentrés,...). Cette évolution a été favorisée d'une part par la simplicité d'utilisation de l'ensilage de maïs, et d'autre part par l'incapacité du pâturage à maximiser les performances individuelles des vaches laitières. Et pourtant, aujourd'hui, nous sommes amenés à repenser notre système de production et à reconSIDérer l'intérêt du pâturage. Tout d'abord, le coût des matières premières, et notamment des protéines végétales, ne cessant d'augmenter, les éleveurs essaient de s'orienter de plus en plus vers une autonomie alimentaire. Le pâturage, s'il est réalisé en suivant certaines lignes directrices, peut les y aider. D'autre part, les éleveurs sont de plus en plus sollicités par rapport aux conséquences environnementales de leurs activités. Le pâturage répond partiellement à cette problématique : les surfaces enherbées fournissent en effet des biens et services à la collectivité, en termes de stockage de carbone, de qualité des eaux, de qualité paysagère et de maintien de la biodiversité. Le pâturage, et d'une façon plus générale l'utilisation de l'herbe et de ses dérivés, se présente ainsi comme un système de production plus durable. Par conséquent, nous insisterons tout au long de ce livret sur l'intérêt, en production laitière, de l'utilisation de l'herbe et de ses dérivés. Retenons déjà ce chiffre interpellant : dans les régions tempérées, l'herbe consommée par les vaches laitières au pâturage permet à elle seule une production journalière de 20 kg de lait/vache. Pour les animaux à potentiel de production élevé, un apport d'aliments concentré permettra d'encore accroître la production.

Dans cette partie, nous allons nous pencher sur les caractéristiques des différents aliments utilisés en production laitière, en commençant par l'herbe. Nous évoquerons ensuite les différents ensilages utilisés en rations laitières (herbe, maïs, pulpes surpressées, céréales immatures), les fourrages secs et les racines et tubercules et leurs dérivés. Nous aborderons également les caractéristiques des aliments concentrés, tels que les céréales, les graines de protéagineux et d'oléagineux et leurs co-produits, les tourteaux. Ensuite, nous décrirons une 3^e catégorie d'aliments, les mélanges minéraux.

II.1 Les fourrages

On distingue classiquement 3 catégories de fourrages, sur base de leur mode de conservation et de leur teneur en MS : les fourrages verts, les ensilages et les fourrages secs. Une 4^e catégorie d'aliments peut être assimilée aux fourrages : il s'agit des racines et tubercules et de leurs dérivés.

II.1.1 Les fourrages verts

Les fourrages verts comprennent les herbes. Dans nos régions, l'herbe pâturée est un fourrage de valeur nutritionnelle élevée, peu coûteux à produire, et qui peut constituer, comme nous allons le voir, le seul aliment de la ration de la vache laitière.

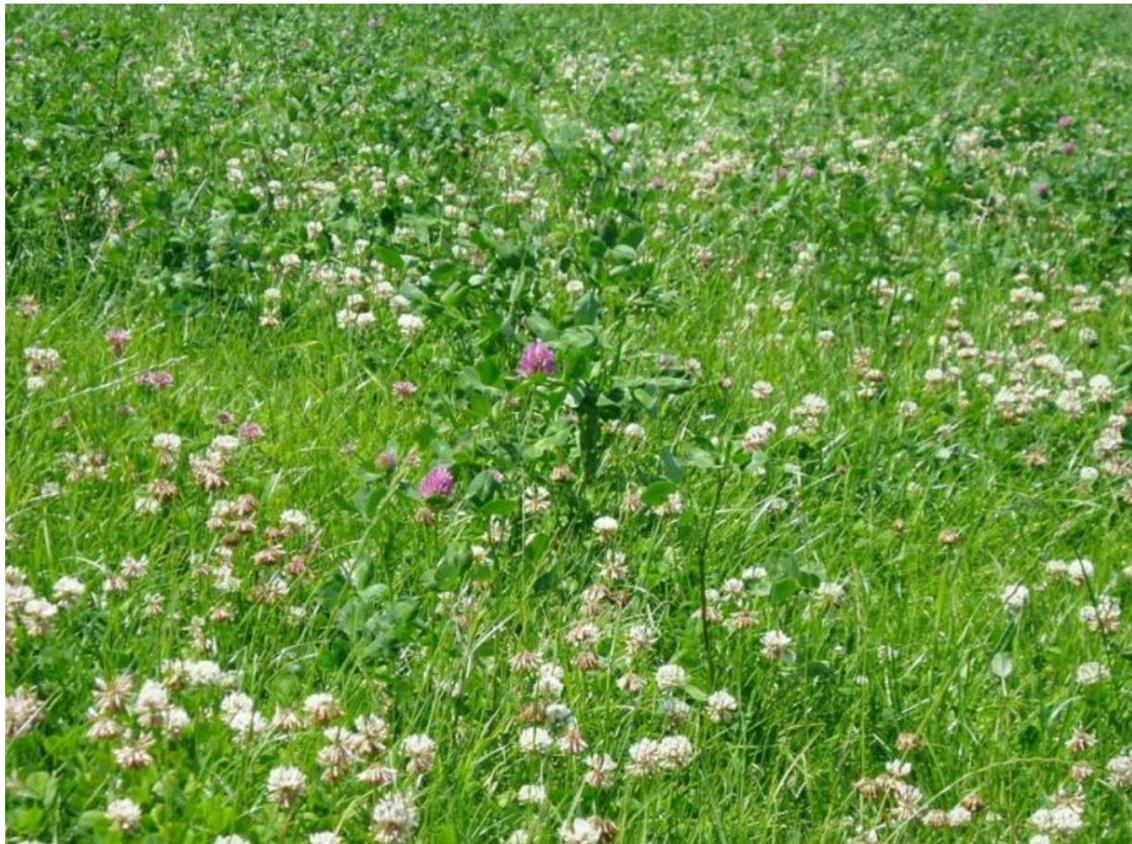
Composition chimique, valeur nutritionnelle et qualité de l'herbe

La qualité de l'herbe est variable. De nombreux facteurs influencent celle-ci. Citons notamment le stade de végétation (l'âge de l'herbe), la composition botanique de la prairie,

la saison (le cycle de végétation), mais aussi le sol et le climat, et la fertilisation. Penchons-nous plus spécifiquement sur la composition botanique, sur le stade et le cycle de végétation.

Composition botanique de la prairie et qualité de l'herbe. La flore des prairies cultivées par l'homme se compose en général d'un mélange de graminées (ray-grass anglais, fléole, dactyle, fétuque des prés, pâturins,...), de légumineuses (trèfle blanc, trèfle violet) et de plantes diverses (pissenlits, renoncules,...) (figure 2).

Figure 2 : Prairie riche en légumineuses



Fourrages Mieux ASBL

D'une manière générale, les légumineuses contiennent plus de protéines et de minéraux (particulièrement du calcium et du manganèse) que les graminées. Les légumineuses permettent également l'alimentation azotée de la végétation. Certains microorganismes qui se fixent sur leurs racines sont en effet capables de transformer l'azote atmosphérique en azote ammoniacal, permettant un enrichissement du sol en azote qui profite à l'ensemble de l'écosystème prarial, dont les graminées. Une prairie associant légumineuses et graminées nécessitera donc moins d'engrais azoté qu'une prairie de graminées pures². Ces caractéristiques rendent les légumineuses relativement attractives. En effet, vu l'augmentation constante des coûts des intrants, l'autonomie alimentaire est de plus en plus envisagée par les éleveurs. Dans ce contexte, la production d'un fourrage mixte légumineuses/graminées permet de diminuer d'une part les achats de protéines végétales telles que le tourteau de soja, et d'autre part la quantité d'intrants azotés. La composition idéale de la prairie permanente devrait ainsi tendre vers un minimum de 10 à 20 % de

² Pour plus d'informations, consulter Les Livrets de l'Agriculture, n°15, *Fertilisation raisonnée des prairies*

légumineuses et de 75 % de graminées (avec un minimum de 50 % de bonnes graminées : ray-grass anglais, fléole, dactyle, fétuque des prés et fétuque élevée) et un maximum de 15 % d'autres dicotylées (renoncules, pissenlits, plantains,...).

Stade/cycle de végétation et qualité de l'herbe. Légumineuses et graminées présentent plusieurs cycles de croissance successifs. Le premier cycle désigne la pousse de printemps, c'est-à-dire le cycle par lequel la plante passe de l'état végétatif (feuille) à l'état reproducteur (épi). Ce premier cycle est en général incomplet puisqu'il est interrompu par la coupe, via le pâturage ou le fauchage. On distingue 7 stades de végétation : la feuille, le tallage, la montaison, l'épiaison, la floraison, le stockage et la maturation (tableau 2). La durée entre le départ en végétation et le stade début épiaison est appelée *souplesse d'exploitation*. Plus elle sera longue, plus il sera possible d'exploiter une herbe feuillue et donc de faire pâture la 1^{re} pousse dans de bonnes conditions (ou plus le nombre de jours pour faucher au stade optimal sera grand). Le but du pâturage étant la valorisation de la production de fourrage feuillu, il faut favoriser le stade végétatif (avant la montaison), ce qui peut être obtenu avec un pâturage précoce.

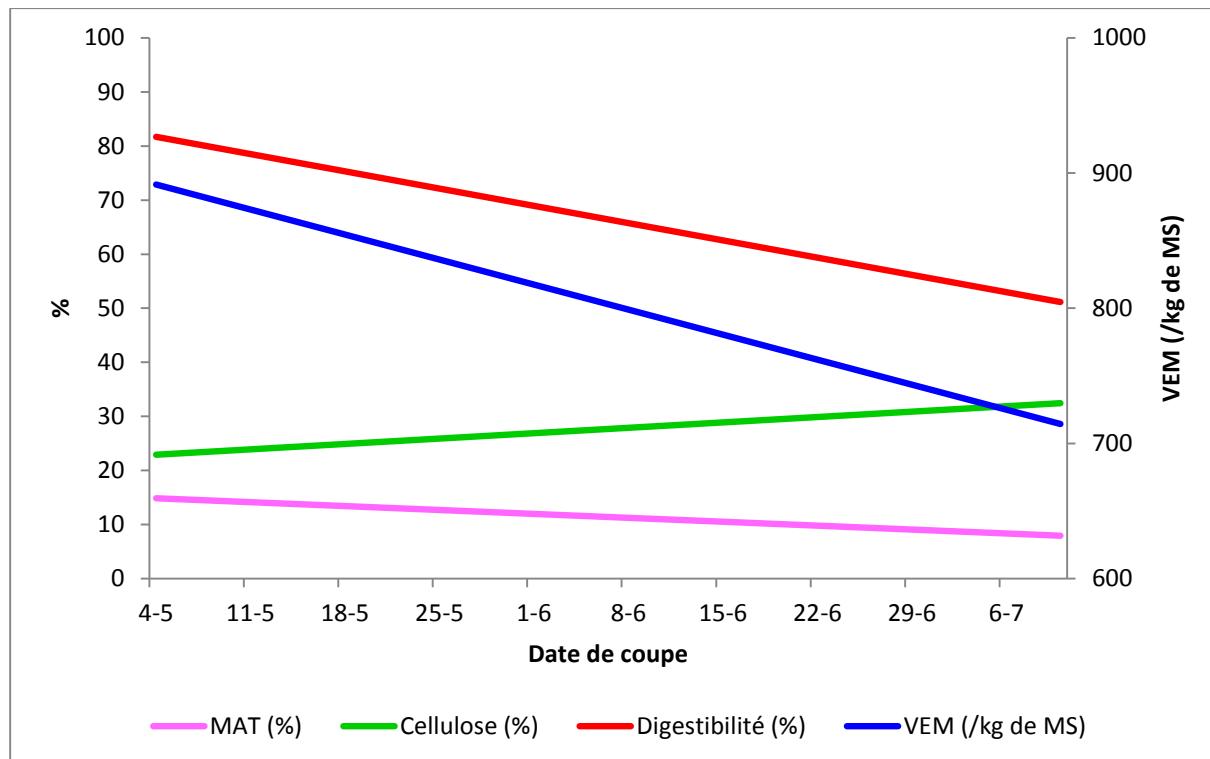
Tableau 2 : Caractéristiques de l'herbe selon le stade de végétation

| Stade de végétation | Morphologie | Composition chimique | Utilisation |
|---------------------|---|---|--|
| 1 Feuille | Quelques feuilles Très court | MS faible ($\pm 15\%$) MAT +++ Peu de cellulose/hémicellulose Sucres solubles +++ | Idéal pour effectuer un pâturage court |
| 2 Tallage | 5-6 feuilles/racine Hauteur 10-15 cm | MAT +++ Cellulose, hémicellulose + Sucres solubles +++ | Stade de pâturage idéal |
| 3 Montaison | Apparition de tiges Hauteur 20-25 cm | MAT ++ Cellulose, hémicellulose +++ Sucres solubles ++ | Ensilage |
| 4 Epiaison | Epi se dégage de la dernière feuille Stade de courte durée | MS \uparrow ($\pm 17\%$) MAT + Cellulose, hémicellulose +++ | Foin |
| 5 Floraison | Lignification de la tige | MS \uparrow ($\pm 19\%$) Cellulose $\uparrow\uparrow\uparrow$ Minéraux et oligo-éléments \downarrow | Foin |
| 6 Stockage | Epi se charge de substances de réserve dans la graine | MAT $\downarrow\downarrow\downarrow$ | Refus |
| 7 Maturation | Les graines mûrissent | Cellulose $\uparrow\uparrow$ Lignine $\uparrow\uparrow$ MAT \pm | Refus |

La date de coupe, ou plus précisément le stade de végétation au moment de la coupe, influence fortement la valeur alimentaire du fourrage (figure 3). Ainsi, en général, plus une plante est âgée, plus ses teneurs en MS et en fibres augmentent. En effet, plus la plante avance dans les différents stades de développement, plus les parois cellulaires s'épaissent, et donc plus les teneurs en cellulose et hémicellulose augmentent. Parallèlement, les parois

s'imprègnent de lignine, ce qui a pour effet de rendre la cellulose et l'hémicellulose moins accessibles aux fermentations du rumen, et donc de diminuer la digestibilité du fourrage. L'herbe contient également des sucres solubles, dont la teneur diminue avec l'âge de la plante. La teneur en MAT de l'herbe diminue quant à elle également avec le stade de développement, de même que la teneur en énergie (figure 3). Par conséquent, la valeur alimentaire de l'herbe diminue avec l'âge de la plante.

Figure 3 : Evolution des teneurs en MAT (%), cellulose (%), digestibilité (%) et énergie (VEM/kg de MS) dans les ensilages et les foins, en fonction de la date de récolte, pour l'année 2011, en province de Luxembourg (Crémer et al, 2012)



Il est important de noter que, comparativement aux légumineuses, la valeur alimentaire des graminées chute plus rapidement après le stade idéal d'exploitation. Par conséquent, il faut retenir deux éléments : d'une part, une prairie riche en légumineuses sera plus souple d'exploitation qu'une prairie de graminées pure, et d'autre part, ce sera surtout le stade de développement de la (des) graminée(s) principale(s) qui déterminera le moment d'exploitation.

Enfin, précisons que chaque cycle de végétation induit une herbe de qualité différente. Chez les graminées, les espèces remontantes (ray-grass d'Italie, ray-grass anglais) donnent, lors des repousses, de nouveaux épis. A l'inverse, les espèces non remontantes (dactyle, fétuque élevée) ne donnent que des repousses feuillues. La date de 2^e coupe pour celles-ci n'est donc pas fonction d'un stade végétatif repère mais bien de l'appréciation du rendement désiré. Ceci améliore la qualité du fourrage, qu'il s'agisse de pâturage ou de fauche. Les feuilles subissant les effets du vieillissement, la qualité du fourrage sera déterminée par l'âge des repousses, mais aussi bien sûr par les conditions météorologiques.

Nous venons de voir les effets de la composition botanique de la prairie, du stade et du cycle de végétation sur la qualité de l'herbe. Voyons à présent comment évolue la qualité de l'herbe si un pâturage tournant par parcellement est réalisé. Dans un système de pâturage tournant, où l'entrée dans la parcelle se produit systématiquement lorsque la hauteur d'herbe est d'environ 15 cm maximum à l'herbomètre (figure 4), on peut observer une modification de la composition chimique et de la qualité de l'herbe tout au long des saisons, qui n'a rien de semblable avec l'évolution observée au cours des différents stades de végétation : la teneur en sucres solubles diminue, tandis que celle en matières azotées totales (MAT) ne fait qu'augmenter (figure 5). L'OEB de l'herbe augmente quant à lui de façon considérable, passant d'une valeur légèrement négative à une valeur franchement positive, alors que le DVE augmente très légèrement (figure 6). Ce type de pâturage est assez répandu dans nos régions. L'éleveur qui le pratique devra donc tenir compte de ces modifications de composition chimique et de valeur nutritionnelle lors de l'établissement de la ration des animaux, tout particulièrement s'il opère une complémentation des vaches au pâturage à l'aide de concentrés riches en protéines. Dans ce contexte, nous insistons donc ici sur l'importance de réaliser régulièrement des analyses d'herbe.

Figure 4 : Herbomètre Jenquip®



Figure 5 : Evolution des teneurs en sucres solubles (g/kg de MS) et en MAT (g/kg de MS) de l'herbe depuis mi-avril jusqu'à fin octobre, lors de pâturage tournant avec entrée dans la parcelle à 15 cm (résultats entre 1996 et 2007)

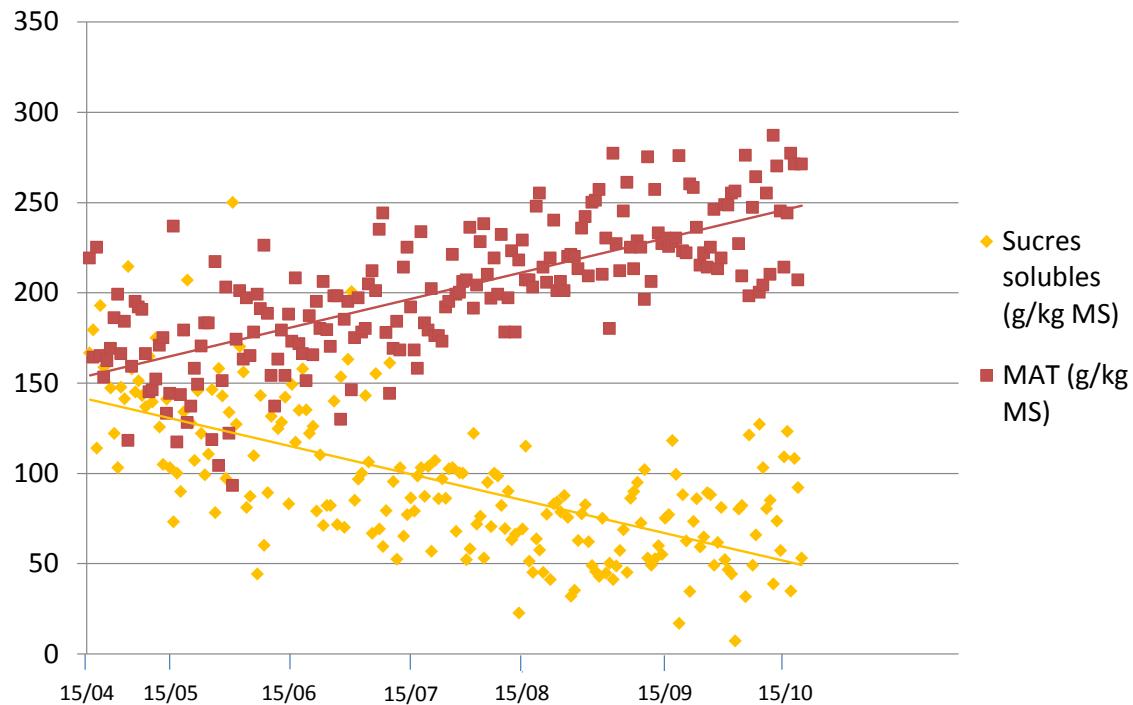
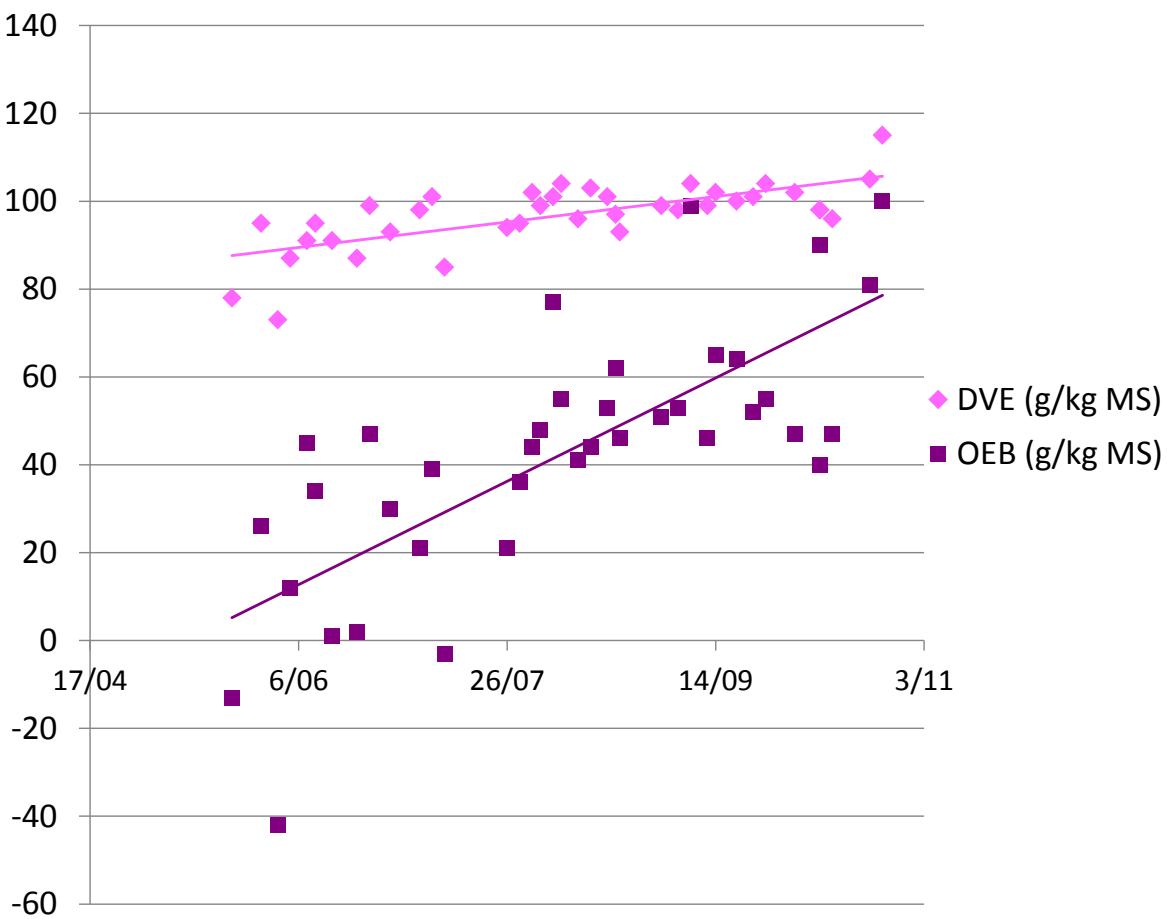


Figure 6 : Evolution du DVE (g/kg de MS) et de l'OEB (g/kg de MS) de l'herbe depuis mi-mai jusqu'à fin octobre 2011, lors de pâturage rotatif avec entrée dans la parcelle à 15 cm



Performances des vaches laitières au pâturage

Les performances des vaches laitières au pâturage sans complémentation sont élevées. Lorsque l'herbe est disponible en qualité et en quantité, le pâturage peut en effet permettre la production moyenne de 20 kg de lait/jour (de l'ordre de 25 kg au printemps et 15 kg en arrière saison).

Pour atteindre cette production de 20 kg de lait uniquement avec le pâturage, la vache laitière doit ingérer entre 14 et 15 kg de MS d'une herbe qui doit présenter certaines caractéristiques, résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Composition chimique et valeurs nutritionnelles de l'herbe nécessaires pour satisfaire les besoins d'une vache laitière avec une production de 20 kg de lait à 4 % de MG au pâturage (adapté de Decruyenaere et Belge, 2006)

| | |
|---|---|
| Teneur en MS (%) | 15 – 20 |
| Teneur en énergie (VEM/kg de MS) | Au moins 850 |
| Teneur en protéines (g de DVE/kg de MS) | Au moins 80 |
| Teneur en minéraux (g/kg de MS) | Calcium : 7,1 Phosphore : 4,0 Magnésium : 2,0 Sodium : 1,5 Soufre : 1,5 |

Dans ce contexte, et pour garantir des performances optimales tout au long de la saison de pâturage, il est primordial de respecter certaines règles de conduite du pâturage ; celles-ci concernent la mise à l'herbe, la fertilisation, la gestion du troupeau et du pâturage en général (tableau 4).

Tableau 4 : Règles d'or de la conduite des prairies permanentes pâturées (adapté de Decruyenaere et Belge, 2006)

1. Sortir les animaux le plus tôt possible, c'est-à-dire lorsque les conditions climatiques et surtout de portance du sol le permettent (peu importe la hauteur et la quantité d'herbe) en réalisant une transition alimentaire de 2 à 3 semaines idéalement
2. Dans les systèmes de pâturage tournant, faire entrer les animaux sur la nouvelle parcelle lorsque la hauteur d'herbe y est de 15 cm maximum ; dans les systèmes de pâturage continu, ne pas dépasser 15 % de refus
3. Effectuer un broutage ras (hauteur de sortie de l'ordre de 5 cm) pour garantir une production optimale
4. Raisonner la fertilisation azotée³
5. Ensiler le plus tôt possible les parcelles réservées à la fauche afin de hâter les repousses
6. Faucher les refus en fin de printemps si nécessaire
7. Eviter tout ce qui peut occasionner des vides dans le gazon et sursemer dès apparition de ceux-ci
8. Réaliser une gestion raisonnée du parasitisme des animaux

Moyennant le respect de ces règles simples, il est possible de disposer de prairies de qualité, permettant aux vaches laitières de développer des performances optimales. Notons que la production de 20 kg de lait/vache.jour permise par le pâturage seul constitue une production moyenne. Des écarts importants entre animaux d'un même troupeau peuvent en effet être observés. Les performances individuelles des vaches laitières au pâturage sans complémentation dépendent en effet des performances observées à la mise à l'herbe, qui varient avec le stade de lactation de l'animal et son potentiel génétique. Précisément, au-delà d'une production de 15 kg de lait/jour, l'herbe seule permet de produire plus de 50 % de chaque kg de lait attendu supplémentaire. Concrètement, cela signifie qu'une vache laitière dont on attend 40 kg de lait/jour au pic de lactation est capable de produire quasiment 30 kg de lait/jour sans aucun apport de concentré.

Pour ces animaux à haut potentiel, la complémentation au pâturage à l'aide de concentrés est largement pratiquée, de même aussi que la complémentation à l'aide de fourrages. Mais comment les animaux répondent-ils à cette complémentation ?

L'effet de l'apport de fourrages. Beaucoup d'éleveurs maintiennent un apport de fourrages complémentaires aux vaches laitières au pâturage, même lorsque la surface disponible par animal est suffisante. Il faut savoir que l'apport de fourrages complémentaires entraîne une diminution importante des ingestions d'herbe, les fourrages se substituant à l'herbe. Cet apport peut ainsi compromettre la valorisation de l'herbe produite, en créant des situations

³ Pour plus d'informations, consulter le site Nitrawal (www.agreau.be)

incontrôlables : refus abondants, herbe trop haute,... A moyen terme, il existe donc un risque de dégradation de la qualité de la prairie, qui, ce faisant, pousserait l'éleveur à accentuer la complémentation, ce qui aurait pour effet d'aggraver encore le problème. Par ailleurs, cela a peu d'effet sur la production laitière. Des études ont montré qu'un apport de foin au pâturage — souvent recommandé pour ralentir le transit des herbes — ne permettait pas d'influencer la production laitière ou la teneur en MS des bouses. L'intérêt d'un apport de fourrages complémentaires dépend donc des conditions de pâturage : lorsque la disponibilité en herbe est garantie, comme cela est souvent le cas au printemps, l'apport de fourrages complémentaires (foin, ensilage d'herbe ou de maïs,...) a un intérêt quasiment nul.

A l'inverse, lors de pénuries d'herbe et en fin de saison, une complémentation à l'aide de fourrages conservés peut s'avérer pertinente. D'une part car elle permet de maintenir la production laitière à son niveau optimal, et d'autre part, car elle offre la possibilité de recréer des stocks d'herbe pour les périodes de pâturage suivantes. Le choix se portera alors sur un fourrage riche en énergie mais pauvre en matières azotées.

L'effet de l'apport de concentré. La distribution d'un aliment concentré entraîne dans la plupart des cas une réduction des quantités d'herbe ingérées, avec cependant une augmentation de la quantité totale ingérée. En d'autres termes, le concentré se substitue partiellement à l'herbe. Par conséquent, l'administration d'un concentré diminue la valorisation des surfaces enherbées, tout en représentant un coût certain pour l'éleveur.

Outre le fait que l'administration d'un concentré au pâturage conduit toujours à une moins bonne ingestion de l'herbe, l'efficacité du concentré est extrêmement variable. Dans notre région, chez des vaches ne recevant pas d'autre fourrage que l'herbe pâturée et produisant 20 kg de lait/jour, elle est en moyenne de 1 kg de concentré équilibré pour 1,5 litre de lait. Mais cette moyenne cache en réalité des valeurs allant de 0 à 3,5 litres de lait. Parmi les facteurs qui influencent l'efficacité du concentré, citons le stade de lactation et la saison. L'efficacité du concentré est ainsi élevée chez les vaches en début de lactation (1 kg de concentré pour 3,5 litres de lait chez les animaux à moins de 100 jours en lactation), mais quasi nulle chez les vaches à plus de 200 jours en lactation. Par ailleurs, la saison, et donc les conditions climatiques, influence aussi fortement l'efficacité du concentré, *via* ses effets sur la croissance, la valeur nutritionnelle et l'appétibilité de l'herbe. Ainsi, en tout début de saison, au mois de mai, lorsque l'herbe est présente en quantité et en qualité suffisantes, l'efficacité du concentré est nulle, l'administration d'un concentré n'apportant aucune augmentation de la production laitière. Lorsque la saison avance et que les disponibilités en herbe ne sont plus garanties et/ou que la valeur nutritionnelle de l'herbe chute, on note un effet du concentré sur la production laitière, de l'ordre de 1 kg de concentré pour 1,3 à 2,3 litres de lait.

Les données présentées ci-dessus nous permettent de conclure qu'un apport de concentré au pâturage, d'une part, n'est pas systématiquement suivi par une augmentation de la production laitière, et d'autre part, est une stratégie qui doit toujours être réfléchie et adaptée au contexte de l'exploitation.

Par ailleurs, lors d'apport d'un concentré au pâturage, une diminution du taux butyreux (TB) du lait est le plus souvent observée (de l'ordre de - 0,5 g/kg pour chaque kg de MS de concentré), de même qu'une augmentation du TP du lait (de l'ordre de + 0,2 g/kg pour chaque kg de MS de concentré). Enfin, notons aussi que la supplémentation au pâturage à l'aide d'un

concentré a également pour effet d'augmenter le gain de poids vif ou la reprise d'état corporel tout au long de la saison de pâturage. L'énergie supplémentaire apportée par le concentré se répartit de façon à couvrir les besoins de production d'une part et les besoins d'entretien d'autre part.

La nature du concentré apporté au pâturage a-t-elle une influence sur les performances des animaux ?

- Pour des apports de concentré < 5 kg/jour, la nature de l'énergie présente dans le concentré (par exemple, orge *versus* pulpes de betteraves) a un impact très modéré sur les performances. Avec des quantités de concentrés plus élevées (> 8 kg/jour), une diminution du TB du lait s'observe, d'autant plus importante que le concentré est riche en amidon.
- Du point de vue de la complémentation protéique, gardons à l'esprit que dans nos régions, de nombreuses prairies pâturées sont généralement des prairies fertilisées ou comportant des légumineuses. Par conséquent, la teneur en protéines de l'herbe est rarement le facteur limitant la production laitière. Dans ce cas de figure, lors d'introduction d'un concentré protéique, la quasi-totalité de l'azote supplémentaire ingéré n'est pas valorisée et est excrétée dans l'urine. En réalité, une complémentation à l'aide de concentrés protéiques au pâturage ne se justifie que dans des situations particulières, avec des prairies pauvres en MAT (< 130 g de MAT/kg de MS), comme par exemple des prairies de graminées peu/pas fertilisées. Retenons donc que dans la majorité des cas, une complémentation à base de céréales ou avec un concentré dont la teneur en MAT est < 140 g/kg de MS est tout aussi efficace, et que l'apport de concentrés protéiques ne se justifie que dans certaines circonstances bien précises.

Comment planifier la conduite au pâturage ? En pâturage tournant, la mesure des hauteurs d'herbe à l'entrée des animaux dans la parcelle et à la sortie permet à l'éleveur d'évaluer la disponibilité fourragère, et donc de mieux planifier la conduite du pâturage.

En exploitation, l'outil le plus adapté pour mesurer la hauteur d'herbe est l'herbomètre (figure 4). Afin d'évaluer la disponibilité fourragère, il faut également connaître la densité de l'herbe, c'est-à-dire la quantité d'herbe présente par hectare sur 1 cm de hauteur d'herbe compressée. On utilise en général le chiffre de 250 kg de MS/cm.ha. Celui-ci constitue une moyenne, des variations pouvant être observées avec le mois de pâturage, les espèces botaniques présentes, le climat, la région,...

Prenons un exemple pour illustrer ceci.

Soit une parcelle de 5 ha, dont la hauteur d'herbe à l'entrée est de 15 cm, et la hauteur de sortie 5 cm. La hauteur pâturelle est donc de 10 cm. Avec une densité de l'herbe de 250 kg de MS/cm.ha, le stock d'herbe présent est de $10 \text{ cm} \times 250 \text{ kg MS/cm.ha} \times 5 \text{ ha} = 12\,500 \text{ kg MS}$.

Avec 80 vaches consommant en moyenne 17 kg de MS/jour (= besoins en MS pour une vache de 650 kg produisant ± 20 L), les besoins sont de $80 \times 17 \text{ kg} = 1\,360 \text{ kg}$.

L'éleveur dispose donc de $12\,500 / 1\,360$, soit ± 9 jours de réserve d'herbe sur cette parcelle (hors croissance de l'herbe durant les 9 jours de pâturage).

On peut également retenir le chiffre de 1 are/vache.jour. En effet : avec une entrée dans la parcelle à 11 cm et une sortie à 4 cm, la hauteur pâturable est de 7 cm. Le stock d'herbe présent est donc de 7 cm x 250 kg MS/cm.ha = 1 750 kg MS/ha. Si on considère qu'une vache ingère en moyenne 17 kg de MS/jour, on peut mettre $1\ 750/17 \approx 100$ vaches/ha.jour, soit 1 are/vache.jour.

Et le pâturage court ?

Le pâturage court est une technique qui vise à maintenir continuellement la hauteur d'herbe entre 5 et 7 cm. Il s'agit donc d'un pâturage continu intensif sur prairie permanente, qui consiste à laisser le troupeau pâturer en permanence l'ensemble de la prairie. Dans ce système, la charge en bétail est élevée (minimum 4 vaches/ha) et les apports en azote relativement importants. Ainsi, la charge est adaptée régulièrement en fonction de la production d'herbe (6 à 8 animaux/ha au printemps, 4 à 5 en été), le contrôle s'opérant via l'observation des refus.

II.1.2 Les ensilages

L'ensilage est un système de conservation des fourrages par fermentation anaérobique⁴ dans un silo : des bactéries transforment les sucres solubles en acides organiques (principalement de l'acide lactique et de l'acide acétique) qui font chuter le pH dans l'ensilage. Celui-ci devient alors stable. Les sucres solubles étant consommés par les bactéries, un ensilage se caractérise par une teneur en sucres solubles quasi nulle. Les principaux aliments ensilables sont l'herbe, le maïs plante entière (ou grain humide), les dérivés de betteraves (principalement pulpes humides et pulpes surprises) et les céréales immatures. On rencontre également parfois de l'ensilage de protéagineux, et plus précisément de l'ensilage de pois plante entière.

L'ensilage est réalisé soit dans différents types de silos : les silos horizontaux (silo taupinière et silo tranchée) et le silo tour, ou soit par enrubannage de balle ronde ou carrée. Remarquons que le type de silo utilisé par l'exploitant peut avoir un impact sur la qualité de son ensilage (tableau 5).

Tableau 5 : Impacts potentiels des modalités d'ensilage

| | Impacts potentiels |
|---|--|
| Silo taupinière | <ul style="list-style-type: none"> - Terre souvent introduite par les roues du tracteur - Difficultés de tasser le fourrage sur les côtés |
| Silo tranchée | <ul style="list-style-type: none"> - Offre de meilleures possibilités de tassemement du fourrage - Tassemement régulier et consciencieux nécessaire pour obtenir un ensilage de bonne qualité - Si silo rempli en plusieurs fois, différentes qualités superposées → les animaux en self-service peuvent faire leur choix |
| Balle ronde ou carrée enrubannée | <ul style="list-style-type: none"> - Bonne qualité - Fermentations variables entre les différentes balles - Fragile → difficultés de garder les ballots hermétiques (rongeurs) |

⁴ Fermentation en l'absence d'oxygène

Indépendamment des analyses qui peuvent être effectuées sur les ensilages par les laboratoires, il est possible d'évaluer la qualité de son ensilage en l'examinant à l'œil nu. Différents éléments doivent ainsi être examinés : l'odeur, la couleur, la structure, l'hygiène et la température (tableau 6).

Tableau 6 : Critères d'évaluation sensorielle de la qualité d'un ensilage par l'éleveur

| | Ensilage de bonne qualité | Ensilage de mauvaise qualité |
|---|---|---|
| Odeur | Agréable (acidulée, aromatique) | Désagréable, odeur d'acide butyrique, d'ammoniac, odeur de renfermé ou de moisi |
| Couleur | Similaire au fourrage initial, légèrement plus brunâtre | Différente du fourrage initial, jaunâtre |
| Structure identique au fourrage ensilé | Oui | Non |
| Hygiène | Propre et exempt de moisissures | Souillé, moisi |
| Température | Pas d'échauffement | Echauffement dans le silo et l'aire de chargement |

L'ensilage d'herbe

L'ensilage d'herbe préfané consiste à éparpiller l'herbe et à la laisser séjourner sur le sol durant une période limitée pendant laquelle elle sèche partiellement. L'herbe préfanée est ensuite mise en andain, puis récoltée afin de réaliser le silo. Une fois le silo réalisé, les fermentations démarrent rapidement, et il faut compter une période de 4 à 6 semaines pour avoir une stabilisation. La production totale sur l'année varie en général entre 10 et 15 T de MS/ha.

Les facteurs de variation de la qualité de l'ensilage sont identiques à ceux de l'herbe, à savoir la composition botanique de la prairie, le cycle et le stade de végétation (*cf. supra*). Un autre facteur spécifique doit être cité : l'intensité du préfanage. Le préfanage influence de façon très importante la teneur en MS de l'ensilage, qui peut passer de 30 % pour un ensilage faiblement préfané à 60 % pour un ensilage très préfané. Le préfanage n'influence pas ni la composition chimique, ni la valeur nutritionnelle de l'ensilage d'herbe. Ainsi, les teneurs dans la MS en MAT, en cellulose, en DVE et en énergie, par exemple, ne sont pratiquement pas modifiées par l'intensité du préfanage.

Dans ce contexte, il est aisément de comprendre qu'il est toujours souhaitable de réaliser une analyse de son ensilage d'herbe pour le calcul des rations, puisque des variations de la teneur en MS ont des répercussions importantes sur les apports de nutriments dans la ration. Prenons un exemple pour illustrer ce dernier point. Soit une vache laitière de 650 kg qui reçoit 25 kg d'ensilage d'herbe/jour. Selon l'intensité du préfanage réalisé, les apports en MS et en nutriments seront très différents, de même donc que la production laitière qui sera permise (tableau 7).

Tableau 7 : Comparaison des apports en MS, MAT, cellulose, DVE et énergie et de la production laitière permise par 25 kg d'ensilage d'herbe très préfané (60 % MS) et 25 kg d'ensilage d'herbe peu préfané (30 % MS) chez une vache laitière de 650 kg

| | Ensilage d'herbe très préfané | | Ensilage d'herbe peu préfané | |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| MS | Teneurs | Apports | Teneurs | Apports |
| 60 % | 25 x 0,6 = 15 kg | 30 % | 25 x 0,3 = 7,5 kg | |
| MAT | 185 g/kg MS | 15 x 185 = 2 775 g | 185 g/kg MS | 7,5 x 185 = 1 388 g |
| DVE | 70 g/kg MS | 15 x 70 = 1 050 g | 70 g/kg MS | 7,5 x 70 = 525 g |
| Cellulose | 252 g/kg MS | 15 x 252 = 3 780 g | 252 g/kg MS | 7,5 x 252 = 1 890 g |
| Energie | 905 VEM/kg MS | 15 x 905 = 13 575 VEM | 905 VEM/kg MS | 7,5 x 905 = 6 788 VEM |
| Production laitière permise | $\pm 18,5$ litres* | | ± 3 litres | |

*Production laitière permise par l'énergie présente. Même si les apports en énergie sont 2 x plus élevés avec l'ensilage d'herbe très préfané (13 575 VEM) par rapport à l'ensilage d'herbe peu préfané (6 788 VEM), la production laitière permise, elle, n'est pas 2 x plus élevée, mais bien ± 6 x plus élevée. C'est tout à fait logique, puisque l'énergie apportée sert d'abord à couvrir les besoins d'entretien de l'animal (5 458 VEM), seul le surplus permet d'assurer la production laitière.

L'analyse de l'ensilage se justifie également en raison des facteurs de variation évoqués précédemment. La qualité de l'herbe modifie en effet de manière très importante la composition chimique et les valeurs nutritionnelles. La complémentation à faire chez une vache laitière nourrie avec un ensilage d'excellente qualité n'est ainsi pas la même que celle qui se fera à partir d'un ensilage de mauvaise qualité. Un ensilage d'excellente qualité sera ainsi riche en MAT et pauvre en fibres, et caractérisé par des teneurs en DVE et en énergie élevées. A l'inverse, un ensilage de mauvaise qualité sera faible en MAT et riche en fibres, et pourvu de teneurs en DVE et en énergie faibles. Reprenons notre exemple pour illustrer ceci : une vache laitière de 650 kg qui reçoit 25 kg d'ensilage d'herbe/jour. Partons du principe que l'intensité du préfanage était identique pour les deux ensilages, et qu'ils ont la même teneur en MS. Selon la qualité de l'ensilage d'herbe, les apports en nutriments seront très différents, de même que la production laitière qui serait permise (tableau 8).

Tableau 8 : Comparaison des apports en MS, MAT, DVE, cellulose et énergie et de la production laitière permise par 25 kg d'ensilage d'herbe préfané d'excellente qualité et 25 kg d'ensilage d'herbe préfané de mauvaise qualité chez une vache laitière de 650 kg

| | Ensilage d'herbe préfané d'excellente qualité | | Ensilage d'herbe préfané de mauvaise qualité | |
|------------------|---|--------------------------------|--|--------------------------------|
| MS | Teneurs | Apports | Teneurs | Apports |
| 45 % | 25 x 0,45 = 11,25 kg | 45 % | 25 x 0,45 = 11,25 kg | |
| MAT | 223 g/kg MS | 11,25 x 223 = 2 509 g | 159 g/kg MS | 11,25 x 159 = 1 789 g |
| DVE | 84 g/kg MS | 11,25 x 84 = 945 g | 44 g/kg MS | 11,25 x 44 = 495 g |
| Cellulose | 220 g/kg MS | 11,25 x 220 = 2 475 g | 300 g/kg MS | 11,25 x 300 = 3 375 g |
| Energie | 880 VEM/kg MS | 11,25 x 880 = 9 900 VEM | 630 VEM/kg MS | 11,25 x 630 = 7 088 VEM |

| | | |
|---|----------------|---------------|
| Production laitière permise | ± 10,1 litres* | ± 3,7 litres* |
| *Production laitière permise par l'énergie présente | | |

Lorsqu'il est le seul fourrage de la ration, l'ensilage d'herbe peut être incorporé à raison d'environ 3 kg de MS/100 kg de poids vif. Une vache de 650 kg peut donc théoriquement recevoir 20 kg de MS d'ensilage d'herbe. Chez une vache laitière à haut niveau, il est impératif de distribuer un ensilage d'herbe de composition et de conservation excellentes. Par contre, ce type d'ensilage sera distribué en quantités limitées chez une vache gestante tarie, car il induit des excès de matières azotées et d'énergie, entraînant des pathologies au vêlage. Dans ce cas de figure, un foin de 1^{re} coupe sera préféré.

Règles d'or pour réussir son ensilage d'herbe

1. *Date de coupe optimale : stade début épiaison des graminées*
2. *Hauteur de coupe : 5-7 cm*
3. *Réaliser un préfanage : teneur en MS idéale entre 30 et 40 %*
4. *Longueur des brins : 2 à 5 cm*
5. *Mise en tas dans le silo : par couche de 30 cm*
6. *Tassage méticuleux de chaque couche*
7. *Ajout de conservateurs si nécessaire*
8. *Couverture du silo immédiate après le tassemment final*
9. *Fermeture du silo pendant un temps assez long (minimum 6 semaines)*

L'ensilage de maïs

Le maïs est un aliment qui permet la production d'un fourrage énergétique au sein de l'exploitation. On le récolte soit sous forme de plante entière, d'épi broyé, ou de grain humide.

La culture du maïs se pratique partout en Région wallonne, mais à faible échelle en Ardenne et Haute Ardenne, où les conditions climatiques sont rarement propices à l'obtention d'un maïs de qualité satisfaisante. Le temps de culture étant en effet limité (gelées tardives au printemps, empêchant un semis précoce, et gelées précoces en automne), il est très difficile d'obtenir une maturité suffisante dans la plante. Par ailleurs, en cas de gel, la teneur en MS peut apparaître suffisante (30 %), alors que les teneurs en amidon sont relativement faibles.

La culture du maïs et son utilisation comme fourrages présentent quelques spécificités :

- En termes de facilités d'utilisation, il faut rappeler que l'ensilage de maïs présente de nombreux atouts : la culture est aisée et nécessite peu d'interventions, la récolte s'effectue en une seule fois, les problèmes de conservation sont peu nombreux pour autant que le tassemment du silo ait été bien réalisé, et la distribution est relativement aisée.
- D'un point de vue environnemental, la culture du maïs présente, si elle est mal conduite, des performances mitigées. Elle génère en effet un risque d'érosion des sols et de pollution des eaux. L'utilisation de produits phytosanitaires est en effet

systématique avec le maïs, alors qu'elle est nettement moins fréquente en prairies. De plus, les produits utilisés sur prairies sont mieux retenus par le système sol-plante. Lorsque le sol est à nu ou en présence d'un grand interligne, comme cela est le cas pour le maïs, les pesticides sont en effet sujets à un entraînement par les eaux de ruissellement et de percolation, entraînant un risque de pollution des eaux. Le maïs supporte des surfertilisations, avec, dans ce cas, des risques de pertes en azote plus élevées que sous les autres cultures fourragères. En effet, même si le maïs présente une efficience élevée d'utilisation de l'azote, son alimentation azotée diminue fortement à partir de la floraison alors que la minéralisation de la matière organique est encore bien active. Cela peut conduire à des teneurs en nitrate élevées dans les sols en entrée d'hiver, augmentant de la même manière les risques de lessivage. Aussi, ce phénomène peut être accentué dans le cas de la monoculture par la courte durée d'occupation du sol.

La qualité de l'ensilage de maïs dépend de plusieurs facteurs. Citons ainsi la variété de maïs utilisée et la densité de plants sur la parcelle. Une forte densité entraîne ainsi généralement une augmentation de la proportion de tiges et de feuilles, au détriment des carottes et des grains. Le stade de végétation au moment de la coupe a également un impact majeur sur la qualité du futur ensilage. Enfin, les différents types d'ensilage — plante entière, épi broyé ou grain humide — présentent des compositions chimiques et des caractéristiques nutritionnelles qui leur sont spécifiques, et qui affectent également la qualité de l'ensilage (tableau 9).

D'une façon générale, retenons que l'ensilage de maïs est un fourrage riche en énergie et pauvre dans tous les autres nutriments. Les teneurs en DVE sont ainsi assez faibles, et l'OEB est négatif. L'énergie est apportée d'une part par l'amidon, présent dans les épis, et d'autre part par la cellulose et l'hémicellulose, présentes dans les parois cellulaires.

Tableau 9 : Rendement, composition chimique et valeurs nutritionnelles de l'ensilage de maïs plante entière, épi broyé et grain humide (adapté de CIPF, 2010 ; CIPF, communication personnelle)

| | Plante entière (coupe à hauteur normale) | Epi broyé | Grain humide |
|------------------------|---|-----------|--------------|
| Rendement en MS (t/ha) | 18* | 12 | 10 |
| MS (%) | 35 | 55 | 62 |
| Amidon (g/kg MS) | 350 | 550 | 750 |
| VEM (/kg MS) | 949 | 1154 | 1272 |
| DVE (g/kg MS) | 46 | 66 | 82 |
| OEB (g/kg MS) | -25 | -41 | -39 |

*De fortes variations existent cependant entre les régions

Ensilage de maïs plante entière. Le stade pâteux (grains s'écrasant difficilement, rayables à l'ongle) constitue le stade de végétation privilégié pour réaliser un bon ensilage de maïs plante entière. Ceci correspond à une teneur en MS entre 30 et 35 %. A ce stade de récolte, on peut s'attendre à une bonne conservation du silo, un tassemement du silo plus facile et des pertes modérées par écoulement de jus. Notons que la qualité de l'ensilage sera cependant conditionnée à un hachage correct des grains : si les grains ne sont pas broyés, ils échappent

à la digestion du rumen, sont fermentés partiellement dans le gros intestin et ne profitent donc pas pleinement à l'animal.

L'ensilage de maïs plante entière est un aliment grossier humide dont l'utilisation est relativement courante dans les rations pour vaches laitières. Etant donné qu'il est déficitaire dans la majorité des nutriments, il s'utilise en général en complémentation d'une ration à base d'ensilage d'herbe. Dans tous les cas, la quantité maximale à administrer est de 5 à 5,5 kg d'aliment frais/100 kg de poids vif, soit 30 à 33 kg pour une vache de 600 kg. Chez la vache gestante tarie, il est préférable de ne pas distribuer plus de 15 kg, car cela risquerait d'induire un excès d'énergie et de conduire à un état d'embonpoint.

L'ensilage de maïs épi broyé. Il s'agit ici de récolter la partie noble de la plante entière : rafles, grains et spathes. Le stade de récolte optimal est atteint lorsque la teneur en MS de l'épi est de l'ordre de 55 à 65 %. Cette teneur permet en effet une bonne conservation du silo et un tassemement aisément, et garantit un meilleur éclatement des grains. L'ensilage de maïs épi broyé présente une densité énergétique plus élevée que l'ensilage plante entière (tableau 9), puisque sa proportion d'amidon est plus importante. Il apporte par contre moins de structure dans la ration. Chez la vache laitière, on recommande des quantités allant de 2 à 12 kg.

L'ensilage de maïs grain humide. Ce type d'ensilage est réalisé en ne récoltant que les grains, c'est-à-dire la partie noble de l'épi. Le stade idéal de récolte se situe entre 60 et 65 % de MS. La proportion d'amidon étant encore plus élevée que pour l'épi broyé, l'ensilage de maïs grain humide est un véritable concentré d'énergie (tableau 9). Parallèlement, il apporte encore moins de structure que l'épi broyé ensilé. Les quantités recommandées chez la vache laitière vont de 2 à 6 kg.

L'ensilage de maïs épi broyé et l'ensilage de maïs grain humide sont en général réservés aux animaux à niveau de production élevé, en raison de leur densité énergétique élevée. Ils permettent en outre une plus grande utilisation de l'herbe dans la ration, en raison de leur encombrement moindre. Les quantités à incorporer dans la ration doivent toutefois être limitées, en raison du risque accru d'acidose (*cf. infra*).

L'ensilage de pulpes humides et l'ensilage de pulpes surpressées

Ces deux types d'ensilage sont issus des co-produits récupérables de la sucrerie. L'extraction des sucres hors des cossettes de betteraves sucrières donnent en effet d'un côté le jus riche en sucre, et de l'autre, les pulpes. Après une 1^{re} pression, on obtient des pulpes humides, qui peuvent éventuellement retourner en exploitation pour y être ensilées. Les pulpes humides peuvent également subir une 2^{ème} pression, qui permettra d'obtenir des pulpes surpressées, qui peuvent elles aussi retourner en exploitation pour être ensilées (figure 7), ou subir une déshydratation qui permettra d'obtenir des pulpes séchées (*cf. infra*).

Figure 7 : Pulpes surpressées ensilées



D'un point de vue composition chimique et valeurs nutritionnelles, ces deux ensilages se caractérisent par des teneurs en MS faibles, mais par des teneurs en fibres et en calcium assez élevées (tableau 10). On considère en effet que les pulpes de betteraves, qu'elles soient ensilées humides, ensilées pressées ou sèches (pulpes séchées) sont des aliments sources de calcium. Par ailleurs, il faut noter que les fibres présentes dans l'ensilage de pulpes humides ou de pulpes surpressées sont surtout de la cellulose, de l'hémicellulose, mais aussi des pectines, c'est-à-dire des glucides fortement acidogènes du fait de leur rythme élevé de dégradation dans le rumen. Il s'agit là d'une caractéristique importante, commune aux différents dérivés de betteraves. La teneur en lignine est quant à elle relativement faible, ce qui confère à ces aliments dérivés de betteraves une forte digestibilité. Enfin, précisons que ces deux ensilages, tout comme les pulpes séchées, ont des valeurs extrêmes en termes de DVE et d'OEB : une teneur élevée en DVE associée à un OEB fortement négatif.

Tableau 10 : Composition chimique et valeurs nutritionnelles de l'ensilage de pulpes humides et de l'ensilage de pulpes surpressées, en comparaison avec l'ensilage de maïs

| | Ensilage de pulpes humides | Ensilage de pulpes surpressées | Ensilage de maïs plante entière |
|-------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| MS (%) | 12 | 21 | 32 |
| VEM (/kg MS) | 920 | 1 010 | 890 |
| DVE (g/kg MS) | 101 | 100 | 49 |
| OEB (g/kg MS) | -66 | -65 | -19 |
| Calcium (g/kg MS) | 8,4 | 8,9 | 2,4 |

Les céréales immatures

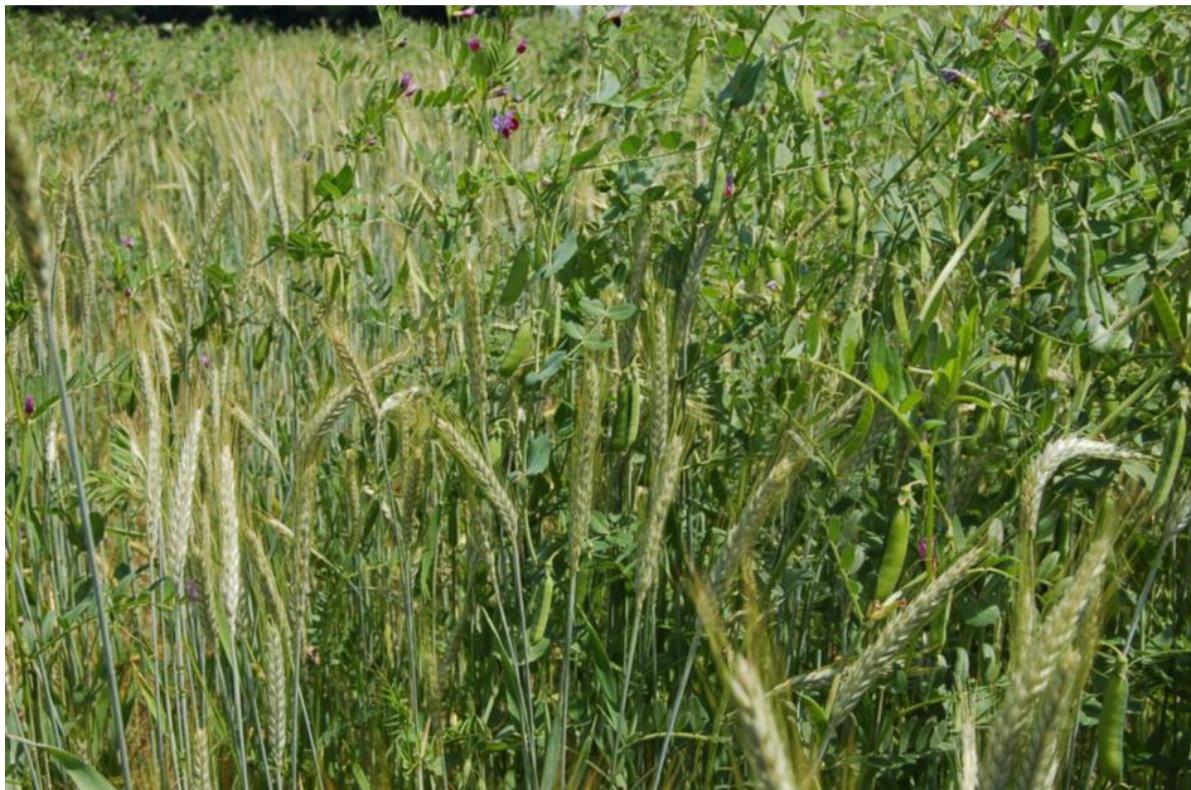
Dans les régions agricoles froides où la culture du maïs est non rentable, ou bien en agriculture biologique, les céréales immatures représentent une opportunité intéressante.

Les céréales immatures ensilées, de par la quantité de glucides que leur grain renferme, sont un complément énergétique adapté aux ensilages d'herbe, pouvant se substituer à l'ensilage de maïs dans les rations pour vaches laitières.

Il faut distinguer, en fonction du stade de récolte de la plante, d'une part la céréale fauchée en vert, et d'autre part la céréale immature à proprement parler, récoltée à 30-40 % de MS, au stade laiteux-pâteux. Dans ce dernier cas, les céréales sont ensilées avant maturité, avec une partie des tiges et du feuillage. La qualité de ce fourrage dépendra fortement du stade auquel il sera récolté :

- Pour une culture de céréales seules, le stade optimum de récolte se situe entre 30 et 40 % de MS, ce qui correspond à la fin du stade laiteux-début du stade pâteux, qui survient en général 30 à 40 jours après la floraison, soit 3 à 4 semaines avant la date de récolte du grain en sec. Les feuilles du bas de la céréale sont à ce stade desséchées.
- Pour un mélange céréales/pois fourragers (figure 8), le point de repère pour la date de récolte reste le stade laiteux-pâteux de la céréale. S'il y a plusieurs céréales, on observera le stade de la céréale dominante. Étant donné que la floraison du pois est indéterminée, il y a au même moment des gousses à différents stades. Ce n'est donc pas un bon indicateur de stade de récolte.
- Pour une culture de pois protéagineux seuls, la récolte a lieu lorsque la majorité des gousses sont remplies et que les petits pois sont encore pâteux, c'est-à-dire une centaine de jours après le semis. L'incorporation des pois dans le fourrage est motivée par le souhait d'une part, d'obtenir un aliment plus riche en protéines, en amidon et une meilleure digestibilité, et d'autre part, de réduire la fertilisation azotée.

Figure 8 : Mélange de céréales et de pois fourragers



Fourrages Mieux ASBL

A côté du stade de récolte et de l'espèce utilisée, la valeur nutritionnelle des céréales immatures ensilées dépend aussi de la fraction récoltée : épi *versus* épi et fraction végétative. Vu ces multiples facteurs de variation, il sera toujours souhaitable d'effectuer une analyse d'un échantillon représentatif du silo. Le tableau 11 présente les principales caractéristiques nutritionnelles des céréales immatures ensilées, en comparaison à celles de l'ensilage de maïs et de l'ensilage d'herbe.

Tableau 11 : Caractéristiques nutritionnelles des céréales immatures ensilées, de l'ensilage de maïs et de l'ensilage d'herbe (adapté de Stilmant et al, 2005)

| Céréales immatures ensilées | Maïs ensilé | Herbe ensilée |
|-----------------------------|-------------|---------------|
| VEM (/kg MS) | 800 à 1 000 | 833 à 957 |
| DVE (g/kg MS) | 60 à 80 | 29 à 46 |
| OEB (g/kg MS) | - 60 à - 30 | - 28 à 9 |

Un des avantages de la culture de céréales immatures est son rendement relativement constant, garantissant une certaine sécurité alimentaire. Précisément, le rendement attendu se situe, pour des céréales de printemps, aux alentours de 8 T de MS/ha, alors qu'il est de 11 T de MS/ha pour les céréales d'hiver. La hauteur de coupe influence évidemment celui-ci.

Les systèmes auxquels s'adressent la culture de céréales immatures sont principalement des systèmes herbagers au sein desquels cette céréale, déficiente en protéines, se substituerait à de l'ensilage de maïs, souvent acheté à l'extérieur, en tant que ressource énergétique. La culture de céréales immatures peut également s'inscrire en agriculture biologique.

II.1.3 Les fourrages secs

Les fourrages secs comprennent les foins et les pailles. La luzerne, qui peut notamment être valorisée sous forme de foin, est également vue ici. Il s'agit d'aliments ayant en commun une teneur en MS élevée, supérieure ou égale à 85 %, riches en fibres, et issus de l'exploitation des herbes à des stades assez avancés, c'est-à-dire soit l'épiaison/floraison pour les foins, soit la maturation pour les pailles. Dans le cas de la production de foin, on utilise les tiges et feuilles des graminées et des légumineuses, tandis que la paille est le coproduit de la production des céréales.

Le foin

Le foin est un aliment résultant de la déshydratation des produits herbacés dont la teneur en eau passe de 80 à 15 %. Un bon foin se caractérise donc par une teneur en MS élevée, de l'ordre de 85 à 90 %.

La période de récolte du foin varie selon la localisation géographique : début juin pour le centre du pays et plutôt mi-juin en Ardenne, en raison de l'évolution plus tardive des stades de végétation. Quelle que soit la région concernée, la récolte doit impérativement s'effectuer par temps sec. La qualité d'un foin est variable. Les principaux facteurs de variation sont les mêmes que ceux de l'herbe. Citons ainsi, à côté des conditions climatiques lors de la récolte, le stade de récolte et la composition botanique de la prairie. Les foins de légumineuses (luzerne et trèfle) seront ainsi plus riches en MAT et en calcium que les foins de graminées.

Vu la variabilité de la qualité du foin, une analyse en laboratoire est toujours une option intéressante. Il faut cependant savoir que l'obtention d'un échantillon représentatif de tout le foin est une opération délicate. Dans tous les cas, retenons que la qualité du foin est souvent médiocre lorsqu'il est récolté tardivement ou dans de mauvaises conditions (pluie).

Du point de vue de la composition chimique et de la valeur nutritionnelle, le foin se caractérise par une teneur en MAT variable, plutôt élevée lorsqu'il s'agit d'un foin de légumineuses ou d'un foin de bonne qualité, mais néanmoins inférieure aux teneurs importantes que l'on peut observer dans l'ensilage d'herbe, et ce en raison du stade de récolte plus tardif. La teneur en énergie du foin est en général plus faible que celle de l'ensilage d'herbe, pour la même raison que celle évoquée pour les MAT. Il faut relever la présence de sucres solubles et de vitamine A, deux nutriments absents dans les ensilages d'herbe. Le tableau ci-dessous compare précisément ces teneurs pour un foin de bonne qualité, un ensilage d'herbe préfané de très bonne qualité et de l'herbe fraîche de 1^{er} cycle au stade tallage.

Tableau 12 : Comparaison de la composition chimique et de la valeur nutritionnelle d'un foin de prairie de bonne qualité, d'un ensilage d'herbe préfané de bonne qualité et d'une herbe de 1^{er} cycle au stade tallage.

| | Foin de prairie | Ensilage d'herbe préfané | Herbe 1 ^{er} cycle stade tallage |
|------------------------|-----------------|--------------------------|---|
| MS (%) | 86 | 45 | 15,5 |
| MAT (g/kg MS) | 140 | 223 | 210 |
| Sucres solubles | ++ | ~ 0 | ++ |
| Vitamine A (UI) | 20 000 | 0 | 150 000 |
| VEM (/kg MS) | 760 | 880 | 980 |
| DVE (g/kg MS) | 72 | 84 | 100 |

Les foins sont des fourrages secs utilisés généralement chez des animaux à faibles besoins, tels que la vache gestante tarie. Utilisé seul, il est incorporé à raison de 1,5 à 2 kg de foin frais/100 kg de poids vif. Il est cependant conseillé d'utiliser une quantité moindre, afin de permettre l'utilisation d'autres aliments qui apporteront une diversification de la ration.

Le séchage du foin en grange : principes de base et avantages

Le séchage en grange consiste en la récolte d'un fourrage préfané dont le séchage se poursuit en grange par ventilation d'air chaud.

D'un point de vue technique, de l'air chaud est pulsé via un ventilateur situé à la base d'une cellule de stockage. L'air circule donc de bas en haut à travers le tas de foin reposant sur un caillebotis en bois. Après 2 à 3 semaines, on obtiendra un fourrage complètement sec, fort appétent pour les animaux et présentant une très bonne qualité nutritionnelle. Il n'est pas nécessaire d'attendre que la 1^{re} couche soit sèche pour en ajouter une nouvelle. Aussi, les couches de foin s'empilent dans la cellule au fur et à mesure des récoltes, en couches successives de ± 1 m de hauteur.

Cette technique de récolte nécessite une organisation très différente du schéma classique, puisqu'elle est davantage axée sur de petites fauches en chantier individuel. Elle offre ainsi une grande souplesse dans la gestion des prairies, avec la possibilité de débrayer à tout moment une parcelle dont le stade de pâture serait trop avancé.

Le foin ventilé est un fourrage d'excellente qualité. D'une part, l'herbe est moins travaillée et moins abîmée par les engins de fanage que lors de la réalisation d'un foin séché au champ, et d'autre part, les pertes via les feuilles, surtout des légumineuses, sont réduites. Le foin produit est donc plus riche en protéines, ce qui permet une diminution des achats de protéines végétales par l'exploitant, et donc une augmentation de son autonomie alimentaire.

La paille

La paille est constituée par les tiges et les raffles des épis égrainés des céréales.

La valeur alimentaire de la paille est toujours faible, ce qui explique son utilisation comme litière ou comme aliment de lest. La paille se caractérise en effet par une teneur en fibres très élevée, avec un haut taux de lignification de la cellulose/hémicellulose, une teneur en sucres solubles et en protéines très faible, de même qu'une teneur en énergie faible. Cependant, la paille est un aliment qui présente un certain intérêt : elle stimule la mastication, la rumination et le brossage des papilles. Elle ralentit également les fermentations, ce qui permet de lutter contre l'acidose du rumen lors d'administration de rations très riches en glucides fermentescibles (*cf. infra*). Aussi, chez les animaux très performants, elle est parfois utilisée à raison de 1 à 2 kg de paille fraîche/jour dans une ration mélangée.

La luzerne

Appartenant au groupe des légumineuses, la luzerne est une plante fourragère semée soit en culture pure, on parle alors de luzernière, soit en association avec une graminée (dactyle, fétuque élevée). Une luzernière peut fournir 3 à 6 coupes/an, la fenaison s'effectuant toutes les 5 semaines, et peut être maintenue en production pendant 4 à 5 ans. La luzerne assurant la fixation de l'azote atmosphérique, tout apport d'azote minéral ou organique est généralement inutile et sans effet sur le rendement ou la teneur en protéines de la plante.

Précisément, il s'agit de la culture qui permet le meilleur rendement en protéines : là où un soja va produire 900 kg de protéines/an.ha, la luzerne produira jusqu'à 2400 kg/an.ha.

La luzerne est valorisée soit sous forme de fourrage au sein de l'exploitation, soit sous forme de pellets déshydratés (on parle alors de *luzerne déshydratée*). Ce dernier mode d'exploitation sera vu lorsque nous aborderons les concentrés (*cf. infra*).

Au sein de l'exploitation, la luzerne est une légumineuse aux modes de récolte multiples : ensilage, enrubannage, foin et affouragement en vert. La récolte est cependant délicate à réussir, surtout s'il s'agit de foin, car il faut éviter la perte en feuilles. Il est dès lors préconisé d'associer la luzerne à une ou plusieurs graminées telles que le dactyle ou la fétuque élevée. La graminée diminuera en effet la perte de feuilles lors du fanage et apportera des sucres solubles (matière première des fermentations) qui permettront une meilleure conservation du fourrage sous forme d'ensilage. La luzerne est en effet difficile à conserver seule sous forme d'ensilage, car elle contient peu de sucres solubles et possède un pouvoir tampon relativement élevé.

La première coupe sera idéalement réalisée sous forme d'ensilage ou d'enrubannage, avec des teneurs en MS de minimum 35 et 50 %, respectivement. Le stade idéal de la coupe est le stade bouton floral. Si l'on coupe plus tôt, le fourrage sera plus riche en protéines mais le rendement sera moindre. Lorsque la luzerne, ou le mélange à base de luzerne, est enrubanné, il faudra veiller à mettre 6 couches de plastiques pour éviter que les tiges ne le percent. Les 2^{ème} et/ou 3^{ème} coupes pourront, si le climat le permet, être récoltées en foin. Une coupe sous forme de foin/an permet également de laisser fleurir la luzerne, gage d'une plus grande pérennité. Une dernière coupe doit être réalisée en septembre ou octobre pour que le couvert mesure 8-10 cm de haut avant de passer l'hiver. La luzerne ne supportant pas le piétinement, le pâturage n'est pas conseillé sauf si les conditions de portance du sol sont excellentes. Elle sera pâturée préférentiellement dans un mélange afin de diminuer les risques de météorisation.

II.1.4 Les racines et tubercules, et leurs dérivés

Les racines et tubercules résultent de l'accumulation de réserves glucidiques dans les parties souterraines des végétaux : racines de betterave sucrière et fourragère, de chicorée, navet, carotte et manioc et tubercules de pomme de terre et de topinambour.

Il s'agit d'aliments caractérisés par une teneur en eau très élevée ($\geq 75\%$) et des teneurs faibles en matières azotées et en fibres de type cellulose. Les betteraves présentent la particularité d'être cependant riches en fibres de type pectines. Les substances de réserve sont principalement l'amidon dans le cas de la pomme de terre et des sucres solubles dans le cas des betteraves, de la carotte, du navet, de la chicorée et du topinambour.

Ce sont des aliments savoureux, généralement très digestibles, qui présentent en outre l'avantage de rester frais très longtemps, pratiquement jusqu'à la fin de l'hiver, à condition d'être préservés du froid. Nous présentons ci-dessous un bref aperçu des aliments les plus fréquemment rencontrés.

Les betteraves et leurs dérivés

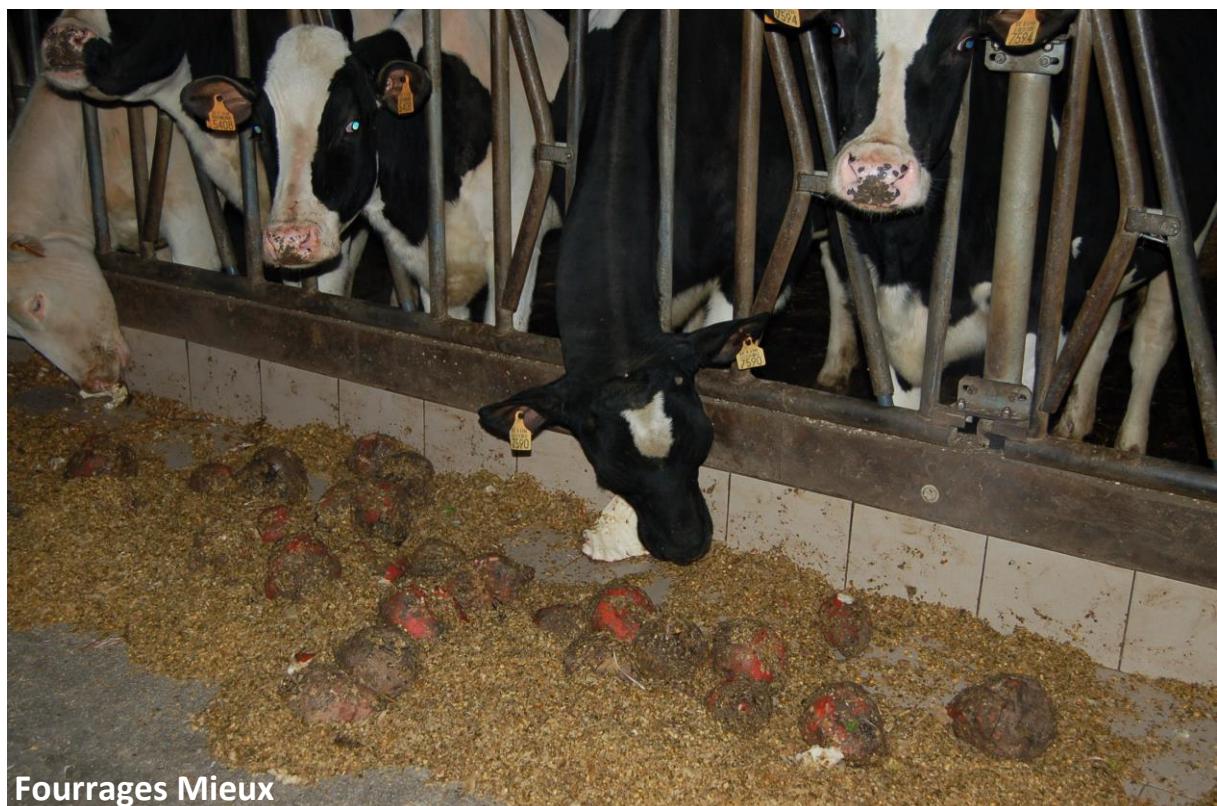
Il existe deux grands types de betteraves : la betterave sucrière et la betterave fourragère (figure 9). Entre ces deux grands types, il existe des betteraves demi-sucrères et des betteraves demi-fourragères. C'est d'abord le taux en MS de la betterave qui les distingue.

- Betteraves fourragères : < 12 % de MS
- Betteraves demi-fourragères : 12 à 16 % de MS
- Betteraves demi-sucrères : 16 à 24 % de MS
- Betteraves sucrières : > 24 % de MS

Mais c'est également la teneur en sucres solubles. Les betteraves ont toutes des teneurs élevées en sucres solubles, mais les betteraves fourragères présentent des teneurs moindres que celles observées pour les betteraves sucrières (de l'ordre de 61 et 68 % de la MS, respectivement).

La culture des betteraves consiste à récolter les racines en fin de saison et à les envoyer en sucrerie (betteraves sucrières) ou à les stocker à la ferme (betteraves fourragères, demi-fourragères et demi-sucrères).

Figure 9 : Betteraves fourragères



Les betteraves fourragères se cultivent d'une manière générale comme les sucrières. Elles sont cependant moins exigeantes en terme de qualité de sol, de sorte qu'on peut les cultiver partout, y compris en Ardenne. Par rapport au maïs, il s'agit d'une culture demandant davantage d'attention, notamment au niveau du désherbage. La conservation des betteraves fourragères (4 à 5 mois) est également plus délicate (elles peuvent geler et pourrir), et leur distribution aux vaches nécessite la mise en œuvre d'un matériel de hachage et de

distribution. Tout comme le maïs, il s'agit d'une culture, en début de cycle, sensible au ruissellement érosif, qui nécessite de nombreux intrants chimiques, et qui donc, est susceptible d'entrainer une pollution des eaux. La betterave fourragère a par contre une forte capacité d'absorption de l'azote, qui se traduit par de faibles reliquats en fin de culture. L'entraînement de nitrates vers la nappe phréatique est donc limité. Le tableau ci-dessous récapitule précisément les principaux atouts et inconvénients de la culture des betteraves fourragères.

Tableau 13 : Atouts et inconvénients de la culture de la betterave fourragère (adapté de Fourrages-Mieux 2003)

| Atouts | Inconvénients |
|---|--|
| Très grande productivité (80-100 T de racines/ha soit 15 à 20 T de MS/ha) | Technicité - désherbage |
| Sécurité de rendement, même lors de mauvaise année climatique | Sensible au ruissellement érosif |
| Adaptation à toutes les régions climatiques | Tare-terre |
| Mécanisation intégrale de la culture | Pierres |
| Stabilité de la qualité, non liée à un stade impératif de récolte | Stockage - distribution |
| Bonne valorisation des apports de fumures organiques tels que lisier et fumier → peu de résidus azotés après la récolte | Calcul de ration nécessaire (teneur en sucres solubles élevée) |
| Teneur énergétique élevée (1 056 VEM/kg MS) | |
| Aliment frais, très grande appétence | |

Les betteraves fourragères sont parfois hachées et mélangées en couches alternes dans un ensilage de maïs plante entière. Elles subissent alors une fermentation alcoolique permettant leur bonne conservation, du moins si l'état de propreté initial est optimal.

Du point de vue de la composition chimique et de la valeur nutritionnelle, retenons que les betteraves fourragères ont une teneur en MS faible, de l'ordre de 12 à 16 %, une teneur élevée en sucres solubles et une teneur élevée en énergie. Celle-ci peut toutefois être diminuée s'il y a contamination par de la terre ou des cailloux : la terre réduit en effet les ingestions et pénalise fortement les fermentations dans le rumen.

La betterave fourragère est un aliment intéressant chez la vache laitière : elle augmente la quantité de MS ingérable, à tel point que l'on considère que la quantité de MS ingérée sous forme de betteraves s'ajoute en plus de la MS ingérée classiquement — une propriété utile pour augmenter les apports chez les vaches laitières à haut niveau. On peut les distribuer en deux repas à raison de 4-5 kg de MS/jour au maximum, c'est-à-dire 30 kg de betteraves à 15 % de MS/jour. Au-delà, l'apport en sucres solubles devient trop important : ceci génère une production accrue d'acide butyrique dans le rumen qui est transformé en corps cétoniques lors du passage à travers la paroi du rumen, ce surplus de corps cétoniques engendrant un risque d'acétonémie (*cf. infra*). Précisons également que lorsque le choix d'administrer des betteraves fourragères est posé, il est indispensable d'effectuer une transition alimentaire de minimum 2 semaines. Enfin, en raison de leur teneur énergétique trop élevée et donc du

risque potentiel d'engraissement, l'administration de betteraves fourragères est déconseillée aux vaches laitières taries.

Les pommes de terre

Les pommes de terre et leurs co-produits issus de l'industrie agro-alimentaire (épluchures, frites, purée,...) sont parfois utilisés dans les rations pour vaches laitières.

Via leur teneur énergétique élevée (de l'ordre de 1 160 VEM/kg de MS) et leur effet bénéfique sur l'ingestion, les pommes de terre sont comparables aux betteraves. Elles présentent une teneur en MS faible (entre 20 et 25 %), de même que des teneurs en matières azotées, en fibres et en minéraux faibles. L'amidon s'y trouve par contre en abondance, ce qui explique la teneur en énergie élevée. La pomme de terre doit ainsi être considérée comme un aliment riche en énergie mais pauvre dans tout le reste, qui permettra de réduire la quantité de céréales dans la ration, mais qui nécessitera une complémentation adéquate en protéines et en minéraux. Les quantités optimales à distribuer se situent aux environs de 2,5 kg de MS de pommes de terre crues/vache.jour, ce qui correspond à \pm 10 kg de pommes de terre crues. Les pommes de terre ne doivent pas être distribuées en début de repas. Elles peuvent en effet occasionner des obstructions œsophagiennes. Une administration en fin de repas permet de réduire les accidents, les animaux se montrant moins gloutons.

Notons que lorsque les pommes de terre sont stockées à la ferme à l'extérieur, il est impératif de les couvrir avec une bâche de couleur foncée pour éviter le verdissement des tubercules. En effet, lorsque ce verdissement apparaît, ou que les tubercules sont blessés ou ont germé, cela signe la présence de facteurs toxiques, la solanine et la solanidine, responsables de troubles digestifs et nerveux.

Différents co-produits issus de l'industrie de la pomme de terre sont commercialisés actuellement en tant qu'aliment pour bovins. On peut ainsi distinguer 3 catégories de co-produits, selon le processus à partir duquel ils sont obtenus : les écarts de triage, les co-produits crus et les co-produits cuits. Nous citons ci-dessous ceux utilisés fréquemment dans l'alimentation de la vache laitière.

- Les *écarts de triage* correspondent aux tubercules non conformes, déformés ou sous calibrés, issus du tri sur le marché du frais ;
- Les co-produits crus comprennent notamment les *screenings* (pommes de terre mal coupées, irrégulières ou abîmées), et les *pulpes de pommes de terre* (fraîches, surprises ou déshydratées) issues de la féculerie ;
- Les co-produits cuits comprennent les épluchures à la vapeur (*pelure vapeur* ou *purée pelure*), et les déchets de purée, riches en amidon (récupérés en fin de chaîne de déshydratation dans l'industrie des flocons pour purées).

La composition chimique et la valeur nutritive des co-produits est fonction de la nature du processus mis en œuvre (tableau 14), mais aussi notamment de la qualité du tubercule et des éventuels mélanges de co-produits réalisés.

Tableau 14 : Composition chimique et valeur nutritive des différents co-produits de la pomme de terre (adapté de Decruyenaere et al, 2006 ; Morel d'Arleux, 2001)

| | Disponibilité | MS (%) | MAT (g/kg MS) | Amidon (g/kg MS) | Cellulose (g/kg MS) | VEM (kg MS) | DVE (g/kg MS) | OEB (g/kg MS) |
|--|-------------------------|---------------|---------------|------------------|---------------------|-------------|---------------|---------------|
| Ecart de triage (tubercule frais) | Avril à septembre | 19 | 110 | 642 | 27 | 1 090 | 76 | -12 |
| Co-produits crus | Screenings | Toute l'année | 20 | 103 | 723 | 30 | 1 120 | 65 |
| | | | | | | | | |
| Pulpes de pommes de terre | Septembre à janvier | 19 | 55 | 406 | 186 | 1 010 | 72 | -71 |
| | | | | | | | | |
| Co-produits cuits | Epluchures à la vapeur* | Toute l'année | 10-15 | 150-190 | 200 | 90 | 1 040 | 107 |
| | | | | | | | | |
| | Déchets de purée | Toute l'année | 26 | 80 | 725 | 30 | 1 112 | 73 |
| | | | | | | | | -14 |

*Une variabilité importante s'observe au niveau de la composition chimique des co-produits cuits, en raison des variations de la quantité de chair retirée du tubercule au cours du processus de pelage et de brossage

Les modalités de stockage et de conservation varient selon le type de co-produit considéré.

- Les écarts de triage peuvent être stockés en vrac ou ensilés. Dans le premier cas de figure, leur durée de conservation est de 2 à 3 mois en hiver, et de 3 à 4 semaines au printemps, en raison de la germination ;
- Les co-produits crus tels que les screenings et les pulpes fraîches de pommes de terre peuvent également être ensilés ;
- Les épluchures à la vapeur, qui se présentent sous forme semi-liquide et de faible consistance, nécessitent un stockage en citerne ou en cuve ouverte, les structures de stockage étant protégées par une bâche en plastique en raison du caractère corrosif de ces co-produits. Elles peuvent aussi couvrir un ensilage de maïs ;
- Les déchets de purée et les pulpes surprises de pommes de terre se conservent sous forme d'ensilage, avec un lissage et un recouvrement à l'aide d'une bâche plastique ;
- Les pulpes déshydratées de pommes de terre se conservent quant à elles en vrac, en sac ou en silo.

Via leur teneur élevée en énergie, les co-produits de l'industrie de la pomme de terre sont des aliments qui peuvent être judicieusement valorisés dans le cadre de l'alimentation de la vache laitière. Ils peuvent ainsi remplacer en partie les concentrés de la ration. Il faut cependant rester prudent, et ce pour plusieurs raisons :

- Il faut être méticuleux en matière de conditions de stockage, notamment pour éviter une contamination microbienne et/ou des déviations fermentaires ;
- Une transition alimentaire de 2 à 3 semaines en début et en fin d'utilisation est nécessaire ; leur emploi ne peut par ailleurs être interrompu brutalement. Par conséquent, l'éleveur doit disposer d'un approvisionnement garanti et prévoir des stocks suffisants ;
- Vu la grande variabilité observée au niveau de la composition chimique entre les différents co-produits mis sur le marché, l'éleveur qui souhaite les incorporer dans ses rations doit connaître préalablement la composition précise du co-produit concerné ;

- Etant donné leur teneur élevée en amidon, leur incorporation dans la ration doit être raisonnée en termes de quantités. On préconise ainsi de ne pas dépasser 20 (pour les co-produits cuits) à 25 % (pour les co-produits crus) de la MS totale de la ration ;
- Vu leur faible teneur en matières azotées, une analyse globale de la ration doit être menée afin d'évaluer les apports azotés totaux ;
- A l'exception des pulpes de pomme de terre, il s'agit d'aliments pauvres en fibres. Par conséquent, l'éleveur devra veiller à en apporter suffisamment *via* les autres composants de la ration pour assurer un bon fonctionnement du rumen.

II.2 Les concentrés

Les aliments concentrés se caractérisent tous par des teneurs en MS et en énergie élevées. Certains d'entre eux sont également riches en protéines, c'est le cas pour les graines de protéagineux et d'oléagineux.

On distingue 2 catégories d'aliments concentrés :

- Les aliments concentrés simples, tels que les graines de céréales et leurs co-produits, les graines de protéagineux, les graines d'oléagineux et leurs co-produits, les tourteaux, et les pulpes séchées. Ces aliments concentrés simples sont donc les matières premières.
- Les aliments concentrés composés, résultant d'un mélange d'aliments concentrés simples.

Les concentrés, qu'il s'agisse d'aliments concentrés simples ou composés, servent à équilibrer en azote et en énergie la ration de base, établie à partir des fourrages. Utilisés dans ce contexte, ils sont fréquemment appelés des « *correcteurs* ».

Une fois la ration de base équilibrée, des concentrés dits « *de production* » sont éventuellement apportés en plus, afin de soutenir la production laitière. La quantité administrée est alors fonction du niveau de production laitière. Ces concentrés de production sont des aliments concentrés composés, disponibles dans le commerce ou réalisés à la ferme, et distribués individuellement par l'éleveur en salle de traite ou, le plus souvent, *via* un distributeur automatique d'aliment (DAC). Les concentrés de production présentent généralement une teneur en MS de 88 % et une teneur en MAT variant de 16 à 18 % dans l'aliment frais. Une grande variabilité existe quant à l'efficacité du concentré. Ainsi, un apport de 0,7 à 1,5 kg de concentré permet la production de 2 litres de lait supplémentaires en rations hivernales. Au pâturage, l'efficacité est extrêmement variable (*cf. supra*), avec une moyenne de 1 kg de concentré pour 1,5 litre de lait.

II.2.1 Les aliments concentrés simples

Les céréales et leurs co-produits

Les céréales (figure 10) sont des aliments secs, pourvus de teneurs en matières azotées faibles à moyennes, de teneurs faibles en fibres (à l'exception de l'épeautre, car il s'agit d'une céréale enveloppée) et de teneurs élevées en énergie. Les céréales sont riches en amidon, celui-ci représente en effet jusqu'à 65 à 70 % de leur MS, selon la céréale considérée. Toutes les céréales se caractérisent en outre par des teneurs négatives en OEB, le maïs présentant la valeur la plus négative.

Figure 10 : Quelques céréales utilisées en rations pour vaches laitières



Maïs et épeautre



Froment



Escourgeon et froment



Avoine

La structure de l'amidon peut différer entre les diverses céréales, et ceci donne lieu à une dégradation variable dans le rumen. Ainsi, l'amidon du froment est totalement fermenté dans le rumen avec une production élevée d'acide propionique, alors que celui du maïs est peu fermenté dans le rumen et digéré par voie enzymatique dans l'intestin grêle. La fermentescibilité élevée du froment, mais aussi du seigle et du triticale (tableau 15) est la raison pour laquelle ces céréales doivent être distribuées en faibles quantités, ou, si les quantités sont plus élevées, dans une ration totalement mélangée et/ou fractionnée. La digestibilité est en outre influencée par l'existence de traitements physiques (broyage, aplatissement) et/ou thermiques (floconnage, extrusion).

Tableau 15 : Composition chimique, valeur nutritionnelle et caractéristiques de l'amidon de quelques céréales et co-produits de céréales

| | Froment | Orge/ Escourgeon | Epeautre | Seigle | Maïs | Son | Rebulet |
|--|---------|---------------------|----------|--------|------|------|---------|
| MS (%) | 87,5 | 87,4 | 87,8 | 87,4 | 87,0 | 87,0 | 87,0 |
| MAT (g/kg MS) | 123 | 124 | 130 | 111 | 105 | 174 | 178 |
| Fibres (g/kg de MS) | 28 | 54 | 180 | 29 | 27 | 122 | 78 |
| Fermentescibilité de l'amidon dans le rumen | ++++ | ++ | + | +++ | + | ND | ND |
| Phosphore (g/kg MS) | 3,7 | 4,0 | 4,0 | 4,4 | 3,5 | 12,3 | 10,2 |

| | | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|
| VEM (/kg MS) | 1 170 | 1 130 | 940 | 1 150 | 1 230 | 860 | 1 000 |
| DVE (g/kg MS) | 102 | 94 | 86 | 83 | 98 | 71 | 75 |
| OEB (g/kg MS) | -28 | -23 | -12 | -26 | -30 | 37 | 37 |

ND= non déterminé

Plusieurs co-produits de céréales sont utilisés dans les rations pour vaches laitières. Les plus fréquents sont ainsi des co-produits de meunerie tels que le son et le rebulet, et des co-produits de la malterie/brasserie tels que les drèches. Nous présentons ci-dessous leurs principales caractéristiques.

- Le son est la partie la plus externe du grain de froment. Il se présente sous la forme de particules rosées-brunâtres relativement fines, ressemblant à de petites paillettes enlevées par passage du grain entre deux cylindres à cannelures. Le rebulet est quant à lui obtenu par enlèvement des couches quelque peu plus profondes situées entre le son et l'intérieur du grain. Il est farineux et de couleur grisâtre. Actuellement, les meuneries industrielles commercialisent le son et le rebulet en un seul produit, présenté sous forme de pellet brunâtre. En termes de composition chimique et de valeur nutritionnelle (tableau 15), retenons tout d'abord que le son présente la particularité d'être très riche en phosphore. Avec une teneur de 12,3 g/kg de MS, il contient 3 à 4 fois plus de phosphore que les céréales. Le son est également riche en vitamines du groupe B et en mucilages (une variété de glucides), deux éléments permettant une régulation des fermentations du rumen. Le rebulet présente quant à lui des caractéristiques assez semblables au son. Ces deux co-produits sont caractérisés par des teneurs en énergie plus faibles que les céréales, et par des teneurs moyennes en matières azotées. Ceci se reflète au niveau de leur valeur d'OEB, qui est légèrement positive. Le son, et dans une moindre mesure le rebulet, sont bien valorisés chez le ruminant : ils sont en effet utilisés comme inducteur et régulateur des fermentations du rumen, et à ce titre, sont particulièrement utiles chez tout animal ayant présenté un épisode de dysbactériose⁵.
- Les drèches sont des co-produits de la malterie et de la brasserie (figure 11) : l'orge est d'abord transformée en malt dans une malterie, et le malt est fermenté grâce à des levures dans une brasserie. Il y a alors production d'alcool (la bière) et de deux co-produits : les levures et les drèches. Quantitativement, 100 kg d'orge permettent de produire entre 100 et 350 litres de bière et approximativement 60 kg de drèches.

Figure 11 : Drèches de brasserie

⁵ Dysbactériose : dérive de flore



A l'opposé des céréales et des autres co-produits de céréales que nous venons de voir, les drèches sont des aliments humides ($\pm 22\%$ de MS), caractérisés principalement par une teneur très élevée en cuivre et une teneur élevée en protéines, celles-ci étant faiblement dégradées dans les préestomacs et subissant surtout une digestion enzymatique dans l'intestin grêle. La teneur élevée en matières azotées des drèches en fait un aliment protéique intéressant en vue d'une complémentation d'une ration riche en énergie, comme par exemple une ration contenant beaucoup d'ensilage de maïs. Leur taux d'incorporation doit cependant rester dans des limites acceptables — maximum 8 à 10 kg/jour — afin d'une part de limiter le risque d'acidose provenant de l'efficacité restreinte de la cellulose au niveau de la structure, et d'autre part d'éviter une chute du TB du lait. Les drèches possèdent cependant des propriétés complémentaires intéressantes, telles qu'une régulation du transit et une augmentation de la productivité chez la vache laitière couplée à une diminution de la part des concentrés dans la ration, et auraient un effet inhibiteur sur la diarrhée, ainsi qu'un effet positif sur la fertilité. Les drèches étant des aliments frais, elles doivent être administrées en l'espace de quelques jours. Et s'il n'est pas possible d'avoir un approvisionnement régulier, les drèches peuvent être ensilées.

Notons que l'on trouve sur le marché d'autres types de drèches. Ainsi, les drèches de chicorée sont un co-produit de l'industrie de la chicorée, parfois utilisé en alimentation animale. Par ailleurs, suite au développement de l'industrie des biocarburants et à l'augmentation du prix des matières premières, de nouveaux co-produits ont vu le jour. On trouve ainsi des drèches de blé et des drèches de maïs, 2 co-produits de la fabrication du bioéthanol. Des essais récents menés sur des vaches laitières avec des drèches de blé ont ainsi révélé des performances zootechniques identiques à d'autres

matières premières plus couramment utilisées, tel que le tourteau de colza. Drèches de blé et tourteau de colza sont en effet des matières premières relativement proches d'un point de vue nutritionnel. Les drèches pourraient donc être une alternative intéressante en termes de source de protéines végétales, susceptibles d'être produites localement, et permettant donc de réduire notre dépendance vis-à-vis des marchés extérieurs.

Enfin, précisons que l'industrie du bioéthanol génère également un autre type de coproduit valorisable dans l'alimentation des vaches laitières, les solubles de blé. Il s'agit d'un aliment se présentant sous une forme liquide, dosant en moyenne 27 % de MS. Ses principaux atouts sont sa teneur élevée en énergie (1 130 VEM/kg de MS) et en matières azotées (280 g MAT/kg de MS). Les solubles de blé se présentent par conséquent comme une alternative intéressante aux tourteaux, et ce d'autant plus qu'ils ont un coût moindre à l'achat. L'utilisation des soluble de blé présente cependant quelques inconvénients : d'une part, vu la consistance liquide de l'aliment, elle nécessite un matériel de stockage adéquat (flexitank ou silo en poylester) dont le coût s'ajoute à celui de l'aliment proprement dit; ensuite, les solubles de blé ayant tendance à sédimer, un brassage journalier avant l'administration à l'aide d'une pompe est nécessaire ; enfin, une mélangeuse distributrice est également nécessaire, pour permettre une incorporation homogène des solubles de blé dans la ration. En termes de quantités, on préconise de ne pas les incorporer dans la ration au-delà de 15 % de la MS totale, afin d'éviter une perte de structure significative de la ration.

Les graines de protéagineux et d'oléagineux

Les graines de protéagineux et d'oléagineux sont des aliments concentrés riches en énergie et en matières azotées. En Belgique, les graines les plus fréquemment utilisées dans les rations pour vaches laitières sont le pois, la féverole et le lupin (bleu et blanc) pour les protéagineux, et le lin, le soja et le colza pour les oléagineux.

Les protéagineux. Quels sont les avantages de la culture des protéagineux et quelles sont leurs utilisations potentielles chez la vache laitière ? Face à un marché des protéines végétales dominé par le soja, les protéagineux se présentent comme une alternative intéressante en vue d'améliorer notre autonomie protéique. Jusqu'à une date récente, en effet, le tourteau de soja constituait une source de protéines de qualité, abondantes, à prix très intéressants. Ceci a largement contribué à la mise en place d'un modèle de rations basé sur le couple ensilage de maïs/tourteau de soja et n'a pas incité la promotion de la production et de l'utilisation de sources protéiques différentes, telles que les protéagineux. Le contexte est aujourd'hui totalement différent : durabilité des systèmes de production, traçabilité, qualité des produits et hausse du prix du soja sont autant d'éléments qui entrent à présent en ligne de compte. On perçoit donc aujourd'hui beaucoup plus la nécessité de maintenir une diversité dans l'approvisionnement en matières protéiques produites localement.

Les graines de protéagineux sont toutes à la fois riches en protéines et en énergie. Les graines de pois, féverole et lupin se caractérisent en effet par une valeur énergétique fort proche de celle des céréales. Il faut cependant distinguer, sur base de la teneur en amidon et en MG :

- les graines riches en protéines et en amidon, mais pauvres en MG, telles que le pois et la féverole

- les graines riches en protéines et en MG, mais pauvres en amidon, telle que le lupin (tableau 16)

Tableau 16 : Composition chimique et caractéristiques nutritionnelles du pois, de la féverole et du lupin blanc (à partir de Froidmont et al, 2006)

| | Pois | Féverole | Lupin blanc |
|------------------------|---------|----------|-------------|
| MS (%) | 86,3 | 85,2 | 89,5 |
| MAT (g/kg MS) | 239 | 297 | 343 |
| Équilibre en AA | | | |
| Méthionine | Déficit | Déficit | Déficit |
| Lysine | OK | OK | Limitant |
| Amidon (% MS) | 51 | 44 | 1-2 |
| MG (% MS) | 1,4 | 1,5 | 10 |
| VEM (/kg MS) | 1 177 | 1 158 | 1 268 |
| DVE (g/kg MS) | 114 | 116 | 144 |
| OEB (g/kg MS) | 73 | 129 | 150 |

Le lupin étant riche en protéines et pauvre en amidon, il constitue un complément idéal aux rations contenant beaucoup de céréales, sans engendrer un risque accru d'acidose. C'est en effet le seul protéagineux capable de remplacer totalement le tourteau de soja dans les rations pour vaches laitières hautes productrices. Le lupin pourra ainsi être incorporé à raison de maximum 6 kg/vache.jour. L'utilisation du pois et/ou de la féverole doit quant à elle être évaluée en fonction de la teneur en amidon de la ration totale, qui doit rester < 25 % de la MS.

Précisons que les protéagineux présentent en outre les caractéristiques communes suivantes :

- Leur équilibre en AA n'est pas optimal. Par rapport aux besoins des animaux, les protéines présentes sont systématiquement déficitaires en méthionine ;
- Etant donné leur richesse en énergie et en protéines rapidement dégradables, une attention particulière devra être portée sur la fibrosité⁶ de la ration ;
- Les traitements technologiques affectent de façon considérable la valeur protéique des protéagineux. Ainsi, les graines sont très sensibles à la finesse de broyage pour la mesure de la dégradabilité des protéines. Dans la pratique, un broyage grossier ou un léger aplatissement sont conseillés ;
- Les variétés actuellement cultivées possèdent un contenu en facteurs antinutritionnels (c'est-à-dire en facteurs toxiques) réduit, n'engendrant plus de problèmes zootechniques.

Les conditions climatiques jouent un rôle-clé dans la réussite des protéagineux. En conditions sèches, sans coup de chaleur (< 25°C), le pois protéagineux semble être la culture la mieux adaptée. La culture de la féverole et du lupin sont quant à elles plus délicates : la féverole présente une sensibilité à la sécheresse, et se caractérise par un rendement incertain et très variable. Le lupin bleu est quant à lui également sensible à la sécheresse. Les pois protéagineux

⁶ Fibrosité : qualificatif permettant d'apprécier l'aptitude des aliments/de la ration à faire mastiquer l'animal. Deux caractéristiques influencent la fibrosité des aliments/de la ration : la teneur en parois et la structure physique

(figure 12) sont récoltés secs, avec une moissonneuse batteuse classique, ou en ensilage au stade pâteux-semi dur. Il est possible de les planter en mélange avec une céréale telle que l'avoine ou l'orge, la céréale étant utilisée comme plante tuteur. La récolte fournit donc un mélange de graines pois-céréales et de la paille. Notons qu'il existe cependant maintenant des variétés résistantes à la verse. La paille de pois peut quant à elle constituer un apport fourrager appréciable, d'une valeur nutritionnelle intermédiaire entre la paille de blé et le foin de luzerne.

Figure 12 : champ de pois protéagineux



Les oléagineux. Les graines oléagineuses — lin, soja et colza — sont des graines qui sont destinées à produire de l'huile en huilerie comme production principale, le co-produit étant le tourteau.

Ces graines se caractérisent donc par des teneurs en MG très élevées, de l'ordre de 20 à 45 % de la MS, et, bien sûr, des teneurs en énergie très élevées également, la substance de réserve étant ici les acides gras, et non pas l'amidon. A titre de comparaison, la graine de lin contient plus de 4 fois plus de MG que le tourteau de lin. Il s'agit aussi d'aliments pourvus de teneurs en matières azotées élevées, mais toutefois moindres que le tourteau correspondant : la graine de lin possède ainsi une teneur en MAT qui représente 68 % de celle du tourteau de lin.

L'incorporation de graines d'oléagineux dans la ration dans l'optique d'une complémentation protéique est limitée par la teneur finale en MG de la ration, qui ne peut dépasser 5 % de la MS. En termes de quantités, on préconise donc de ne pas dépasser 1,2 kg/vache.jour. Leur utilisation en alimentation animale est en outre conditionnée à l'application de traitements technologiques préalables, permettant d'éliminer d'une part la coque qui entoure la graine,

et d'autre part les facteurs antinutritionnels. Réalisés dans de bonnes conditions, les traitements technologiques permettent également d'améliorer la valeur nutritionnelle des graines. Ainsi, certains traitements, tels que l'extrusion, le tannage ou le toastage permettent d'accroître la résistance des protéines à la dégradation microbienne dans le rumen. De cette façon, une plus grande partie des protéines de l'aliment arrive dans l'intestin grêle sans avoir été modifiée (on parle de *protéine by-pass*). *In fine*, ce *by-pass* du rumen permet d'apporter à la mamelle les AA provenant directement de la ration, plutôt que ceux issus des protéines microbiennes.

Les tourteaux

Les tourteaux sont des co-produits solides obtenus après extraction de l'huile des graines oléagineuses. Il s'agit donc de co-produits de l'industrie de l'huile. Leurs 2 caractéristiques principales sont une grande richesse en énergie et en matières azotées protéiques. Selon le tourteau considéré, celle-ci varie en effet entre < 20 % et > 40 % de la MS.

Le tourteau de soja est le tourteau le plus fréquemment utilisé en rations laitières. Il fait office de référence d'un point de vue nutritionnel — haute teneur en DVE et en énergie et relativement bon équilibre en AA — et complémente parfaitement l'ensilage de maïs. Le contexte des productions bovines change cependant à grande vitesse, et l'avenir de la filière lait passera vraisemblablement par un remplacement du tourteau de soja par d'autres sources protéiques produites localement. A cet égard, nous avons déjà abordé 2 sources possibles, les drèches et les graines de protéagineux. A côté de celles-ci, on trouve également d'autres sources, comme le tourteau de colza, dont la disponibilité est croissante, principalement en raison du développement de l'industrie du biodiesel.

La composition chimique et la valeur nutritionnelle des tourteaux dépendent de plusieurs facteurs :

- la nature de la graine dont ils sont issus : soja, colza, ... ;
- la méthode d'extraction de l'huile. La nomenclature des tourteaux fait d'ailleurs référence à la méthode d'extraction de l'huile mise en œuvre : tourteau expeller ou schilfers (extraction de l'huile par pression) ou tourteau déshuilé ou schrot (extraction de l'huile par solvant). Une extraction par pression est moins performante qu'une extraction par solvant, aussi, la teneur en MG d'un tourteau expeller est toujours plus élevée que celle d'un tourteau déshuilé. Ce faisant, sa teneur en énergie est également plus élevée, mais sa teneur en protéines est moindre ;
- Le traitement de la graine avant extraction de l'huile : graine décortiquée ou non. Le décorticage vise à séparer mécaniquement les enveloppes riches en parois des autres constituants. Aussi, une graine décortiquée sera moins riche en cellulose qu'une graine entière, et sera donc plus riche en énergie ;
- un éventuel traitement technologique supplémentaire : extrusion, tannage ou toastage. Comme déjà évoqué plus haut, ces 3 traitements permettent d'améliorer l'efficacité des protéines : leur dégradabilité ruménale est diminuée, ce qui a pour conséquence un plus grand apport de protéines alimentaires non dégradées au niveau de l'intestin grêle.

A l'opposé des graines oléagineuses, les tourteaux sont en général pauvres en MG, le tourteau de lin faisant exception à cette règle. Précisons également que les tourteaux, comme les co-produits de céréales, sont des aliments riches en phosphore (tableau 17).

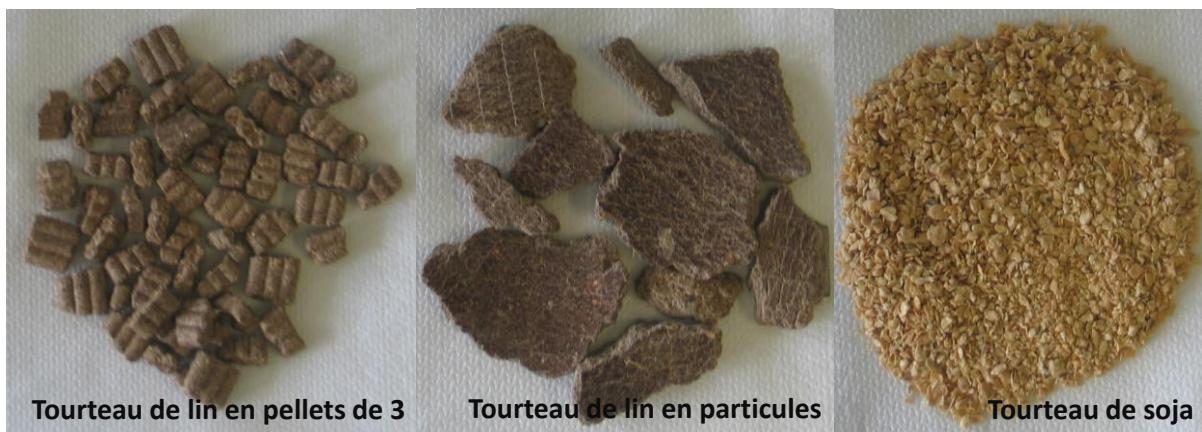
En rations laitières, les principaux tourteaux utilisés sont le tourneau de soja, de colza, de tournesol et le tourneau de lin. Notons que l'appellation commerciale de certains tourteaux comporte parfois un chiffre (*tourneau de soja 48*, par exemple). Celui-ci désigne la somme des taux de MAT et de MG.

Tableau 17 : Comparaison de la composition chimique et de la valeur nutritionnelle des tourteaux expeller et déshuilé de soja, de colza et de lin (adapté de Brocard et al, 2010 ; Feed2Gain, 2010)

| | Tourneau de soja expeller | Tourneau de soja déshuilé 50 | Tourneau de colza expeller | Tourneau de colza déshuilé | Tourneau de lin expeller | Tourneau de lin déshuilé |
|----------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| MS (%) | 88,5 | 87,0 | 89,1 | 87,9 | 89,2 | 90,1 |
| MAT (g/kg MS) | 477 | 546 | 391 | 394 | 353 | 357 |
| Equilibre en AA | | | | | | |
| Méthionine | Déficit | Déficit | Limitant | Limitant | Déficit | Déficit |
| Lysine | Limitant | Limitant | Limitant | Limitant | Déficit | Déficit |
| MG (g/kg MS) | 80 | 22 | 73 | 26 | 71 | 34 |
| Phosphore (g/kg MS) | 7,3 | 9,0 | 12,7 | 12,4 | 9,2 | 9,5 |
| VEM (/kg MS) | 1 295 | 1 154 | 1 055 | 914 | 1 056 | 973 |
| DVE (g/kg MS) | 242 | 272 | 145 | 147 | 174 | 178 |
| OEB (g/kg MS) | 192 | 229 | 169 | 166 | 114 | 112 |

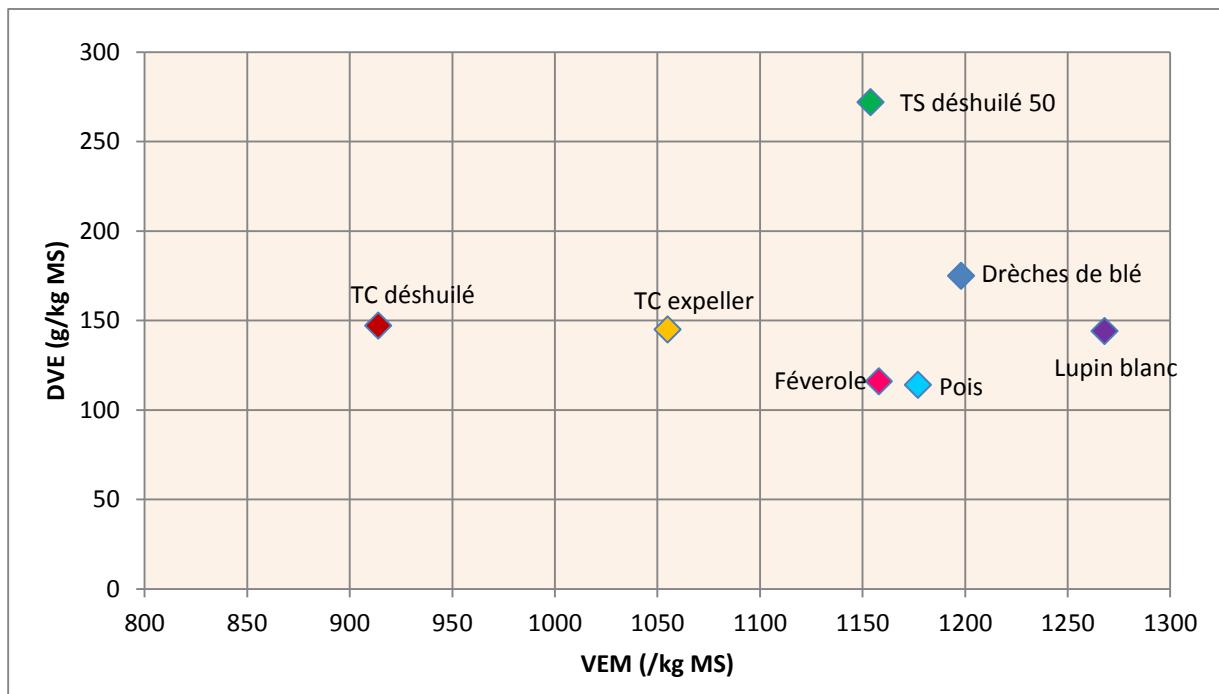
Les quantités maximales recommandées se situent entre 1 et 2 kg/jour. Le tourneau de lin, commercialisé sous forme de grosses particules irrégulières ou sous forme de pellets groupés par 3 (figure 13), doit toujours être distribué en ne dépassant pas 1 kg/vache.jour.

Figure 13 : Tourneau de lin en pellets de 3 et en particules et tourneau de soja



Pour terminer, effectuons une comparaison des apports en énergie et en protéines (figure 14) entre les différents aliments que nous venons d'évoquer qui sont susceptibles d'être produit localement et qui pourraient se substituer au tourneau de soja.

Figure 14 : Comparaison des teneurs en énergie (VEM/kg MS) et en protéines (g DVE/kg MS) du tourteau de soja déshuilé 50, du tourteau de colza déshuilé, du tourteau de colza expeller, du pois, de la féverole, du lupin blanc et des drèches de blé/sorgho (70/30) (à partir de De Brabander et De Boever, 2009 ; Feed2Gain, 2010 ; Froidmont et al, 2006)



Les pulpes séchées

Les pulpes séchées sont des co-produits de la sucrerie, obtenues après déshydratation des pulpes surpressées. Elles sont en général commercialisées sous la forme de pellets de diamètre variable, de 6 à 18 mm (figure 15).

Figure 15 : Pulpes séchées



En termes de composition chimique et de valeur nutritionnelle (tableau 18), retenons que les pulpes séchées sont des aliments secs (teneur en MS aux environs de 90 %), pourvus de teneurs faibles en matières azotées et élevées en énergie et en fibres (cellulose, hémicellulose et pectines). Les pulpes séchées contiennent en outre des glucides spécifiques aux dérivés de betteraves, à savoir des pectines et des sucres solubles. Tout comme les ensilages de pulpes humides et de pulpes surpressées, les pulpes séchées sont également un aliment source de calcium, et présentent des valeurs extrêmes en termes de DVE (DVE élevé) et d'OEB (OEB très négatif).

Tableau 18 : Comparaison de la composition chimique et de la valeur nutritionnelle des pulpes séchées et de l'ensilage de pulpes surpressées

| | Pulpes séchées | | Ensilage de pulpes surpressées | |
|-------------------------------|----------------|-----------|--------------------------------|-----------|
| MS (%) | 90,2 | sec | 21,0 | humide |
| MAT (g/kg MS) | 103 | faible | 108 | faible |
| Calcium (g/kg MS) | 12,0 | élevé | 8,9 | élevé |
| Sucres solubles (% MS) | 8,3 | faible | 6,5 | faible |
| Amidon (% MS) | ~ 0 | quasi nul | ~ 0 | quasi nul |

| | | | | |
|-----------------------------|------|--------------|-------|--------------|
| Pectines (% MS) | 25 | élevé | 23 | élevé |
| Cellulose (% MS) | 21,7 | élevé | 23,6 | élevé |
| Hémicellulose (% MS) | 24 | élevé | 24,8 | élevé |
| VEM (/kg MS) | 960 | élevé | 1 010 | élevé |
| DVE (g/kg MS) | 111 | élevé | 100 | élevé |
| OEB (g/kg MS) | -67 | Très négatif | -65 | Très négatif |

Les pulpes séchées s'utilisent généralement dans les rations hivernales des bovins, où elles permettent un apport d'énergie et de calcium, ainsi qu'une diversification des glucides. On veillera à ne pas distribuer plus de 6 kg de pulpes séchées/vache.jour et à réaliser une transition alimentaire.

La luzerne déshydratée

Nous avons évoqué antérieurement les différents modes de valorisation de la luzerne. Parmi ceux-ci, citons les pellets déshydratés.

La déshydratation de la luzerne s'opère en usine et permet d'obtenir un aggloméré de luzerne commercialisable, présentant une teneur en MS de l'ordre de 90 %. Cette technique n'est cependant plus réalisée en Belgique. La déshydratation est une technique énergivore, plus coûteuse que le fanage ou l'ensilage, mais qui permet précisément la conservation d'un fourrage jeune et la production d'un aliment riche en éléments nutritifs pouvant être administré en période hivernale. Elle présente en effet une teneur en protéines relativement élevée et une teneur en calcium très élevée, de l'ordre de 17 g/kg de MS, qui permet de corriger les faibles teneurs d'un régime riche en céréales. Elle s'incorpore généralement dans les rations de vaches en fin de gestation, à raison de 1,5 kg/jour (principalement pour l'apport en vitamine A), ainsi que dans les rations à base d'ensilage d'herbe et d'ensilage de maïs des vaches en lactation, pour réduire les quantités de tourteau de soja.

II.2.2 Les aliments concentrés composés

Les aliments concentrés composés résultent du mélange d'aliments concentrés simples. Il s'agit donc d'un mélange de matières premières, sous forme de poudre, de granulés ou de miettes.

De tels aliments peuvent être achetés dans le commerce. De nombreuses firmes commercialisent en effet des mélanges dont la composition varie en termes de choix des matières premières, et donc de composition chimique et de valeur nutritionnelle. Les aliments concentrés composés se caractérisent néanmoins la plupart du temps par une teneur en énergie assez semblable, toujours élevée, aux environs de 1 000 VEM, et par une teneur en MS proche de 90 %. La teneur en MAT peut par contre varier beaucoup d'un aliment à un autre, allant de 14 à 40 %.

L'aliment présenté ci-dessous (figure 16) est un exemple d'aliment concentré composé du commerce. Il s'agit d'un mélange préparé spécifiquement pour un éleveur, à 28 % de MAT⁷. Notons que les teneurs précisées sur l'étiquette sont exprimées dans l'aliment frais, et non

⁷ L'étiquette de l'aliment mentionne 27,97 % de protéines brutes, c'est-à-dire 27,97 % de MAT (\approx 28 % de MAT).

pas dans la MS. C'est généralement le cas pour tous les aliments du commerce. La teneur en énergie de ce mélange est de 954 VEM/kg d'aliment, soit 1 060 VEM/kg de MS d'aliment.

Figure 16 : Exemple d'aliment concentré composé disponible dans le commerce

MELANGE A FACON

Aliment complémentaire pour bovins

| Garanties analytiques | | | | | | |
|--|--------|-------|---|--------|-------|--|
| Protéines brutes | 27,97 | % | Sucres et amidon | 19,29 | % | |
| Matières grasses brutes | 4,33 | % | Calcium | 1,43 | % | |
| Cendres brutes | 8,72 | % | Phosphore | 0,69 | % | |
| Cellulose brute | 8,03 | % | Sodium | 0,38 | % | |
| Additifs nutritonnels | | | | | | |
| Vitamine A (E672) | 26490 | UI/kg | Biotine | 0,00 | mg/kg | |
| Vitamine D ³ (E671) | 6622,5 | UI/kg | Cuivre*1 | 37,38 | mg/kg | |
| Vitamine E | 23 | UI/kg | | | | |
| Sulfate ferreux, fer*11 | 38,9 | mg/kg | | | | |
| Iodate de calcium, Iode*12 | 3,223 | mg/kg | | | | |
| Carbonate cobalt, cobalt*13 | 2,608 | mg/kg | | | | |
| Oxyde manganeux, Manganèse E5 | 55,57 | mg/kg | | | | |
| Oxyde de zinc, Zinc E6 | 74,28 | mg/kg | | | | |
| Sélénite de sodium, Sélénium E8 | 0,778 | mg/kg | Antioxydant BHT (E321) | 128,75 | mg/kg | |
| | | | *1 : Sulfate – II – cuivre pentahydraté – cuivre E4 | | | |
| | | | *11 : Sulfate ferreux monohydraté – fer E1 | | | |
| | | | *12 : Iodate de calcium anhydre – iodé E2 | | | |
| | | | *13 : Carbonate de cobalt monohydraté – cobalt E3 | | | |
| Composition | | | | | | |
| Tourteau d'extraction de colza | | | Mélasse de betteraves | | | |
| Tourteau d'extraction de soya dépéricullé (1) | | | Tamisage granulés | | | |
| Drèches de blé | | | Coques de cacao | | | |
| Tourteau de pression de palme | | | Chlorure de sodium | | | |
| Aliment de gluten de maïs | | | Prémix oligo-vitamines | | | |
| Radicelles de malt | | | Germes de maïs brut | | | |
| Vinasses de betteraves | | | Oxyde de magnésium | | | |
| Mais (2) | | | Substances aromatiques et apéritives | | | |
| Carbonate de calcium | | | | | | |
| Aliment de gluten de blé | | | | | | |
| Coques de soja (1) | | | | | | |
| Froment | | | | | | |
| Pulpes déshydratées de PDT | | | | | | |
| Tourteau de pression de maïs | | | | | | |
| Tourteau d'extraction de tournesol | | | | | | |
| (1) Produit à partir de graines de soya génétiquement modifiées / (2) Maïs génétiquement modifié / (4) Graines de soya génétiquement modifiées / (5) Produits à partir de maïs génétiquement modifié | | | | | | |
| Mode d'emploi | | | | | | |
| A distribuer selon les conseils du technicien. A conserver dans un endroit propre et sec. | | | | | | |
| A utiliser de préférence avant : | | | | | | |
| Durée de validité : 4 mois après la date figurant sur le bon de sortie | | | | | | |

II.3 Les mélanges minéraux vitaminés

Les mélanges minéraux vitaminés du commerce renferment en général des macro-éléments (calcium, phosphore, sodium,...), des oligo-éléments (séléinium, zinc, cuivre,...) et des vitamines. Tout comme pour les aliments concentrés composés, leur composition varie selon le fabricant et le produit considéré. Les mélanges minéraux vitaminés se caractérisent en général par leur teneur en calcium et en phosphore. On parle ainsi d'un « 16/8 » ou d'un « 12/8 », pour désigner un mélange avec 160 g de calcium/kg et 80 g de phosphore/kg ou 120 g de calcium/kg et 80 g de phosphore/kg. Le tableau 19 donne quelques exemples de mélanges minéraux vitaminés disponibles dans le commerce.

Tableau 19 : Comparaison de la composition et des teneurs de quelques mélanges minéraux vitaminés du commerce

| Mélange | 1 | 2 | 3 | 4 | |
|---|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------|
| Catégorie d'animaux pour laquelle le mélange est préconisé | Vaches en croissance | VLHP avec rations déficitaires en P | VLHP avec rations déficitaires en Ca | Vaches taries | |
| Macro-éléments g/kg | Calcium | 120 | 50 | 140 | |
| | Phosphore | 80 | 70 | 60 | |
| | Sodium | 40 | 100 | 90 | |
| | Magnésium | 45 | 120 | 45 | |
| Oligo-éléments mg/kg | Fer | 200 | - | - | |
| | Cuivre | 700 | - | 600 | |
| | Chélate de cuivre | - | 1 500 | 300 | |
| | Zinc | 3 500 | 8 000 | 4 000 | |
| | Chélate de zinc | - | - | 2 000 | |
| | Manganèse | 2 300 | 5 500 | 2 400 | |
| | Chélate de Manganèse | - | - | 600 | |
| | Cobalt | 25 | 40 | 20 | |
| | Iode | 25 | 150 | 100 | |
| Vitamines | UI/kg | Vit A | 500 000 | 1 000 000 | 1 000 000 |
| | | Vit D3 | 100 000 | 200 000 | 200 000 |
| | mg/kg | Vit E | 750 | 3 500 | 3 500 |
| | | Biotine | - | - | 0,75 |
| | | Vit PP niacine* | - | 1 500 | 2 500 |
| | | β-carotène** | - | - | 9 000 |
| | | Vit B1/B2/B3 | - | 30/100/140 | 125/100/250 |
| | | Vit B6/B12 | - | 20/0,3 | 70/0,5 |
| | | Acide folique | - | 15 | 20 |

VLHP : Vache Laitière Haute Productrice ; * : Vitamine PP = niacine = vitamine B3 ; ** précurseur de la vitamine A

Le sel (NaCl) sera idéalement apporté à l'aide d'une pierre à lécher ou d'une bassine contenant du sel en vrac. Les vaches laitières régulent en effet la plupart du temps leur consommation

en NaCl en fonction de leurs besoins, aussi, ce mode de distribution en libre-service est tout à fait adapté.

II.3.1 Le choix du mélange minéral vitaminé

Le choix du mélange minéral ne doit pas se faire au hasard. Pratiquement, la démarche à adopter est la suivante :

1. Evaluer les besoins de l'animal (tableau 1)
2. Calculer les apports en minéraux et vitamines de la ration
3. Comparer les apports aux besoins de l'animal. En cas de déficit pour un ou plusieurs éléments, le mélange minéral vitaminé le mieux adapté sera choisi.

II.3.2 Comment distribuer le mélange minéral vitaminé ?

Les mélanges minéraux vitaminés se présentent sous des formes variables : poudre, granulés, miettes. La poudre et les miettes, si elles sont distribuées seules, sont moins facilement consommées que les granulés, car elles sont moins préhensibles par la vache. Par ailleurs, l'appétence des mélanges minéraux vitaminés n'est pas toujours optimale, ce qui peut également limiter la consommation. Aussi, il est toujours préférable de distribuer le mélange en même temps que les fourrages et les concentrés. Différentes solutions sont envisageables, comme par exemple verser le mélange sur le dessus des fourrages à la table d'alimentation, puis mélanger succinctement à la fourche, ou bien incorporer le mélange dans la mélangeuse, en même temps que les concentrés.

II.3.3 La fréquence de distribution du mélange minéral vitaminé

Idéalement, la couverture des besoins des vaches laitières en calcium et en phosphore devrait être réalisée quotidiennement. Cependant, lors de certains stades physiologiques, plus précisément en début de lactation, cette couverture n'est pas possible, la vache étant incapable d'absorber suffisamment de calcium pour satisfaire ses besoins. Une importante mobilisation des réserves osseuses se produit donc en début de lactation. En 2^{ème} partie de lactation, par contre, l'absorption du calcium peut être supérieure aux besoins, ce qui permet une reconstitution des réserves corporelles. Par conséquent, l'apport phosphocalcique doit plutôt s'envisager sur l'intégralité du cycle de production.

L'absence d'apport de mélange minéral vitaminé sur une période courte (1 ou 2 mois) n'a d'ailleurs en général que peu de conséquences, à condition que les besoins de l'animal soient couverts sur le reste de l'année.

Idéalement aussi, la couverture des besoins de l'animal en oligo-éléments et en vitamines nécessite un apport quotidien, étant donné que la plupart de ces éléments ne se stockent pas dans l'organisme.

PARTIE III : LE CALCUL DE RATION EN PRODUCTION LAITIERE

III.1 La distribution des rations

Il existe différents modes de distribution de la ration. On peut ainsi schématiquement distinguer la ration complète, la ration semi-complète, la ration avec complémentation individualisée et la ration par lot.

III.1.1 La ration complète

La ration complète est une technique simple de distribution de la ration, qui offre à l'éleveur un gain de temps considérable. Elle consiste en effet à mélanger préalablement les fourrages et les concentrés à l'aide d'une mélangeuse distributrice, puis à administrer ce mélange aux animaux. Il n'y a donc aucun apport supplémentaire individuel de concentré. Outre le gain de temps, cette technique présente l'avantage de permettre un bon fonctionnement du rumen. Les fluctuations du pH ruménal sont en effet limitées, puisqu'il y a une synchronisation des apports de fourrages et de concentrés. Ce mode de distribution permet donc une prévention des troubles digestifs et métaboliques.

Par contre, la ration complète étant élaborée en tenant compte d'un objectif moyen de production du troupeau, les vaches laitières à haut niveau de production ont tendance à être sous-alimentées, alors que celles faibles productrices ont tendance à être sur-alimentées.

III.1.2 La ration semi-complète

Pour éviter les inconvénients de la ration complète, l'éleveur peut opter pour une solution intermédiaire, d'une part en diminuant la densité énergétique de la ration, et d'autre part en distribuant aux vaches hautes productrices un complément concentré. Dans ce cas de figure, fourrages et concentrés sont donc toujours mélangés préalablement puis distribués à l'auge, mais une distribution individuelle supplémentaire de concentrés est réalisée pour les hautes productrices, soit en salle de traite, soit à l'auge, de façon manuelle (au seau) ou automatisée, *via* le DAC. Ceci permet une certaine individualisation de l'alimentation en fonction de la production laitière, et évite de sur-alimenter les vaches à faible production, mais constitue un investissement temporel plus conséquent pour l'éleveur.

III.1.3 La ration avec complémentation individualisée

Ce mode de distribution permet une alimentation totalement individualisée : les concentrés sont en effet administrés individuellement, en fonction des besoins de chaque animal. Cette technique permet un ajustement des apports aux besoins, et donc une optimisation de la production laitière, mais requiert un temps considérable et une veille permanente.

III.1.4 La ration par lot

La ration par lot consiste à diviser le troupeau en plusieurs lots, en fonction de la production laitière des animaux et/ou du stade de lactation. Différentes rations sont donc calculées et préparées. Ce mode de distribution peut s'avérer intéressant lorsque les vêlages sont étalés dans le temps.

III.2 Rations

Nous présentons ici des rations type pour vaches laitières et vaches taries, et ce, au pâturage et en rations hivernales.

Nous présentons, pour chaque ration, les calculs relatifs à l'équilibre de l'énergie (VEM) et de l'azote (DVE et OEB). Afin d'alléger le texte, les calculs relatifs à l'équilibre des minéraux et des vitamines ne sont présentés qu'une seule fois, la démarche étant similaire pour toutes les rations.

III.2.1 Rations pour vaches laitières

Dans le cadre des rations pour vaches laitières, nous nous inscrivons dans un système de ration semi-complète : la ration est donc calculée pour une production moyenne du troupeau, et les

vaches laitières hautes productrices reçoivent en plus un concentré de production, dont la quantité varie avec le niveau de production. Pour ne pas surcharger le texte, nous présentons, pour chaque ration, le calcul pour la production moyenne du troupeau. Le calcul complet pour une production laitière individuelle donnée, avec administration du concentré de production, n'est quant à lui présenté qu'une seule fois.

Les rations sont calculées pour une production moyenne du troupeau à 25 litres.

Rations au pâturage

Nous présentons dans un premier temps une ration à base d'herbe pâturée, mais dans laquelle la présence de l'ensilage de maïs est significative. Nous sommes donc dans une optique de complémentation du pâturage avec des fourrages conservés. Nous évaluons la qualité de cette ration et présentons les alternatives possibles dans une optique de valorisation des productions locales, d'autonomie protéique et d'impacts environnementaux restreints.

Ration 1 : Ration pour vache laitière à 25 litres avec une stratégie de complémentation au pâturage/d'impacts environnementaux élevés

Soit une ration de base pour vache laitière de 650 kg, produisant 25 litres de lait à 4 % de MG et 3,2 % de TP.

L'éleveur a choisi de réaliser un apport de fourrages complémentaires (ensilage de maïs et ensilage d'herbe) et de concentrés (tourteau de soja, orge et pulpes séchées), en plus du pâturage.

Il possède 80 vaches laitières et 80 ha. Les vaches laitières sont au pâturage la journée et à l'étable la nuit. Il pratique un pâturage tournant, avec une entrée sur la parcelle approximativement à 14-15 cm de hauteur d'herbe et une sortie approximativement à 4-5 cm. La hauteur d'herbe disponible est donc de 10 cm. Les animaux sont actuellement sur une pâture de 4 ha, et ce pour une durée totale de 5 jours. La disponibilité totale en herbe de la parcelle peut donc être évaluée à : $250 \text{ kg de MS/cm.ha} \times 10 \text{ cm} \times 4 = 10\,000 \text{ kg de MS d'herbe}$. La disponibilité en herbe/vache.jour est donc de $10\,000 \text{ kg}/80 \text{ vaches.5 jours} = 25 \text{ kg de MS/vache.jour}$.

Ce premier chiffre est d'emblée interpellant. Les besoins totaux en MS d'une vache laitière se situent en effet approximativement entre 15 et 20 kg de MS/jour, selon sa production laitière. Par conséquent, nous pouvons déjà conclure que les disponibilités en herbe sont largement supérieures aux besoins des animaux. L'éleveur est donc dès le départ dans un contexte de sous-valorisation de la pâture. En ajoutant des fourrages complémentaires à la ration, il va donc encore aggraver la situation, puisque la MS apportée par ceux-ci va entraîner une diminution des ingestions d'herbe.

La ration est donc composée des aliments suivants :

| Aliment | MS (%) | VEM (/kg MS) | DVE (g/kg MS) | OEB (g/kg MS) |
|---------------------------------|--------|--------------|---------------|---------------|
| Herbe | 17,8 | 975 | 97 | +31 |
| Ensilage d'herbe préfané n°1 | 45 | 882 | 62 | +30 |

| | | | | |
|--|------|-------|-----|------|
| Ensilage de maïs plante entière | 32 | 890 | 49 | -19 |
| Tourteau de soja déshuilé 44 | 86,6 | 1 135 | 260 | +193 |
| Orge | 87,4 | 1 130 | 94 | -23 |
| Pulpes séchées | 90,2 | 960 | 111 | -67 |

Etape n°1 : Evaluer les besoins de l'animal. Pour évaluer les besoins de l'animal, nous utilisons les formules du tableau 1 :

| Besoins totaux de la vache | |
|-----------------------------------|---|
| MS | $1,4 \times ((650/100) + 2) + 0,25 \times 25 = \mathbf{18,15 \text{ kg}}$ |
| VEM | $FCL = 0,337 + 0,116 \times 4,0 + 0,06 \times 3,2 = 0,993$ $(6,45 \times 650 + 1 265 + 442 \times 0,993 \times 25) \times [1 + 0,00165 \times ((0,993 \times 25) - 15)] = \mathbf{16 697 \text{ VEM}}$ |
| DVE | $MP = 25 \times 3,2 \times 10 = 800$ $\rightarrow 650/10 + 54 + 1,396 \times 800 + 0,000195 \times 800^2 = \mathbf{1 361 \text{ g}}$ |

Etape n°2 : Evaluer les apports de la ration.

La méthode de travail se présente comme suit. Vu que les fourrages ensilés et les concentrés se substituent totalement (pour les fourrages) ou partiellement (pour les concentrés) à l'herbe, nous évaluons d'abord les apports liés aux aliments ajoutés par l'éleveur. Dans un second temps, nous évaluons le déficit en MS et estimons que celui-ci sera comblé par les ingestions d'herbe. Ce raisonnement est uniquement valable si les ressources au pâturage sont suffisantes (*cf. supra*).

Commençons d'abord par caculer les apports en MS des aliments ajoutés par l'éleveur.

| Aliments | Quantités distribuées (kg) | Teneur en MS (%) | Apports en MS (kg) |
|--|----------------------------|------------------|--------------------|
| Ensilage d'herbe préfané n°1 | 10 | 45 | 4,5 |
| Ensilage de maïs plante entière | 15 | 32 | 4,8 |
| Tourteau de soja déshuilé 44 | 0,5 | 86,6 | 0,43 |
| Orge | 1 | 87,4 | 0,87 |
| Pulpes séchées | 1 | 90,2 | 0,90 |
| TOTAL | | | 11,5 |

Sur base de la MS apportée par chaque aliment, nous calculons les apports nutritionnels.

| Aliments (MS) | Apports en VEM | Apports en DVE (g) | Apports en OEB (g) |
|--|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| 4,5 kg d'ensilage d'herbe préfané n°1 | $4,5 \times 882 = 3 969$ | $4,5 \times 62 = 279$ | $4,5 \times 30 = +135$ |

| | | | |
|---|----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 4,8 kg d'ensilage de maïs plante entière | $4,8 \times 890 = 4\,272$ | $4,8 \times 49 = 235$ | $4,8 \times (-19) = -91$ |
| 0,43 kg de tourteau de soja déshuilé 44 | $0,43 \times 1\,135 = 488$ | $0,43 \times 260 = 112$ | $0,43 \times 193 = +83$ |
| 0,87 kg d'orge | $0,87 \times 1\,130 = 983$ | $0,87 \times 94 = 82$ | $0,87 \times (-23) = -20$ |
| 0,9 kg de pulpes séchées | $0,9 \times 960 = 864$ | $0,9 \times 111 = 100$ | $0,9 \times (-67) = -60$ |
| TOTAL | 10 576 | 808 | +47 |

Etape n°3 : Comparer les apports actuels de la ration et les besoins de l'animal, et évaluer la quantité d'herbe ingérée par l'animal.

| | Apports actuels de la ration | Besoins de la vache | Différence |
|----------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| MS (kg) | 11,5 | 18,15 | -6,65 |
| VEM | 10 576 | 16 697 | -6 121 |
| DVE (g) | 808 | 1 361 | -553 |
| OEB (g) | +47 | Devrait être idéalement < 200-300 | - |

Au pâturage, la teneur en MS de l'herbe étant faible (17,8 %), les quantités d'herbe fraîche à ingérer sont élevées. Le calcul de la ration doit tenir compte de cette contrainte, ceci est la raison pour laquelle l'équilibre de la ration se fait prioritairement sur base du déficit en MS. Pour combler un déficit de 6,65 kg de MS, la vache doit ingérer $6,65 / 0,178 = \pm 37$ kg d'herbe fraîche. Nous pouvons à présent évaluer les apports totaux de la ration.

| | MS (kg) | VEM | DVE (g) | OEB (g) |
|-------------------------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| Apports actuels de la ration | 11,5 | 10 576 | 808 | +47 |
| 37 kg d'herbe | 6,59 | 6 425 | 639 | +204 |
| TOTAL | 18,09 | 17 001 | 1 447 | +251 |

Et nous les comparons aux besoins de l'animal.

| | Apports | Besoins | Différence |
|----------------|----------------|-----------------------------------|-------------------|
| MS (kg) | 18,09 | 18,15 | -0,06 |
| VEM | 17 001 | 16 697 | +304 |
| DVE (g) | 1 447 | 1 361 | +86 |
| OEB (g) | +251 | Devrait être idéalement < 200-300 | OEB acceptable |

Etape n°4 : Critique de la ration.

S'agit-il d'une ration correctement équilibrée ? Non, pas tout à fait. Il existe en effet un excès d'énergie (+304 VEM). Cet excès doit toutefois être relativisé, étant donné la dépense

énergétique supérieure liée au pâturage (déplacements des animaux). L'excès en DVE (+86 g) est considéré comme négligeable.

Avec cette stratégie, l'éleveur comble quasiment 2/3 des besoins en MS de ses animaux *via* la ration distribuée à l'étable. Les animaux sont donc quasiment rassasiés à la sortie de celle-ci et n'ingèrent que très peu d'herbe en prairie, alors que les disponibilités sont élevées. Dans ce système d'alimentation, les refus observés en prairie seront plus élevés, entraînant une dégradation des pâtures. Nous sommes donc dans un système de sous-valorisation du pâturage.

Il est d'ailleurs intéressant de calculer le taux de valorisation de l'herbe :

- Quantité totale de MS d'herbe ingérée par l'ensemble des vaches laitières au cours des 5 jours de pâturage de la parcelle : $6,59 \text{ kg/vache.jour} \times 80 \text{ vaches} \times 5 \text{ jours} = 2\,636 \text{ kg de MS}$
- Taux de valorisation de l'herbe : $(2\,636 \text{ kg}/10\,000 \text{ kg}) \times 100 = 26 \%$

Ration 2 : Ration pour vache laitière à 25 litres avec une stratégie de valorisation du pâturage/d'impacts environnementaux réduits

Soit une ration de base pour vache laitière de 650 kg, produisant 25 litres de lait à 4 % de MG et 3,2 % de TP.

Ici, l'éleveur a choisi de valoriser au mieux le pâturage, et d'éviter le recours à des fourrages complémentaires. Nous allons donc maximiser les apports d'herbe pâturée. Dans ce cas de figure, il est primordial de s'assurer préalablement que la disponibilité en herbe est suffisante pour couvrir les besoins (*cf. supra*).

Nous reprenons le même cas de figure que précédemment : un éleveur disposant de 80 vaches laitières, 80 ha, en pâturage tournant. Nous considérons que les vaches sont en pâture sur la même parcelle de 4 ha, pour une durée de 5 jours, avec une hauteur d'herbe disponible de 10 cm. La disponibilité en herbe/vache.jour est donc de 25 kg de MS/vache.jour. Dans ce système, les vaches rentrent à l'étable pour la traite et recevront à cette occasion les concentrés.

La ration est donc composée des aliments suivants :

| Aliment | MS (%) | VEM (/kg MS) | DVE (g/kg MS) | OEB (g/kg MS) |
|----------------|--------|--------------|---------------|---------------|
| Herbe | 17,8 | 975 | 97 | +31 |
| Orge | 87,4 | 1 130 | 94 | -23 |
| Pulpes séchées | 90,2 | 960 | 111 | -67 |

Etape n°1 : *cf. supra*.

Etape n°2 : Evaluer les apports de la ration.

Lorsque les fourrages de la ration sont intégralement constitués par l'herbe pâturée, et que celle-ci n'est pas limitante, on estime que la consommation individuelle d'herbe se situe aux alentours de 16 kg de MS/jour. Ceci constitue le point de départ du calcul de ration.

Calculons donc les apports liés à 16 kg de MS d'herbe.

| Quantité de MS ingérée (kg) | Teneur en MS de l'herbe (%) | Quantité d'herbe fraîche ingérée (kg) | VEM | DVE (g) | OEB (g) |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------|---------|---------|
| Herbe 16 | 17,8 | 90 | 15 600 | 1 552 | +496 |

Comparons-les aux besoins de l'animal.

| | Apports actuels de la ration | Besoins de la vache | Différence |
|----------------|------------------------------|-----------------------------------|------------|
| MS (kg) | 16 | 18,15 | -2,15 |
| VEM | 15 600 | 16 697 | -1 097 |
| DVE (g) | 1 552 | 1 361 | +191 |
| OEB (g) | +496 | Devrait être idéalement < 200-300 | - |

L'apport d'herbe ne permettant pas de couvrir les besoins énergétiques de la vache, il est nécessaire de prévoir l'apport d'un concentré riche en énergie, qui sera distribué à l'occasion de la traite. Précisons qu'avec 90 kg d'herbe fraîche, sans aucun apport supplémentaire, la vache est déjà capable de produire un peu plus de 22,5 litres de lait⁸.

La ration de base finale se compose donc comme suit :

| Aliments | Quantités distribuées (kg) | Teneur en MS (%) | Apports en MS (kg) | Apports en VEM | Apports en DVE (g) | Apports en OEB (g) |
|-----------------------|----------------------------|------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Herbe | 90 | 17,8 | 16 | 15 600 | 1 552 | +496 |
| Orge | 0,6 | 87,4 | 0,52 | 588 | 49 | -12 |
| Pulpes séchées | 0,5 | 90,2 | 0,45 | 432 | 50 | -30 |
| TOTAL | | | 16,97 | 16 620 | 1 651 | +454 |

Etape n°3 : Comparer les apports de la ration et les besoins de l'animal.

| | Apports | Besoins | Différence |
|----------------|---------|-----------------------------------|--------------|
| MS (kg) | 16,97 | 18,15 | -1,18 |
| VEM | 16 620 | 16 697 | -77 |
| DVE (g) | 1 651 | 1 361 | +290 |
| OEB (g) | +454 | Devrait être idéalement < 200-300 | OEB excessif |

Etape n°4 : Critique de la ration.

⁸ Les besoins en énergie pour produire 22,5 litres de lait sont en effet approximativement égaux à 15 600 VEM. Ceci peut se vérifier avec la formule du calcul des besoins en énergie du tableau 1 : $(6,45 \times 650 + 1 265 + 442 \times 0,993 \times 22,5) \times [1 + 0,00165 \times ((0,993 \times 22,5) - 15)] = 15 519$ VEM

S'agit-il d'une ration correctement équilibrée ? Non, pas tout à fait. Les 2 principales critiques à formuler résident dans la valeur excessive de l'OEB (+454 g) et au niveau de l'excès en DVE (+ 290 g) :

- La valeur de l'OEB nous indique ainsi que dans cette ration, il existe un excès d'azote fermentescible au niveau du rumen. Cet azote excessif sera transformé en urée au niveau du foie, et l'urée sera excrétée notamment au niveau du lait. Le taux d'urée dans le lait sera donc vraisemblablement au-delà des normes conseillées, à savoir > 300 mg/litre.
- L'excès en DVE indique quant à lui qu'il existe un gaspillage de protéines, puisque les apports sont largement supérieurs aux besoins de l'animal. D'un point de vue économique, ce gaspillage de protéines doit cependant être relativisé, puisqu'il n'y a pas ici d'achat par l'éleveur d'intrants sources de protéines végétales (comme un tourteau de soja par exemple). D'un point de vue métabolique, ces protéines en excès seront transformées en urée au niveau du foie, et cette urée viendra s'ajouter à celle déjà présente en excès.

Pour l'éleveur, l'excès d'azote entraîne un risque accru en termes de santé animale, car un excès d'azote favorise les pathologies telles que métrite, mammité,...

Il faut remarquer que ces excès sont observés la plupart du temps lors d'une valorisation maximale du pâturage, l'herbe étant généralement riche en DVE et pourvue d'un OEB relativement élevé.

Comme pour la ration 1, nous pouvons calculer le taux de valorisation de l'herbe :

- Quantité totale de MS d'herbe ingérée par l'ensemble des vaches laitières au cours des 5 jours de pâturage de la parcelle : $16 \text{ kg/vache.jour} \times 80 \text{ vaches} \times 5 \text{ jours} = 6\,400 \text{ kg de MS}$
- Taux de valorisation de l'herbe : $(6\,400 \text{ kg}/10\,000 \text{ kg}) \times 100 = 64 \%$

Avec un taux de valorisation de 64 %, cette situation est préférable à la situation précédente, qui offrait un taux de valorisation de 26 %. Il subsiste cependant encore des refus importants. Pour optimiser la valorisation de l'herbe, une solution serait de réduire la taille de la parcelle au minimum nécessaire (ici, on réduirait approximativement la parcelle de 1/3) et de coupler cette mesure à une fauche de la partie restante. Ce système est par ailleurs plus souple, car il permet une adaptation aux conditions climatiques. Une autre alternative serait de prévoir une clôture amovible, qui serait déplacée en fonction de la quantité d'herbe disponible et des conditions climatiques.

Rations hivernales

Nous repartons ici à nouveau avec un niveau de production laitière de 25 litres.

Nous présentons dans un premier temps ce qui a jusqu'à présent été considéré comme une ration « typique » pour vaches laitières : une ration à base d'ensilages d'herbe et de maïs, avec une présence forte du maïs et une complémentation au tourteau de soja. Il s'agit donc d'une ration pour laquelle le niveau de dépendance de l'éleveur au marché mondial est élevé (importation de tourteau de soja), et qui a un impact environnemental certain (culture du maïs, importation du tourteau de soja). Nous évaluons la qualité de cette ration et présentons, dans un second temps, les corrections à apporter afin qu'elle soit mieux équilibrée, et ce en

envisageant les alternatives possibles dans une optique de valorisation des productions locales, d'autonomie protéique et d'impacts environnementaux restreints.

Ration 3 : Ration pour vache laitière à 25 litres avec une stratégie de dépendance forte/d'impacts environnementaux élevés

Soit une ration de base pour vache laitière de 650 kg, produisant 25 litres de lait à 4 % de MG et 3,2 % de TP.

La ration est composée des aliments suivants :

| Aliment | MS (%) | VEM (/kg MS) | DVE (g/kg MS) | OEB (g/kg MS) |
|---------------------------------|--------|--------------|---------------|---------------|
| Ensilage d'herbe préfané n°2 | 45 | 810 | 71 | +65 |
| Ensilage de maïs plante entière | 32 | 890 | 49 | -19 |
| Tourteau de soja déshuilé 44 | 86,6 | 1 135 | 260 | +193 |
| Orge | 87,4 | 1 130 | 94 | -23 |
| Pulpes séchées | 90,2 | 960 | 111 | -67 |

Etape n°1 : cf. supra.

Etape n°2 : Evaluer les apports de la ration.

| Aliments (MS) | Quantités distribuées (kg) | Teneur en MS (%) | Apports en MS (kg) | Apports en VEM | Apports en DVE (g) | Apports en OEB (g) |
|----------------------|----------------------------|------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Ensilage d'herbe n°2 | 18 | 45 | 8,1 | 6 561 | 575 | +527 |
| Ensilage de maïs | 25 | 32 | 8,0 | 7 120 | 392 | -152 |
| TS déshuilé 44 | 0,8 | 86,6 | 0,69 | 783 | 179 | +133 |
| Orge | 1 | 87,4 | 0,87 | 983 | 82 | -20 |
| Pulpes séchées | 1,5 | 90,2 | 1,35 | 1 296 | 150 | -90 |
| TOTAL | | | 19,01 | 16 743 | 1 378 | +398 |

Etape n°3 : Comparer les apports de la ration et les besoins de l'animal.

| | Apports | Besoins | Différence |
|----------------|---------|-----------------------------------|-------------------------|
| MS (kg) | 19,01 | 18,15 | +0,86 |
| VEM | 16 743 | 16 697 | +46 |
| DVE (g) | 1 378 | 1 361 | +17 |
| OEB (g) | +398 | Devrait être idéalement < 200-300 | OEB légèrement excessif |

Etape n°4 : Critique de la ration.

S'agit-il d'une ration correctement équilibrée ? Non, pas tout à fait.

Une critique majeure doit être formulée : l'OEB de la ration est légèrement excessif. A nouveau, il existe un excès d'azote fermentescible au niveau du rumen. Le taux d'urée dans le lait sera donc vraisemblablement au-delà des normes conseillées. L'éleveur est donc confronté à un risque accru en termes de santé animale, un impact environnemental certain, mais aussi à une perte économique, puisque les protéines végétales achetées (ici le tourteau de soja) ne sont pas intégralement valorisées par l'animal.

Ration 4 : Ration pour vache laitière à 25 litres avec une stratégie de dépendance faible/d'impacts environnementaux modérés

Comment modifier la ration précédente afin d'une part d'assurer un meilleur équilibre entre les besoins et les apports, et d'autre part, d'améliorer l'autonomie protéique de l'exploitation ?

Réexaminons cette ration en substituant le tourteau de soja par d'autres sources de protéines végétales.

La ration de base est calculée à nouveau pour une vache laitière de 650 kg, produisant 25 litres de lait à 4 % de MG et 3,2 % de TP. Elle est composée des aliments suivants :

| Aliment | MS (%) | VEM (/kg MS) | DVE (g/kg MS) | OEB (g/kg MS) |
|---------------------------------|--------|--------------|---------------|---------------|
| Ensilage d'herbe préfané n°2 | 45 | 810 | 71 | +65 |
| Ensilage de maïs plante entière | 32 | 890 | 49 | -19 |
| Foin | 86 | 760 | 72 | -8 |
| Drèches de brasserie | 21,9 | 810 | 99 | +106 |
| Orge | 87,4 | 1 130 | 94 | -23 |
| Pulpes séchées | 90,2 | 960 | 111 | -67 |

Etape n°1 : cf. supra.

Etape n°2 : Evaluer les apports de la ration.

| Aliments (MS) | Quantités distribuées (kg) | Teneur en MS (%) | Apports en MS (kg) | Apports en VEM | Apports en DVE (g) | Apports en OEB (g) |
|----------------------|----------------------------|------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Ensilage d'herbe n°2 | 14 | 45 | 6,3 | 5 103 | 447 | +410 |
| Ensilage de maïs | 21 | 32 | 6,72 | 5 981 | 329 | -128 |
| Foin | 2 | 86,0 | 1,72 | 1 307 | 124 | -14 |
| Drèches | 7 | 21,9 | 1,53 | 1 239 | 151 | +162 |
| Orge | 1,5 | 87,4 | 1,31 | 1 480 | 123 | -30 |
| Pulpes séchées | 1,7 | 90,2 | 1,53 | 1 469 | 170 | -103 |

| | | | | |
|--------------|--------------|---------------|--------------|-------------|
| TOTAL | 19,11 | 16 579 | 1 344 | +297 |
|--------------|--------------|---------------|--------------|-------------|

Etape n°3 : Comparer les apports de la ration et les besoins de l'animal.

| | Apports | Besoins | Différence |
|----------------|----------------|-----------------------------------|-------------------|
| MS (kg) | 19,11 | 18,15 | +0,96 |
| VEM | 16 579 | 16 697 | -118 |
| DVE (g) | 1 344 | 1 361 | -17 |
| OEB (g) | +297 | Devrait être idéalement < 200-300 | OEB acceptable |

Etape n°4 : Critique de la ration.

S'agit-il d'une ration correctement équilibrée ? Oui, presque. En effet, l'OEB de la ration est acceptable, mais il se rapproche de la limite maximale conseillée. La ration est par ailleurs quasiment équilibrée sur le plan de l'énergie (déficit négligeable de 118 VEM) et des DVE (déficit négligeable de 17 g).

Pour l'éleveur, cette ration est associée à une autonomie protéique et une valorisation de ressources locales plus importantes (substitution du tourteau de soja par des drèches de brasserie), et à un coût moindre (principalement dû à l'absence de tourteau). La présence du foin dans la ration se justifie par la nécessité d'améliorer la fibrosité de celle-ci.

Ration 5 : Ration pour vache laitière à 25 litres avec une stratégie de dépendance faible/d'impacts environnementaux réduits

Nous avons évoqué antérieurement les effets néfastes de la culture du maïs sur l'environnement, et envisagé les alternatives possibles. Examinons donc une ration dans laquelle la part du maïs serait réduite. Nous gardons par ailleurs l'option d'éviter le tourteau de soja.

La ration de base est calculée à nouveau pour une vache laitière de 650 kg, produisant 25 litres de lait à 4 % de MG et 3,2 % de TP. Elle est composée des aliments suivants :

| Aliment | MS (%) | VEM (/kg MS) | DVE (g/kg MS) | OEB (g/kg MS) |
|--|--------|--------------|---------------|---------------|
| Ensilage d'herbe préfané n°2 | 45 | 810 | 71 | +65 |
| Ensilage de maïs plante entière | 32 | 890 | 49 | -19 |
| Ensilage de pulpes surpressées | 21 | 1 010 | 100 | -65 |
| Pois protéagineux | 86,3 | 1 177 | 114 | +73 |
| Orge | 87,4 | 1 130 | 94 | -23 |
| Froment | 87,5 | 1 170 | 102 | -28 |
| Rebulet | 87 | 1 000 | 75 | +37 |

Etape n°1 : cf. supra.

Etape n°2 : Evaluer les apports de la ration.

| Aliments | Quantités distribuées (kg) | Teneur en MS (%) | Apports en MS (kg) | Apports en VEM | Apports en DVE (g) | Apports en OEB (g) |
|--------------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Ensilage d'herbe préfané n°2 | 20 | 45 | 9 | 7 290 | 639 | +585 |
| Ensilage de maïs | 12 | 32 | 3,84 | 3 418 | 188 | -73 |
| Ensilage de pulpes surpressées | 14 | 21 | 2,94 | 2 969 | 294 | -191 |
| Pois | 0,5 | 86,3 | 0,43 | 508 | 49 | +31 |
| Orge | 1 | 87,4 | 0,87 | 988 | 82 | -20 |
| Froment | 1 | 87,5 | 0,88 | 1 024 | 89 | -25 |
| Rebulet | 0,5 | 87 | 0,44 | 435 | 33 | +16 |
| TOTAL | | | 18,4 | 16 632 | 1 374 | +323 |

Etape n°3 : Comparer les apports de la ration et les besoins de l'animal.

| | Apports | Besoins | Différence |
|----------------|---------|-----------------------------------|-------------------------|
| MS (kg) | 18,4 | 18,15 | +0,25 |
| VEM | 16 632 | 16 697 | -65 |
| DVE (g) | 1 374 | 1 361 | +13 |
| OEB (g) | +323 | Devrait être idéalement < 200-300 | OEB légèrement excessif |

Etape n°4 : Critique de la ration.

S'agit-il d'une ration correctement équilibrée ? Non, pas tout à fait. En effet : l'OEB de la ration est légèrement excessif. Il est toutefois meilleur que celui de la ration 3 (+323 versus +398 g), caractérisée par une forte proportion d'ensilage de maïs et la présence de tourteau de soja. La ration est par ailleurs équilibrée au niveau énergétique (déficit négligeable de 65 VEM) et au niveau du DVE (excès négligeable de 13 g).

Pour l'éleveur, cette ration est associée d'une part à une autonomie protéique et une valorisation de ressources locales (substitution du tourteau de soja par des pois protéagineux notamment), d'autre part, à un coût moindre (principalement dû à l'absence de tourteau) et enfin, à un impact environnemental restreint (utilisation moindre de l'ensilage de maïs).

La quantité de concentrés administrée pour cette ration de base est de 3 kg. Il sera donc tout à fait possible, pour les vaches laitières dont la production dépasse 25 litres, d'ajouter un concentré de production, sans augmenter trop la proportion de concentré par rapport aux fourrages, et donc sans trop perturber les fermentations. Nous détaillons ci-dessous cette étape du calcul de ration.

Etape n°5 : Administration du concentré de production aux vaches laitières dont la production est > 25 litres.

Soit une vache laitière de 650 kg, produisant 30 litres de lait à 4 % de MG et 3,2 % de TP. A côté de la ration de base présentée ci-dessus, cet animal recevra en plus un concentré de production. Nous choisissons un concentré de production disponible dans le commerce, à 88 % de MS, dosant 18 % de MAT (dans l'aliment frais), et caractérisé par les valeurs nutritionnelles suivantes :

- 960 VEM/kg d'aliment
- 110 g de DVE/kg d'aliment
- 20 g d'OEB/kg d'aliment

D'un point de vue composition, ce concentré de production contient les aliments suivants : tourteau de tournesol, seigle, orge, avoine, luzerne déshydratée et maïs. Notons que la plupart des concentrés de production commercialisés en Belgique contiennent du tourteau de soja ou de la graine de soja. Comme nous l'avons vu précédemment, il existe pourtant d'autres aliments sources de protéines végétales pouvant se substituer au soja.

A partir des apports de la ration de base et des besoins de l'animal (calculés à partir du tableau 1), nous pouvons calculer les déficits existants :

| | Apports via la ration de base | Besoins | Différence |
|----------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| MS (kg) | 18,4 | 19,4 | -1 |
| VEM | 16 632 | 19 079 | -2 447 |
| DVE (g) | 1 374 | 1 639 | -265 |
| OEB (g) | +323 | Devrait être idéalement < 200-300 | - |

Sur base des déficits existants (VEM et DVE), nous pouvons calculer la quantité de concentré de production à apporter à cet animal :

| Quantité de concentré de production à apporter (kg) | |
|--|---------------------------------------|
| Sur base du déficit en VEM | $2\ 447/960 = 2,55$ |
| Sur base du déficit en DVE | $265/110 = 2,41$ |

On peut donc raisonnablement estimer que la quantité de concentré de production à apporter à cette vache laitière produisant 30 litres est de 2,5 kg. Avec cette quantité, on observera un déficit énergétique négligeable (47 VEM) et un excès en DVE négligeable (10 g). L'OEB de la ration sera quant à lui de +373 g, c'est-à-dire légèrement excessif. Cette quantité de concentré de production, obtenue par calcul, correspond à 1 kg de concentré de production pour 2 litres de lait supplémentaires.

Ration 6 : Ration pour vache laitière à 25 litres en agriculture biologique

Voyons à présent le calcul de ration pour une vache laitière produisant 25 litres dans une exploitation bio. Dans ce contexte, la source d'énergie sera l'ensilage de céréales immatures. Le tourteau de soja est par ailleurs remplacé par des sources de protéines végétales pouvant être produites localement, à savoir le pois protéagineux et le tourteau de tournesol.

Soit une ration de base pour vache laitière de 650 kg, produisant 25 litres de lait à 4 % de MG et 3,2 % de TP.

La ration est composée des aliments suivants :

| Aliment | MS (%) | VEM (/kg MS) | DVE (g/kg MS) | OEB (g/kg MS) |
|---|--------|--------------|---------------|---------------|
| Ensilage d'herbe préfané n°2 | 45 | 810 | 71 | 65 |
| Avoine entière ensilée au stade pâteux | 38,5 | 891 | 59 | -64 |
| Foin | 86 | 760 | 72 | -8 |
| Pois protéagineux | 86,3 | 1 177 | 114 | 73 |
| Tourteau de tournesol expeller | 90,0 | 1 031 | 105 | 176 |
| Orge | 87,4 | 1 130 | 94 | -23 |
| Froment | 87,5 | 1 170 | 102 | -28 |

Etape n°1 : cf. supra.

Etape n°2 : Evaluer les apports de la ration.

| Aliments | Quantités distribuées (kg) | Teneur en MS (%) | Apports en MS (kg) | Apports en VEM | Apports en DVE (g) | Apports en OEB (g) |
|-------------------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Ensilage d'herbe préfané n°2 | 20 | 45 | 9 | 7 290 | 639 | +585 |
| Avoine ensilée | 12 | 38,5 | 4,62 | 4 116 | 273 | -296 |
| Foin | 2 | 86 | 1,72 | 1 307 | 124 | -14 |
| Pois | 0,5 | 86,3 | 0,43 | 508 | 49 | +31 |
| Tourteau de tournesol | 0,5 | 90,0 | 0,45 | 464 | 47 | +79 |
| Orge | 2 | 87,4 | 1,75 | 1 978 | 165 | -40 |
| Froment | 1 | 87,5 | 0,88 | 1 024 | 89 | -25 |
| TOTAL | | | 18,85 | 16 687 | 1 386 | +320 |

Etape n°3 : Comparer les apports de la ration et les besoins de l'animal.

| | Apports | Besoins | Différence |
|----------------|---------|-----------------------------------|-------------------------|
| MS (kg) | 18,85 | 18,15 | +0,7 |
| VEM | 16 687 | 16 697 | -10 |
| DVE (g) | 1 386 | 1 361 | +25 |
| OEB (g) | +320 | Devrait être idéalement < 200-300 | OEB légèrement excessif |

Etape n°4 : Critique de la ration.

S'agit-il d'une ration correctement équilibrée ? Non, pas tout à fait. L'OEB de la ration est en effet légèrement excessif. La ration est par ailleurs quasiment équilibrée au niveau énergétique (déficit négligeable de 10 VEM) et au niveau du DVE (excès négligeable de 25 g).

III.2.2 Rations pour vaches taries

Les différentes étapes du calcul de ration des vaches taries sont similaires à celles décrites pour la vache laitière. Il ne s'agit cependant plus ici d'une ration de base, puisqu'aucune complémentation à l'aide d'un concentré de production ne sera réalisée, mais bien de la ration qui sera administrée telle quelle à toutes les vaches taries au même stade de gestation.

Les besoins de la vache gestante sont différents de ceux de la vache en lactation : d'un point de vue quantitatif, les besoins sont moindres (à l'exception des besoins en vitamines A et D). Par contre, le tarissement se caractérise par des exigences qualitatives spécifiques. Une vigilance accrue doit par exemple être portée sur l'équilibre des minéraux, et plus particulièrement sur les apports en calcium et en phosphore. Dans ce contexte, différentes recommandations peuvent être formulées pour le tarissement :

- Séparer les vaches taries des vaches en lactation, afin qu'elles disposent d'un régime spécifique ;
- Garantir un apport fourrager suffisant afin de maintenir le volume du rumen, et ainsi empêcher une chute trop importante de la capacité d'ingestion en vue du démarrage de la lactation ;
- Eviter la suralimentation énergétique, afin de limiter les risques d'embonpoint de la vache et de syndrome de la vache grasse (*cf. infra*) ;
- Contrôler la balance alimentaire cations/anions (BACA) (*cf. infra*) et les apports en calcium et phosphore, afin d'éviter les hypocalcémies lors du part (*cf. infra*).

D'un point de vue pratique, il est par ailleurs souvent recommandé de séparer les vaches taries en 2 groupes, en fonction du stade de gestation (8^{ème} et 9^{ème} mois) et d'administrer des rations spécifiques à chaque groupe. Ainsi, les vaches au 8^{ème} mois recevront une ration essentiellement constituées d'aliments grossiers, alors que les vaches au 9^{ème} mois recevront une ration similaire aux rations des vaches laitières, afin de permettre une adaptation de la flore du rumen. Cette pratique nécessite cependant un troupeau de vaches d'une certaine importance vu la difficulté pratique pour l'éleveur d'établir 2 rations différentes.

Rations au pâturage

Une bonne gestion du tarissement passe par une rentrée des vaches taries à l'étable. Il est en effet tout à fait déconseillé de laisser les vaches taries en pâture, et ce, en raison de l'augmentation conséquente de l'incidence des fièvres de lait lors du part.

L'un des facteurs de risques de la fièvre de lait est en effet l'administration d'une ration alimentaire avec une BACA positive, et l'herbe est précisément un aliment caractérisé par une BACA très positive.

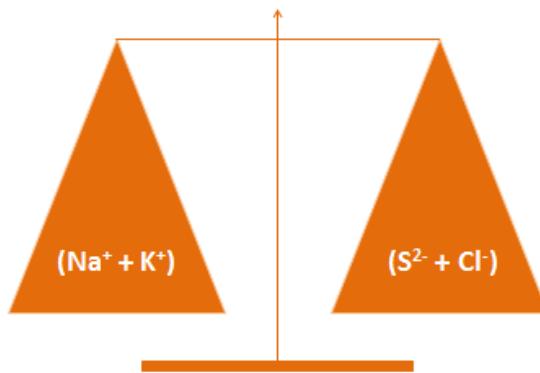
Par conséquent, nous ne présenterons pas ici de ration type pour vaches taries au pâturage.

| |
|--------------------------------|
| Qu'est-ce que la BACA ? |
|--------------------------------|

La BACA est un bilan des apports alimentaires en cations⁹ (sodium, Na^+ et potassium, K^+) et en anions¹⁰ (soufre, S^{2-} et chlore, Cl^-). Schématiquement, elle se calcule de la façon suivante :

$$\text{BACA} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{S}^{2-} + \text{Cl}^-)$$

D'un point de vue pratique, il s'agit donc d'évaluer les apports de tous les aliments en ces différents éléments (sodium et potassium d'un côté, soufre et chlore de l'autre) et de les comparer. La ration se caractérise alors soit par une BACA positive, soit par une BACA négative.



En pré-partum, l'administration d'une ration avec BACA positive, c'est-à-dire plus riche en cations qu'en anions, a pour conséquences de diminuer d'une part la mobilisation du calcium au niveau des os, et d'autre part, l'absorption du calcium au niveau intestinal. Ce faisant, au moment du vêlage, l'organisme est incapable de mobiliser rapidement le calcium nécessaire pour faire face aux besoins de la lactation. Le risque de fièvre de lait en post-partum est donc augmenté. L'herbe pâturée étant un aliment généralement riche en potassium, les apports en cations de la ration finale sont très élevés et la BACA est de ce fait positive. Maintenir les vaches taries au pâturage augmente donc le risque de fièvre de lait. Seul un pâturage sur des prairies fertilisées avec un engrais azoté uniquement est recommandé.

L'administration d'une ration riche en anions (BACA négative) est ainsi conseillée dans les 2 à 3 semaines qui précèdent le vêlage. En dehors de cette période, l'administration d'une telle ration favoriserait la déminéralisation des os. Des aliments tels que l'ensilage de maïs, le foin de fléole ou de fétuque élevée et le froment possèdent une faible BACA, c'est la raison pour laquelle ils sont souvent conseillés durant la période qui précède le vêlage.

Rations hivernales

Ration 7 : Ration pour vache tarie avec une stratégie de dépendance faible/d'impacts environnementaux modérés

Les besoins en protéines de la vache tarie étant relativement faibles (*cf. infra*), les aliments incorporés dans la ration devront idéalement présenter des teneurs faibles en DVE. Même si une grande variabilité existe, l'ensilage d'herbe, et dans une moindre mesure le foin, possèdent en général des teneurs relativement élevées en DVE. L'ensilage de maïs est par contre généralement pauvre en DVE et est donc moins susceptible de provoquer des excès

⁹ Cation : ion à charge positive

¹⁰ Anion : ion à charge négative

protéiques. Une ration dont les fourrages seraient constitués exclusivement d'ensilage de maïs augmenterait toutefois le risque de suralimentation énergétique, surtout si la quantité administrée est supérieure à 15 kg. Nous présentons donc ici une ration contenant à la fois de l'ensilage d'herbe et de l'ensilage de maïs.

Soit une ration pour vache tarie de 650 kg, au 8^{ème} mois de gestation.

La ration est composée des aliments suivants :

| Aliment | MS (%) | VEM (/kg MS) | DVE (g/kg MS) | OEB (g/kg MS) |
|------------------------------|--------|--------------|---------------|---------------|
| Ensilage d'herbe préfané n°1 | 45,4 | 882 | 62 | +30 |
| Ensilage de maïs | 32 | 890 | 49 | -19 |
| Paille de froment | 86 | 290 | 3 | -30 |
| Orge | 87,4 | 1 130 | 94 | -23 |
| Rebulet | 87 | 1 000 | 75 | 37 |

Etape n°1 : Evaluer les besoins de l'animal. Pour évaluer les besoins de l'animal, nous utilisons les formules du tableau 1 :

| Besoins totaux de la vache | |
|----------------------------|--|
| MS | $1,4 \times ((650/100) + 2) - 1,5 = 10,4 \text{ kg}$ |
| VEM | $6,45 \times 650 + 1 265 + 1 500 = 6 958 \text{ VEM}$ |
| DVE | $650/10 + 54 + 177 = 296 \text{ g}$ |
| Calcium | $5 \times 650/100 + 15 = 47,5 \text{ g}$ |
| Phosphore | $3 \times 650/100 + 9 = 28,5 \text{ g}$ |
| Sodium | $2 \times 650/100 + 5 = 18 \text{ g}$ |
| Magnésium | $1,6 \times 650/100 + 5 = 15,4 \text{ g}$ |
| Cuivre | 8 – 10 ppm |
| Zinc | 50 – 75 ppm |
| Manganèse | 50 – 75 ppm |
| Vit A | $10 000 \times 650/100 + 100 000 = 165 000 \text{ UI}$ |
| Vit D | $1 000 \times 650/100 + 10 000 = 16 500 \text{ UI}$ |
| Vit E | $30 \times 650/100 + 0 = 195 \text{ UI}$ |

Etape n°2 : Evaluer les apports de la ration.

| Aliments | Quantités distribuées (kg) | Teneur en MS (%) | Apports en MS (kg) | Apports en VEM | Apports en DVE (g) | Apports en OEB (g) |
|------------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Ensilage d'herbe préfané n°1 | 5 | 45 | 2,25 | 1 985 | 140 | +68 |
| Ensilage de maïs | 7 | 32 | 2,24 | 1 994 | 110 | -43 |
| Paille de froment | 5 | 86 | 4,3 | 1 247 | 13 | -129 |
| Orge | 0,7 | 87,4 | 0,61 | 689 | 57 | -14 |
| Rebulet | 1 | 87 | 0,87 | 870 | 65 | +32 |

| | | | | |
|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
| TOTAL | 10,27 | 6 785 | 385 | -86 |
|--------------|--------------|--------------|------------|------------|

Etape n°3 : Comparer les apports de la ration et les besoins de l'animal.

| | Apports | Besoins | Déférence |
|----------------|----------------|-----------------------------------|-------------------------|
| MS (kg) | 10,27 | 10,4 | -0,13 |
| VEM | 6 785 | 6 958 | -173 |
| DVE (g) | 385 | 296 | +89 |
| OEB (g) | -86 | Devrait être idéalement < 200-300 | OEB légèrement trop bas |

Etape n°4 : Critique de la ration.

S'agit-il d'une ration correctement équilibrée ? Non, pas tout à fait. L'OEB de la ration est en effet légèrement négatif (-86 g) et il est associé à un excès de DVE (+89 g). Lorsque l'OEB est négatif, les micro-organismes du rumen ne disposent pas de suffisamment d'azote fermentescible par rapport à l'énergie présente pour optimiser la synthèse des protéines microbiennes. Par conséquent, la valeur de DVE obtenue via le calcul ci-dessus est surestimée. L'excès de DVE de cette ration doit donc être relativisé, puisqu'il est en réalité moindre qu'il n'y paraît. La ration est par ailleurs quasiment équilibrée d'un point de vue énergétique (déficit négligeable de 173 VEM).

A côté de l'équilibre azoté et énergétique de la ration, il convient de réaliser l'équilibre des minéraux et des vitamines. Nous présentons ci-dessous cette ultime étape du calcul de ration.

Etape n°5 : Equilibre des minéraux et des vitamines.

La démarche consiste à évaluer les apports en minéraux (macro-éléments et oligo-éléments) et vitamines de la ration actuelle et à les comparer aux besoins de l'animal. Les déficits sont ensuite comblés à l'aide d'un complexe (ou mélange) minéral vitaminé disponible dans le commerce.

Commençons par évaluer les apports de la ration. Pour ce faire, nous devons connaître les teneurs en minéraux et vitamines des différents aliments. Ces informations figurent en général sur les feuilles de résultats d'analyse des fourrages et/ou sur les étiquettes des aliments concentrés. Concernant les vitamines, les rations hivernales sont toujours largement déficitaires en vitamines A, D et E, étant donné les teneurs nulles ou extrêmement faibles des fourrages conservés (ensilages, paille,... à l'exception du foin qui contient de la vitamine A) et des concentrés. Nous partons donc du principe que les apports en vitamines sont nuls dans la ration présente, et que celles-ci devront être apportées intégralement par le complexe minéral vitaminé du commerce. Notons qu'un ruminant au pâturage (présence de fourrages verts et de soleil) n'a en général pas besoin d'une complémentation en vitamines liposolubles.

| Aliments | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------|------------------|--------|------|---------|
| | Ensilage d'herbe n°1 | Ensilage de maïs | Paille | Orge | Rebulet |
| Macro-éléments (g/kg MS) | | | | | |
| Calcium | 5,71 | 2,4 | 2 | 0,9 | 2,3 |

| | | | | | |
|----------------------------------|------|-----|-----|-----|------|
| Phosphore | 3,03 | 2,5 | 1 | 4 | 10,2 |
| Sodium | 0,74 | 0,3 | 0,1 | 0,5 | 0 |
| Magnésium | 2,23 | 1 | 1 | 1,2 | 4,3 |
| Oligo-éléments (mg/kg MS) | | | | | |
| Cuivre | 8 | 4 | 5 | 4 | 15 |
| Zinc | 45 | 32 | 10 | 24 | 100 |
| Manganèse | 106 | 30 | 36 | 18 | 125 |

Evaluons à présent les apports.

| Apports | Aliments | | | | | TOTAL |
|----------------------------|-------------------------|---------------------|--------|------|---------|--------------|
| | Ensilage d'herbe n°1 | Ensilage de maïs | Paille | Orge | Rebulet | |
| MS (kg) | 2,25 | 2,24 | 4,3 | 0,61 | 0,87 | 10,27 |
| Macro-éléments (g) | | | | | | |
| Calcium | 12,8 | 5,4 | 8,6 | 0,5 | 2 | 29,3 |
| Phosphore | 6,8 | 5,6 | 4,3 | 2,4 | 8,9 | 28 |
| Sodium | 1,7 | 0,7 | 0,4 | 0,3 | 0 | 3,1 |
| Magnésium | 5 | 2,2 | 4,3 | 0,7 | 3,7 | 15,9 |
| Oligo-éléments (mg) | | | | | | |
| Cuivre | 18 | 9 | 22 | 2 | 13 | 64 |
| Zinc | 101 | 72 | 43 | 15 | 87 | 318 |
| Manganèse | 239 | 67 | 155 | 11 | 109 | 581 |

Comparons ces apports avec les besoins de l'animal.

| Macro-éléments (g) | Apports | Besoins | Différence |
|-----------------------|-----------------|--|--|
| Calcium | 29,3 | 47,5 | -18,2 |
| Phosphore | 28 | 28,5 | -0,5 |
| Sodium | 3,1 | 18 | -14,9 |
| Magnésium | 15,9 | 15,4 | +0,5 |
| Vitamines | | | |
| Vitamine A | 0 | 165 000 | 165 000 |
| Vitamine D | 0 | 16 500 | 16 500 |
| Vitamine E | 0 | 195 | 195 |
| | | | |
| Oligo-éléments | Apports (mg) | Besoins (ppm ¹¹ ou mg/kg MS de ration) | Apports relatifs (mg/kg MS de ration) |

¹¹ Les besoins en oligo-éléments sont exprimés en termes de besoins relatifs, et font l'objet de recommandations à suivre quant à la teneur en oligo-éléments à atteindre dans la MS de la ration de l'animal. Les besoins en oligo-éléments sont donc exprimés en ppm ou en mg/kg de MS ingérée. Ainsi, les besoins en Cu d'une vache laitière de 650 kg produisant 25 L sont de 8 à 10 mg/kg de MS de ration ou 8 à 10 ppm.

| | | | |
|------------------|-----|---------|----------------|
| Cuivre | 64 | 8 – 10 | 64/10,27 = 6,2 |
| Zinc | 318 | 50 – 75 | 318/10,27 = 31 |
| Manganèse | 581 | 50 – 75 | 581/10,27 = 57 |

Nous pouvons constater qu'au niveau des macro-éléments, il existe des déficits en calcium et en sodium. Les besoins en phosphore sont quant à eux presque couverts, grâce à l'apport de rebulet dans la ration. Les besoins en magnésium sont couverts. Au niveau des oligo-éléments, les teneurs dans la ration sont insuffisantes pour le cuivre et le zinc. Il existe en outre des déficits en vitamine A, D et E.

Un complexe minéral vitaminé du commerce va être utilisé pour combler les différents déficits. Le choix s'opère en général en se basant sur le déficit en calcium et phosphore. Ainsi, dans le cas présent, puisque nous sommes face à un déficit en calcium beaucoup plus élevé que celui en phosphore (18,2 g versus 0,5 g), nous allons choisir un complexe minéral vitaminé contenant beaucoup plus de calcium que de phosphore. En se référant au tableau 19, nous voyons que le complexe minéral vitaminé le plus adéquat est le mélange minéral 140/60 (140 g de calcium/kg d'aliment et 60 g de phosphore/kg d'aliment). Il est intéressant de remarquer que d'après le fabricant, ce complexe est pourtant préconisé pour les vaches laitières hautes productrices. Ceci montre l'intérêt de réaliser une complémentation en minéraux et en vitamines sur base du calcul des apports de la ration, et non pas à l'aveugle selon les conseils du fabricant. A noter que le phosphore étant coûteux, l'utilisation d'un complexe minéral vitaminé pauvre en phosphore est dans ce cas-ci à rechercher d'un point de vue économique.

La quantité de complexe minéral vitaminé à administrer est calculée sur base du déficit en calcium : $(1 \text{ kg} \times 18,2 \text{ g})/140 \text{ g} = 0,13 \text{ kg}$, soit 130 g de complexe minéral vitaminé.

Les apports totaux dans les différents minéraux et vitamines sont ensuite recalculés et à nouveau comparés aux besoins :

| | Apports via les aliments | Apports via 130 g de complexe minéral vitaminé | Total des apports | Besoins | Déférence |
|----------------------------|---|---|------------------------------|----------------|------------------|
| Macro-éléments (g) | | | | | |
| Calcium | 29,3 | 18,2 | 47,5 | 47,5 | 0 |
| Phosphore | 28 | $0,13 \times 60 = 7,8$ | 35,8 | 28,5 | +7,3 |
| Sodium | 3,1 | $0,13 \times 90 = 11,7$ | 14,8 | 18 | -3,2 |
| Magnésium | 15,9 | $0,13 \times 45 = 5,9$ | 21,8 | 15,4 | +6,4 |
| Vitamines | | | | | |
| Vitamine A (UI) | 0 | $0,13 \times 1\ 000\ 000 = 130\ 000$ | 130 000 | 165 000 | -35 000 |
| Vitamine D (UI) | 0 | $0,13 \times 200\ 000 = 26\ 000$ | 26 000 | 16 500 | +9 500 |
| Vitamine E (mg) | 0 | $0,13 \times 3\ 500 = 455$ | 455 | 195 | +260 |
| | | | | | |

| Oligo-éléments | Apports via les aliments (mg) | Apports via 130 g de complexe minéral vitaminé (mg) | Total des apports (mg) | Besoins (ppm ou mg/kg MS de ration) | Apports relatifs (mg/kg MS de ration) |
|----------------|-------------------------------|---|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Cuivre | 64 | 78 | 142 | 8 – 10 | 142/10,27 = 13,8 |
| Zinc | 318 | 520 | 838 | 50 – 75 | 838/10,27 = 82 |
| Manganèse | 581 | 312 | 893 | 50 – 75 | 893/10,27 = 87 |

Comme pour l'équilibre azoté et l'équilibre énergétique, il faut constater que l'équilibre parfait, c'est-à-dire une différence nulle entre les besoins et les apports, est rarement atteint. Il subsiste en effet quasiment toujours soit un déficit, soit un excès au niveau de 1 ou plusieurs éléments.

L'équilibre ainsi réalisé est-il acceptable ? Oui.

- La ration comporte des excès en phosphore et en magnésium, que nous considérons comme acceptables. Pour le phosphore, la quantité totale administrée (35,8 g) est en effet inférieure à la quantité maximale généralement préconisée (50 g, ou une teneur comprise entre 0,3 et 0,4 % de la MS). Concernant le magnésium, l'absorption étant régulée en fonction des besoins, une grande tolérance existe par rapport aux excès présents dans la ration.
- Un léger déficit en sodium persiste, malgré la présence du complexe minéral vitaminé. Celui-ci sera comblé par la mise à disposition d'une pierre de sel ;
- Un déficit en vitamine A persiste également. Afin de ne pas entamer les réserves avant le début de la lactation, nous pouvons apporter de la vitamine A de synthèse, disponible dans le commerce, à 500 000 UI/g. La quantité à administrer sera de 0,5 g/semaine, soit 250 000 UI/semaine.
- Des excès en vitamines D et E sont présents, mais sont acceptables. Les seuils à partir desquels des excès sont néfastes pour l'animal se situent en effet à 10 000 et 2 000 UI/kg de MS de ration, respectivement. Et les excès enregistrés ici sont de $9\ 500\ UI/10,27\ kg\ MS = 925\ UI/kg\ MS$ pour la vitamine D, et de $260\ UI/10,27\ kg\ MS = 25\ UI/kg\ MS$ pour la vitamine E.
- Les excès de cuivre, de zinc et de manganèse ne sont quant à eux pas problématiques, étant donné que les apports relatifs de la ration sont très en deçà des seuils de toxicité de ces 3 oligo-éléments (30, 250 et 1 000 mg/kg de MS, respectivement).

PARTIE IV : LES INDICATEURS PRATIQUES POUR L'EVALUATION DES DESEQUILIBRES DE LA RATION

Aucune ration calculée ne correspond en pratique tout à fait à ce qu'une vache mange. Par conséquent, le point de départ de l'alimentation doit toujours être le calcul de ration, mais il doit être suivi par une évaluation sur le terrain. Une bonne gestion de troupeau implique donc d'observer régulièrement ses animaux et d'être réceptif aux signes émis par ceux-ci. Les données de production laitière sont également une source d'informations importante pour l'éleveur. L'objectif de ce chapitre est précisément de voir quels sont les signes émis par la vache qui indiquent un déséquilibre de la ration, mais aussi comment détecter, à partir des données de production laitière, un possible déséquilibre.

IV.1 Les indicateurs à observer

Quels sont les signes extérieurs de la vache qui indiquent une bonne gestion de l'alimentation ?

Certains signes extérieurs constituent des indicateurs importants d'une bonne ou d'une mauvaise efficience alimentaire. Repérer ces signes est donc important car cela peut permettre de corriger certaines fautes dans la conduite de l'alimentation de l'animal ou du troupeau.

IV.1.1 La note d'état corporel

La note (ou score) d'état corporel est une évaluation subjective de la quantité de gras sous-cutané de l'animal : elle diminue lorsque la vache ingère trop peu d'énergie et augmente lorsque la prise énergétique est trop importante. Il s'agit donc d'un indicateur permettant de piloter les apports énergétiques de la ration.

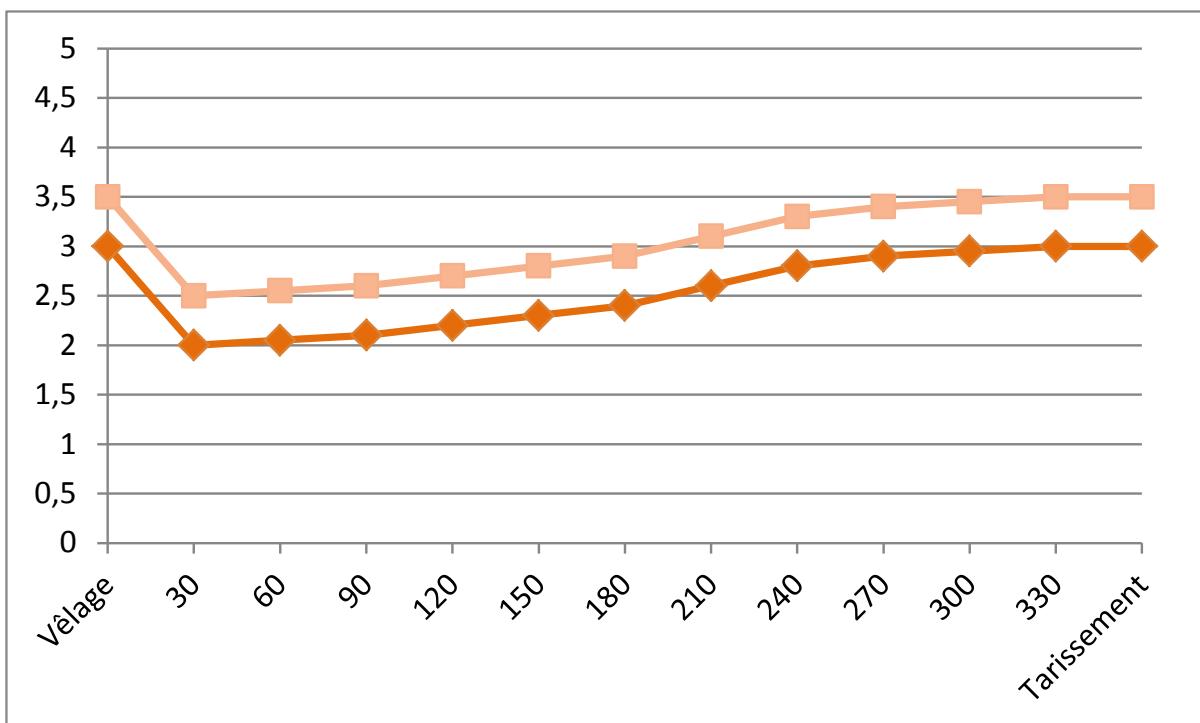
L'évaluation de l'état corporel est généralement réalisée en se plaçant derrière l'animal, côté droit. Il est cependant parfois nécessaire d'évaluer l'état corporel arrière et avant, et de faire une moyenne des 2 valeurs, les animaux ne mobilisant pas tous leurs réserves corporelles suivant le même ordre. L'état corporel est évalué sur une échelle de 5 points, 1 correspondant à un animal émacié, et 5, à un animal obèse (figure 17).

Figure 17 : Note d'état corporel (à partir de Gezondheidsdienst voor Dieren BV)



Au cours d'une lactation, l'état corporel varie (figure 18). Il chute en effet au cours des 2 voire des 3 premiers mois de lactation, avec une reprise lors de la 2^{ème} période de lactation. L'ampleur de la variation doit cependant rester dans certaines limites. On considère ainsi qu'une perte d'état corporel supérieure à 1 point est relativement inquiétante. Idéalement, la note d'état corporel de tout animal doit se situer entre les 2 courbes de la figure 18.

Figure 18 : Evolution de la note d'état corporel au cours de la lactation (à partir de Hulsen, 2010)

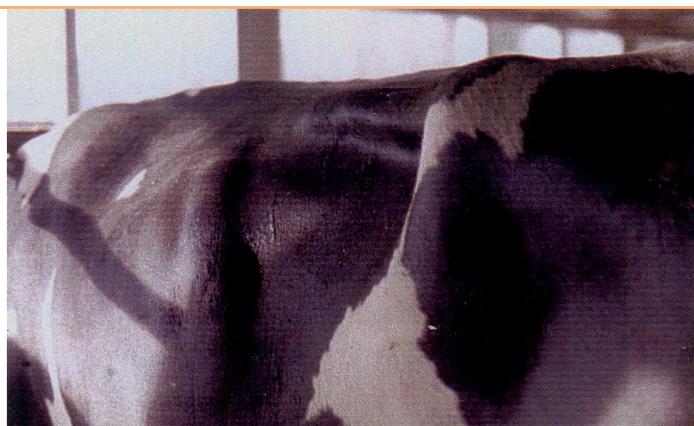


IV.1.2 Le score de remplissage du rumen

Une évaluation de l'état de remplissage du rumen, également appelé score de rumen, permet d'obtenir des informations d'une part sur la prise de nourriture de l'animal, et d'autre part, sur la digestion, et plus particulièrement, sur la vitesse de transit au cours des dernières heures.

La mesure s'effectue en se plaçant à l'arrière de l'animal, côté gauche. Le score de rumen est évalué sur une échelle de 1 à 5, 1 correspondant à un flanc gauche très creux, et 5, à un rumen bien plein avec une continuité entre le flanc et les côtes (figure 19).

Figure 19 : Scores de remplissage du rumen (A partir de Hulsen, 2010 d'après Zaaijer et Noordhuizen, 2003)



Score 1

Flanc gauche très creux. Le pli de peau sous la pointe de la hanche tombe verticalement.
La vache n'a pas mangé ou a peu mangé.



Score 2

Le pli de peau sous la pointe de la hanche tombe obliquement en avant vers les côtes.

C'est le signe d'une prise insuffisante de nourriture ou d'un transit alimentaire trop rapide.

Score fréquent chez les vaches ayant vêlé depuis < 1 semaine.



Score 3

Le pli de peau tombant de la pointe de la hanche n'est plus visible. Le creux du flanc reste présent derrière les côtes.

Note idéale pour les vaches en lactation avec une prise de nourriture suffisante et un bon transit.



Score 4

Le creux du flanc derrière les côtes a disparu.

Note souhaitée pour les vaches en fin de lactation/début de tarissement.



Score 5

Le rumen est bien rempli. Il n'y a plus rien pour arrêter le regard entre le flanc et les côtes.

Note idéale pour les vaches taries.

IV.1.3 La ruminat

Le temps de ruminat est un indicateur de la fibrosité de la ration. Il doit être au moins égal à environ 8 heures/jour. Concrètement, la méthode d'évaluation de la ruminat repose sur une observation du troupeau : au moins 50 % des vaches couchées dans des logettes doivent ruminer. Ce taux doit par ailleurs atteindre 90 % 2 heures après l'affouragement. Si on observe des valeurs inférieures, la ration manque alors de fibrosité.

IV.1.4 Les matières fécales

Les matières fécales sont le reflet de la digestion. Ainsi, inspecter l'apparence et la consistance de celles-ci permet de se faire une idée sur la qualité de la digestion. Deux méthodes d'évaluation existent, selon que l'on se place à l'échelle individuelle ou à l'échelle du troupeau.

A l'échelle individuelle, l'éleveur peut évaluer la fraction fécale non digérée. Cette méthode consiste à recueillir les matières fécales fraîches de l'animal et à réaliser une inspection visuelle et manuelle, visant à détecter la présence de restes non digérés. En principe, en effet, quasiment tous les éléments de la ration doivent avoir été digérés. La fraction fécale non digérée s'évalue sur une échelle de 1 à 5 (figure 20), 1 correspondant à des matières fécales dans laquelle aucun élément non digéré n'est visible, et 5, à des matières fécales au sein desquelles des éléments non digérés sont facilement reconnaissables.

Figure 20 : Fraction fécale non digérée (A partir de Hulsen, 2010 d'après Zaaijer et Noordhuizen, 2003)

| | |
|---|---|
|  | <p>Score 1 Matières fécales brillantes, avec une consistance homogène. Aucun élément non digéré n'est visible ou palpable. Score idéal pour les vaches en lactation et les vaches taries.</p> |
|  | <p>Score 2 Matières fécales brillantes, avec une consistance homogène. Quelques éléments non digérés sont visibles et palpables. Score acceptable pour les vaches en lactation et les vaches taries.</p> |

| | |
|--|---|
|  | Score 3 Matières fécales légèrement mates, avec une consistance hétérogène. Des fibres non digérées collent aux doigts. Score acceptable pour des génisses pleines et des vaches taries, mais inacceptable pour des vaches en lactation. |
|  | Score 4 Matières fécales mates, avec des éléments non digérés clairement visibles. Score inadéquat, nécessitant une révision de la ration. |
|  | Score 5 Matières fécales mates, avec des particules grossières facilement reconnaissables. Score inadéquat, nécessitant une révision de la ration. |

A l'échelle du troupeau, l'éleveur peut évaluer la consistance des matières fécales, c'est-à-dire le rapport entre la MS et l'eau (figure 21). Cette méthode repose simplement sur l'observation des matières fécales fraîches au niveau du caillebotis. Le piétinement des matières fécales avec des bottes permet d'affiner l'évaluation.

Figure 21 : Consistance des matières fécales (A partir de Hulsen, 2010 d'après Zaaijer et Noordhuizen, 2003)

| | |
|---|--|
|  | Score 1 Matières fécales très liquides, qui disparaissent aussitôt entre les lames du caillebotis ou qui s'étalent comme de l'eau. Il s'agit des matières fécales d'un animal très malade. |
|---|--|



Score 2

Matières fécales liquides, qui produisent des éclaboussures sur un sol dur et disparaissent entre les lames du caillebotis. Il s'agit des matières fécales d'une ration mal équilibrée ou issues d'un pâturage sur une prairie jeune et riche.



Score 3

Matières fécales plus épaisse, d'une hauteur de 2 à 3 cm, qui gardent leur forme. En les piétinant avec la botte, l'empreinte de la semelle ne reste pas. Ce sont les matières fécales idéales, indiquant que la ration est bien digérée.



Score 4

Matières fécales épaisse, d'une hauteur d'un doigt ou plus. Elles gardent leur forme et s'entassent en anneaux. En les piétinant avec la botte, l'empreinte reste bien marquée.
Ce sont les matières fécales d'une ration mal équilibrée (parfois acceptables chez les vaches taries et les génisses pleines).



Score 5

Matières fécales ressemblant aux crottins de cheval.
Ces matières fécales sont souvent observées chez les vaches taries et les génisses pleines, mais reflètent une ration déséquilibrée qui doit être revue.

IV.1.5 La production laitière

Le suivi de la production laitière individuelle ou par lot d'animaux (primipares *versus* pluripares ; ≤ 100 jours de lactation, entre > 100 jours et < 200 jours, ≥ 200 jours ; 1^{re}, 2^{ème} ou 3^{ème} lactation et plus) constitue une source précieuse d'informations pour évaluer la qualité de la ration alimentaire. Cet outil est malheureusement souvent peu utilisé, sauf si l'éleveur a recours au contrôle laitier.

IV.1.6 Le nombre de maladies métaboliques

Un taux d'incidence élevé pour certaines maladies doit amener l'éleveur à vérifier les rations des animaux. C'est notamment le cas pour la fièvre de lait (hypocalcémie puerpérale), l'acidose et l'acétonémie, 3 pathologies que nous détaillerons plus loin.

IV.2 Les indicateurs issus des données de la production laitière

L'urée du lait, le TB et le TP constituent des indicateurs de l'équilibre énergétique et azoté de la ration. Nous les explicitons ci-dessous, et dressons préalablement un tableau de synthèse, qui récapitule les différents scénarios pouvant se rencontrer dans le cadre d'une analyse du lait, sur base de ces 3 indicateurs (tableau 20).

Tableau 20 : Valeurs seuils des indicateurs issus des données de la production laitière (urée, TB et TP) et leur interprétation (adapté de Wolter, 1997)

| Indicateur | Valeur inférieure | Moyenne | Valeur supérieure |
|------------|---|------------------|---------------------|
| Urée | Carence en protéines | 150-300 mg/litre | Excès de protéines |
| TB | Excès de concentrés ; présentation hachée des fourrages | 3,5-4,2 % | Carence énergétique |
| TP | Carence énergétique ; carence en protéines ; carence en AA limitants (lysine, méthionine) | 3,1-3,4 % | Plafond génétique |

IV.2.1 L'urée du lait

Rappelons que l'urée est synthétisée dans le foie principalement à partir de l'ammoniac issu des fermentations des matières azotées dans le rumen et de l'excès des protéines digestibles dans l'intestin. L'urée passe dans le sang et est éliminée par les reins dans les urines, mais diffuse également dans le lait et dans les sécrétions génitales. Lorsqu'il y a un excès de protéines dégradables dans la ration, l'élévation des teneurs en urée dans le sang peut avoir un impact sur l'incidence des mammites et, selon certains auteurs, influencer négativement la fécondité.

Les teneurs en urée donnent une indication sur l'efficience de l'utilisation des protéines dégradables dans le rumen. On peut donc dire que le taux d'urée dans le lait est un indicateur de l'équilibre énergie/azote de la ration, dont la connaissance constitue un outil utile permettant de gérer l'alimentation.

Le dosage de l'urée dans le lait peut être facilement réalisé, soit au niveau du tank à lait pour une évaluation à l'échelle du troupeau, soit au niveau individuel dans le cadre du contrôle laitier. A l'échelle individuelle, il faut rester prudent quant à l'interprétation des valeurs obtenues : il existe en effet, à côté de l'effet du régime, une variabilité individuelle importante,

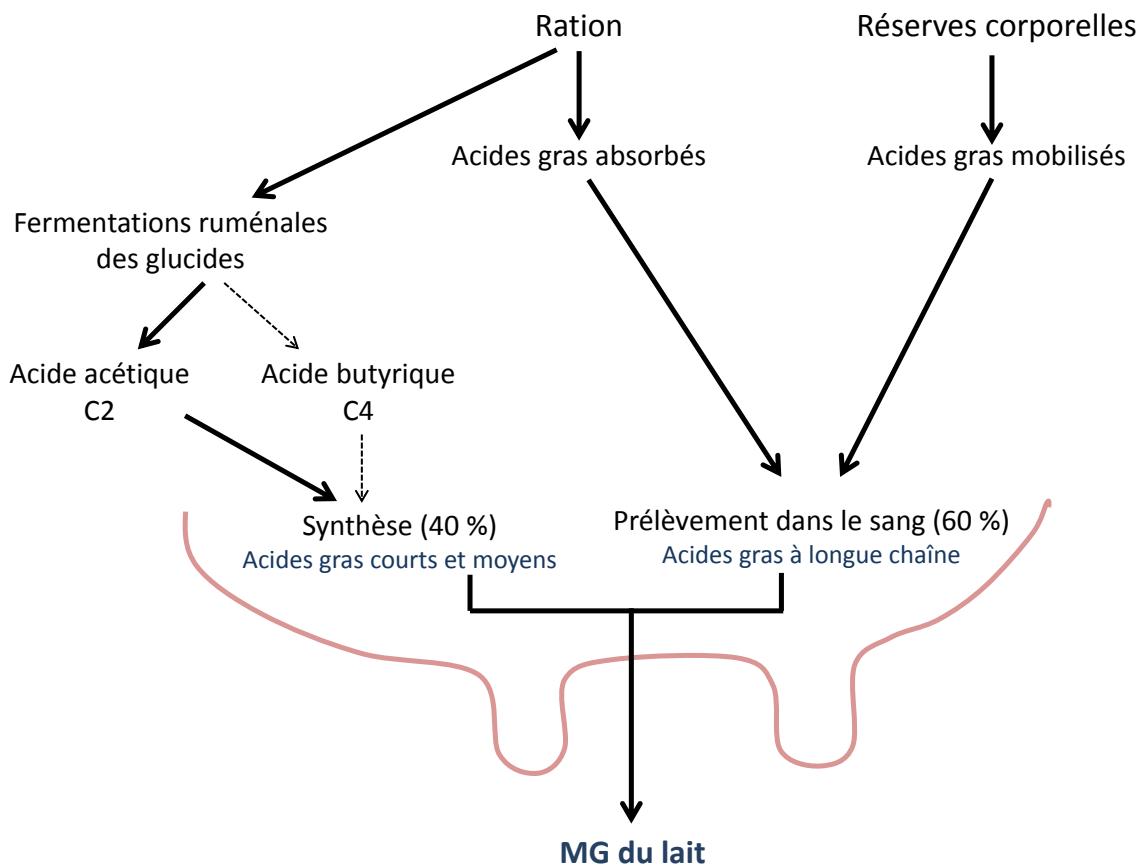
certaines vaches présentant systématiquement des taux d'urée plus faibles ou plus forts. Le taux d'urée dans le lait ne doit donc pas être considéré comme un outil de diagnostic, mais bien comme un indicateur, dont l'interprétation doit être contextualisée.

En général, on recherche un taux d'urée dans le lait se situant entre 150 et 300 mg/litre, les valeurs les plus hautes étant associées à des niveaux de production laitière plus élevé. Notons qu'on observe en Wallonie des disparités entre les régions agricoles : des teneurs plus élevées sont en effet observées dans les régions herbagères par rapport aux régions de grandes cultures. Ces variations s'expliquent principalement par la différence entre les rations distribuées aux animaux. Ainsi, une ration constituée en majeure partie d'herbe présente souvent un excès de protéines par rapport à l'énergie, ce qui entraîne une augmentation de la teneur en urée dans le lait. Similairement, la saison a une influence également, des teneurs plus élevées étant observées en période estivale. A nouveau, la différence de régime alimentaire entre la période de stabulation, en hiver, et la période de pâturage, en été, explique ces disparités. Enfin, la qualité de l'herbe, et en particulier les pourcentages de feuilles et de tiges, 2 facteurs qui sont influencés par le temps de pâturage, influencent également le taux d'urée du lait. Des concentrations plus élevées en urée sont ainsi observées lorsque le pourcentage de feuilles est plus important, et plus faibles lorsque le pourcentage de tiges est plus important. Par conséquent, le schéma de rotation des parcelles choisi est lui aussi un facteur de variation du taux d'urée du lait.

IV.2.2 Le taux butyreux

Rappelons que l'origine des MG du lait est double. Les acides gras ont en effet une origine intra-mammaire ou une origine extra-mammaire (figure 22).

Figure 22 : Schéma de la synthèse des MG du lait



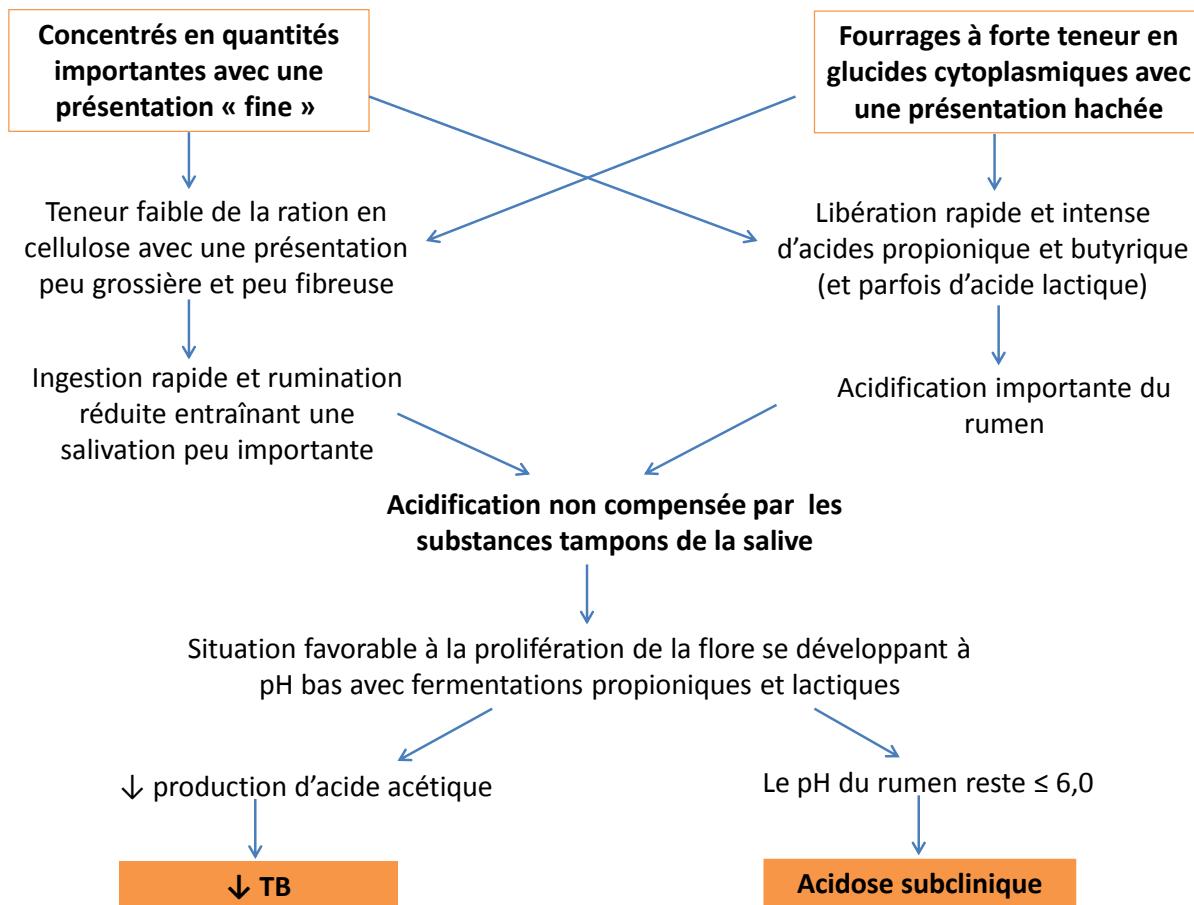
Le TB du lait varie en général chez une Holstein entre 3,5 et 4,2 %. Il peut être influencé par l'alimentation. Ainsi, la proportion de concentrés, la fibrosité de la ration, le niveau énergétique de la ration et le niveau d'apport des lipides alimentaires peuvent moduler le taux en MG.

Effet de la proportion de concentrés, de la fibrosité de la ration et du niveau énergétique de la ration

Tous les facteurs alimentaires qui conduisent à l'acidose ruménale — excès de concentrés et manque de fibrosité — sont responsable d'une chute du TB dans le lait (figure 23).

Figure 23 : Influence des concentrés et de la fibrosité de la ration sur le TB du lait¹² (à partir de Cauty et Perreau, 2003)

¹² Le niveau seuil de pH confirmant un état d'acidose subclinique dépend de la méthode de détermination du pH ruménal. Lors de prélèvement du jus de rumen par sonde oropharyngienne, le seuil est fixé à pH 6,0. Lors de ruminocentèse, ce seuil est fixé à 5,5.



Lors de l'administration d'une ration riche en fourrages, avec présence importante de cellulose, la proportion d'acide acétique dans le rumen est d'environ 70 %, et celle d'acide butyrique de 10 %. Si une ration riche en concentrés est distribuée, la proportion de cellulose dans la ration diminue au profit de l'amidon, et, ce faisant, on observe une diminution de la proportion d'acide acétique en faveur de l'acide propionique. L'acide acétique étant le principal précurseur pour la synthèse des acides gras dans la mamelle (figure 22), sa diminution dans le rumen entraîne une diminution de la synthèse d'acides gras dans la mamelle, et donc, une diminution du TB du lait. Dans cette situation, l'excès de concentrés entraîne donc une diminution de la fibrosité de la ration, *via* la proportion moindre de cellulose, et ceci a des répercussions sur le TB du lait.

L'administration de quantités importantes de concentrés influence également le TB du lait par une seconde voie. Une forte proportion de concentrés modifie en effet également la structure physique de la ration. La durée de mastication est ainsi réduite, ce qui entraîne une diminution de la production de salive. La salive jouant un rôle tampon par rapport aux acides du rumen, sa diminution est responsable d'une diminution du pH ruménal, qui elle-même, entraîne une diminution des fermentations acétiques au profit des fermentations propioniques. Ce faisant, la production d'acide acétique est diminuée, ainsi que la synthèse de MG dans la mamelle. Par cette seconde voie, l'excès de concentrés entraîne donc également une diminution de la fibrosité de la ration, *via* une structure physique de la ration plus fine, avec à nouveau des répercussions sur le TB du lait.

La finesse de hachage des fourrages a également un effet sur la fibrosité de la ration, et donc sur le risque d'acidose ruménale et le TB du lait. On conseille parfois aux éleveurs de hacher finement leurs fourrages — et notamment l'ensilage de maïs — afin d'accroître les ingestions. Ces conseils doivent être accueillis avec la plus grande prudence. En effet, d'une part, contrairement aux idées reçues, la finesse de hachage des fourrages n'accroît pas toujours les quantités ingérées. D'autre part, la réduction de la longueur des particules a des effets similaires à ceux observés avec l'accroissement de la teneur en amidon rapide : elle réduit le pH ruménal et favorise la chute du TB du lait. Les effets de la réduction de la longueur des particules s'expliquent par la réduction de la durée de mastication et donc de l'afflux de salive, mais aussi par l'accélération des fermentations, étant donné l'accroissement du rapport surface/masse des particules. Le tableau 21 présente précisément les recommandations en termes de finesse de hachage pour l'ensilage de maïs et l'ensilage d'herbe.

Tableau 21 : Proportions recommandées des différents types de fibres dans l'ensilage de maïs et l'ensilage d'herbe

| Aliment | % de fibres > 19 mm | % de fibres entre 19 et 8 mm | % de fibres entre 8 et 1,2 mm | % de fibres < 1,2 mm |
|---------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Ensilage de maïs | 5 - 15 | 45 - 65 | 30 - 40 | < 5 |
| Ensilage d'herbe | 15 - 25 | 35 - 45 | 25 - 40 | < 5 |

La longueur des fibres peut être évaluée via l'utilisation d'un séparateur de particules (figure 24), muni de 2 ou 3 tamis à mailles de diamètre décroissant : 19 mm, 8 mm et 1,2 mm.

Figure 24 : Séparateur de particules muni de 2 tamis



Dans ce contexte, pour éviter une chute du TB du lait, il faut idéalement veiller à respecter certaines consignes, présentées dans le tableau 22.

Tableau 22 : Règles d'or à respecter afin d'éviter une chute du TB du lait

1. Un rapport fourrages/concentrés supérieur à 60/40 (en % de la MS totale ingérée)

- 2. Une teneur en cellulose brute dans la ration supérieure à 18 % (dans la MS)**
- 3. Une teneur en fibres de type hémicellulose + cellulose + lignine (fibres « NDF »¹³) au moins égale à 30 % (dans la MS)**
- 4. Une distribution des concentrés de façon progressive et fractionnée, à fermentescibilité modérée. On recommande ainsi de limiter l'apport d'amidon à dégradation rapide (orge, avoine, blé,...) à moins de 25 % de la MS de la ration**
- 5. Une proportion suffisante de fibres longues (plus de 19 mm) au niveau des fourrages**

Une chute du TB du lait en-dessous de 3,2 % peut avoir différentes causes, dont l'acidose subclinique du rumen. Un diagnostic différentiel d'acidose devra donc toujours être envisagé lors de chute du TB.

A l'inverse, un TB dans le lait > 4,2 % est en général le signe d'un déficit énergétique de la ration alimentaire par rapport aux besoins de l'animal. C'est la situation fréquemment observée chez une vache en début de lactation, où l'intense mobilisation des réserves corporelles crée un afflux dans le sang d'acides gras longs, prélevés par la mamelle. Ce prélèvement accru a pour effet d'augmenter le TB du lait.

Remarquons que les rations riches en sucres solubles, comme par exemple celles contenant des betteraves, des pulpes ou de la mélasse, si elles ne sont pas distribuées en excès, favorisent la production ruménale d'acide butyrique, ce qui a pour effet d'augmenter le TB du lait (figure 22).

Effet du niveau des lipides alimentaires dans la ration

L'effet de l'incorporation de MG dans la ration sur le TB du lait est variable :

- Avec une ration alimentaire pauvre en MG, comme par exemple une ration à base d'ensilage d'herbe, une supplémentation entraîne une augmentation du TB, avec une proportion plus élevée d'acides gras à longue chaîne.
- Lorsque le taux de MG de la ration dépasse les 5 % de la MS totale, tout apport supplémentaire entraîne une diminution du TB.

On considère en général qu'une teneur en MG de 3 – 3,5 % de la MS dans la ration est optimale chez les bovins laitiers.

IV.2.3 Le taux protéique

Le TP du lait se situe en général entre 3,1 et 3,4 %. L'alimentation peut moduler ce taux. On considère qu'un taux < 3,1 % signe un déficit énergétique (manque d'amidon), accompagné éventuellement d'un déficit protéique.

Effet du niveau énergétique de la ration

Le TP du lait dépend essentiellement du niveau énergétique de la ration, un déficit énergétique se traduisant par un taux amoindri, en parallèle souvent avec une diminution de la production laitière. Par conséquent, la ration doit contenir suffisamment d'énergie pour permettre la protéosynthèse.

¹³ NDF : Neutral Detergent Fiber

Lors de déficit énergétique, comme par exemple en début de lactation chez les vaches laitières hautes productrices, les besoins en glucose de la vache n'étant pas couverts par la transformation du propionate disponible (issu, pour rappel, de la dégradation de l'amidon), les AA sont déviés vers la voie de la néoglucogenèse, au détriment de la protéosynthèse. Ce recours aux AA entraîne une diminution du TP du lait. Par conséquent, en début de lactation, il est primordial de veiller à un apport énergétique suffisant pour limiter le recours aux AA, mais il faut également bien sûr veiller à réaliser un apport en AA adéquat.

Par ailleurs, comme pour le TB du lait, des teneurs en MG dans la ration totale dépassant le seuil des 5 % de la MS sont également préjudiciables pour le TP du lait.

Effet de l'apport en protéines dans la ration et de leur nature

Il est important de comprendre qu'une ration excessive en protéines n'améliore pas le TP du lait, mais augmente le taux d'urée de celui-ci (*cf. supra*).

Certains AA, la méthionine et la lysine, sont considérés comme limitants chez la vache laitière : leur synthèse *via* les microorganismes du rumen ne couvre pas toujours les besoins de l'animal. Ainsi, les régimes couplant ensilage de maïs, tourteau de soja et céréales sont souvent associés à un déficit en méthionine, voire en lysine. Ces déficits sont susceptibles de provoquer une chute du TP du lait. Aussi, il est important de veiller à couvrir les besoins azotés de l'animal, mais aussi à couvrir ses besoins en AA limitants. Rappelons quelques aliments déficitaires en méthionine et en lysine : le maïs grain, le tourteau de lin déshuilé ou expeller, les drêches de brasserie et le lupin blanc extrudé. Le tourteau de soja expeller ou déshuilé, le lupin blanc, le pois, la féverole, le blé et la luzerne déshydratée sont quant à eux déficitaires en méthionine. Pour autant que les besoins azotés de l'animal soient couverts, le recours à des aliments mieux équilibrés en AA et/ou à des protéines *by-pass* permet d'éviter une chute du TP du lait. Ainsi, substituer le tourteau de soja par du tourteau de colza, mieux pourvu en méthionine, peut avoir un effet bénéfique sur le TP du lait.

PARTIE V : LES PRINCIPALES PATHOLOGIES D'ORIGINE NUTRITIONNELLE ET LEUR PREVENTION

V.1 La fièvre de lait

Des déséquilibres minéraux peuvent avoir des conséquences importantes chez la vache laitière. La fièvre de lait est un exemple assez illustratif.

La fièvre de lait, également appelée fièvre vitulaire ou hypocalcémie puerpérale, est une hypocalcémie clinique *peripartum*. En d'autres termes, il s'agit d'une chute importante, en tout début de lactation, de la concentration sanguine en calcium, qui entraîne l'apparition de signes cliniques chez l'animal. Elle résulte de l'incapacité de l'animal à mobiliser ses réserves de calcium pour faire face aux besoins accrus de la lactation.

En moyenne, la fièvre de lait touche 4 à 7 % des vaches laitières. Il est cependant important de comprendre que lorsque dans un troupeau, quelques cas de fièvre de lait sont recensés, cela signifie qu'une fraction importante des vaches du troupeau développe vraisemblablement une hypocalcémie subclinique lors du part, c'est-à-dire une hypocalcémie moins prononcée, qui n'est pas associée à des signes cliniques. Par conséquent, l'apparition de quelques cas de fièvre de lait dans un troupeau doit être considérée comme l'arbre qui

cache la forêt, et doit inciter l'éleveur à vérifier la ration alimentaire de ses vaches au tarissement.

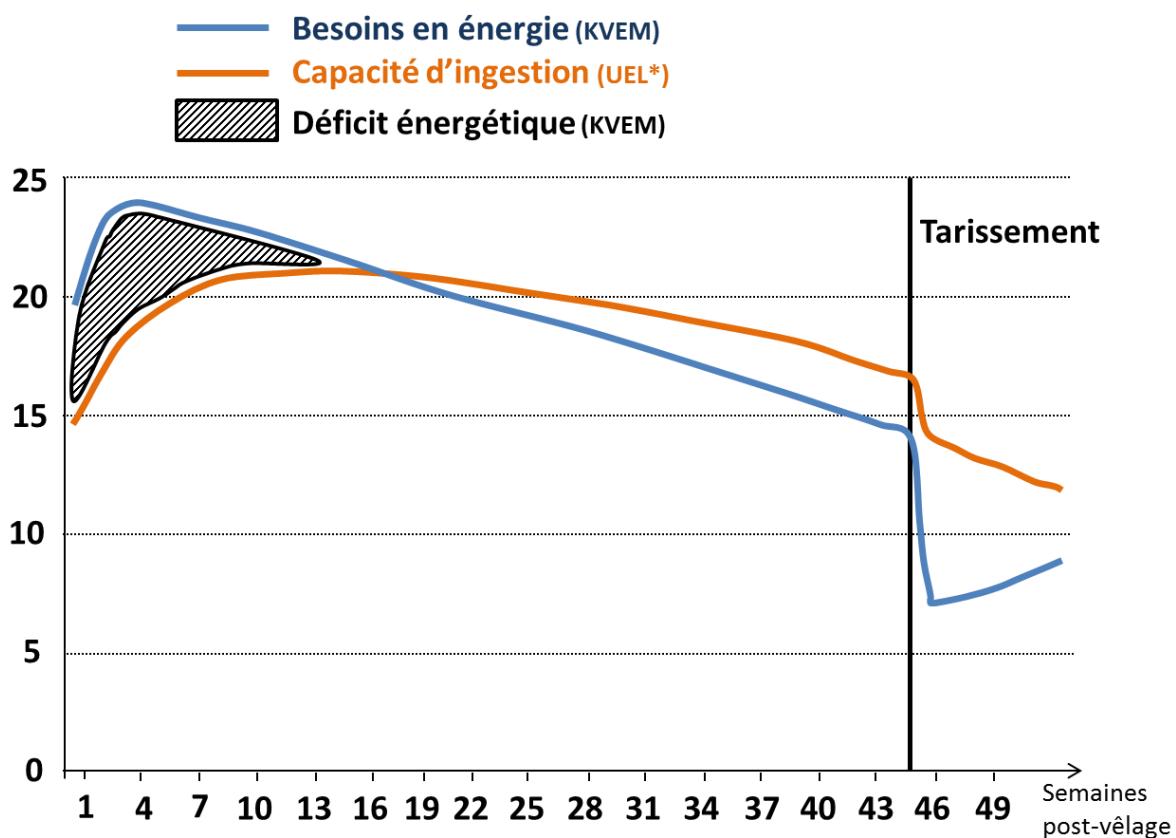
Lorsque la fièvre de lait apparaît chez des vaches taries en prairie, il convient de dresser un bilan des apports en fertilisants réalisés sur la(les) parcelle(s). Un excès de potassium dans l'herbe, et donc une ration avec une BACA positive, augmente en effet le risque de fièvre de lait.

Notons que la fièvre de lait a des conséquences importantes sur la santé animale et la reproduction. Elle est en effet souvent associée à des difficultés au vêlage, une rétention placentaire, une métrite, et un retard d'involution utérine. Indirectement, elle augmente également le risque de certaines pathologies, telles que les mammites et les déplacements de caillette.

V.2 L'acétonémie

En début de lactation, un certain déficit énergétique est inévitable, en raison d'une part de l'augmentation brutale et conséquente des besoins énergétiques de l'animal, et d'autre part, de sa capacité d'ingestion limitée (figure 25).

Figure 25 : Evolution des besoins énergétiques et de la capacité d'ingestion d'une vache laitière multipare produisant 9 500 kg de lait/an, en fonction de son stade physiologique (adapté de Brocard et al, 2010)



*UEL: Unité d'Encombrement Lait. Unité utilisée pour exprimer la capacité d'ingestion chez la vache en lactation, 1 UEL correspondant à la consommation de 1kg de MS du fourrage de référence (une herbe jeune au stade pâture)

Dans certains cas, ce déficit énergétique de début de lactation peut conduire au développement d'une acétonémie. Cette pathologie, que l'on appelle également cétose, touche principalement les vaches laitières à forte production.

Schématiquement, on peut résumer le mécanisme de l'acétonémie de la façon suivante : la lactation étant prioritaire sur le plan physiologique, l'animal mobilise ses réserves corporelles, c'est-à-dire ses graisses, pour combler le déficit énergétique. Un certain amaigrissement s'opère donc en début de lactation (figure 18). Si le déficit en énergie est fort important, par exemple lors de l'administration d'une ration très peu énergétique, la mobilisation est massive et entraîne la formation de corps cétoniques, des composés chimiques utilisés comme source d'énergie par la vache, mais qui sont toxiques pour l'animal lorsqu'ils sont produits en excès. L'acétonémie se caractérise donc par une accumulation de corps cétoniques dans le sang. Elle s'observe la plupart du temps entre la 3^{ème} et la 6^{ème} semaine après le vêlage, et les animaux atteints présentent une note d'état corporel plutôt faible.

L'acétonémie, lorsqu'elle est liée à une ration déficiente en énergie, est dite « primaire ». Elle peut également être « secondaire », lorsqu'elle est consécutive à une autre pathologie (fièvre de lait, mammite, métrite,...) entraînant une baisse des ingestions alimentaires de l'animal.

Notons enfin qu'il existe une forme particulière d'acétonémie, qui touche les vaches présentant un état d'embonpoint marqué en fin de gestation (note d'état corporel > 4, en général), et qui apparaît le plus souvent dans les 2 premières semaines après le vêlage. Chez ces vaches « grasses », la mobilisation des graisses corporelles est telle qu'elle provoque une surcharge graisseuse du foie.

V.3 L'acidose subaigüe du rumen

L'acidose subaigüe du rumen, également appelée acidose chronique, acidose latente, acidose subclinique du rumen ou *SARA* (acronyme issu de la terminologie anglaise, *Sub acute ruminal acidosis*), est une pathologie qui concerne préférentiellement les vaches laitières hautes productrices, c'est-à-dire les vaches ayant une production laitière moyenne > 9 000 litres en 305 jours.

Elle apparaît en général entre la mise bas et le pic de lactation, lorsque la ration est très riche en amidon et en sucres solubles. En début de lactation, la capacité d'ingestion est limitée, alors que les besoins sont en forte croissance (figure 25). Dans ce contexte, l'administration de quantités importantes de concentrés riches en énergie (tels que les céréales, qui contiennent une part importante d'amidon¹⁴⁾) peut conduire à l'acidose. L'augmentation de la quantité d'amidon dans la ration via les concentrés au détriment des fourrages a en effet pour conséquences une production rapide d'AGV et une production moindre de salive (dont nous avons évoqué antérieurement le rôle tampon) qui conduisent à une chute du pH ruménal, et donc à une augmentation du risque d'acidose.

Notons que ce risque est d'autant plus élevé en début de lactation que la transition entre une ration riche en fibres et peu énergétique de fin de gestation et une ration hautement énergétique de début de lactation aura été brutale. En effet, la production massive d'AGV dans le rumen peut être, dans une certaine mesure, contrebalancée par leur absorption par

¹⁴ Certaines variétés de céréales sont plus acidogènes que d'autres. Ceci est lié à leurs teneurs en amidon, qui peut varier d'une céréale à l'autre, mais aussi à la structure de l'amidon présent, qui influence fortement la vitesse de digestion de celui-ci.

la paroi ruménale. La capacité d'absorption des AGV est proportionnelle au nombre et à la longueur des papilles du rumen, et ces caractéristiques dépendent du régime alimentaire distribué pendant la période de tarissement : un régime riche en fibres et pauvre en énergie provoque une diminution du nombre et de la taille des papilles du rumen, et donc, une diminution de la capacité d'absorption de celui-ci. Après la réintroduction d'un régime riche en énergie, il faut compter 4 à 5 semaines pour que les papilles récupèrent un développement maximal. Une transition brutale ne laisse donc pas le temps aux papilles de s'adapter, et augmente de ce fait le risque d'acidose.

L'acidose subaigüe peut également survenir entre la 10^{ème} et la 14^{ème} semaine, lorsque la capacité d'ingestion est restaurée. Elle est alors la conséquence de l'administration de rations hautement énergétiques, riches en glucides facilement fermentescibles, ou d'erreurs de gestion alimentaire. A titre d'exemples, citons ainsi comme erreurs fréquentes : la distribution des concentrés avant celle des fourrages ; tout facteur favorisant des comportements de tri de la part des animaux ou des comportements de compétition entre les animaux (mise à disposition de fourrages de mauvaise qualité, manque de places à table et/ou rang hiérarchique des animaux) ; et tout facteur susceptible d'empêcher une rumination efficace, telle qu'une mauvaise qualité du logement (logettes en nombre insuffisant ou inconfortables).

Le diagnostic de l'acidose subaigüe est complexe. La mesure du pH ruménal est importante, mais doit toujours être mise en relation avec la présence de signes cliniques. Ainsi, des éléments tels que la note d'état corporel, le score de remplissage du rumen, le score de consistance des matières fécales, le score de fraction fécale non digérée, l'analyse de la ration (proportion fourrages/concentrés, longueur des fibres, ...), l'analyse de la fréquence de certaines pathologies dans le troupeau (boiteries, fourbures, déplacement de caillette,...) et l'analyse du TB du lait, notamment, permettent d'orienter le diagnostic.

REFERENCES

AGENCE WALLONNE DE L'ELEVAGE. Le pâturage court : du concentré d'herbe. Wallonie Elevages, 2012, n°6, pp 5-6.

ARVALIS – INSTITUT DU VEGETAL. Récolte et conservation de l'herbe. Comment ça marche ? [En ligne]. http://www.afpf-asso.fr/files/fichiers/Recolte_conservation_herbe.pdf. Consulté le 18/11/2013.

BECKERS Y. Les produits du maïs fourrage : comment les réfléchir dans les rations des bovins ? [En ligne]. Centre Indépendant de Promotion Fourragère, 2011 : <http://www.cipf.be/fr/files/maisration.pdf>. Consulté le 14/11/2013.

BECKERS Y. Les aspects nutritionnels de la betterave fourragère et son intégration dans les rations de ruminants [En ligne]. <http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/122663/1/Betteraves%20fourrag%C3%A8res.pdf>; Consulté le 06/01/2014.

BROCARD V, BRUNSCHWIG P, LEGARTO J, PACCARD P, ROUILLE B, BASTIEN D, LECLERC M-C. Guide pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier. L'Institut de l'élevage : Paris, 2010, 268 pages.

BRUNSCHWIG P, CHENAIS F, MOEL D'ARLEUX F. La complémentation azotée des régimes pour vaches laitières [En ligne]. Institut de l'élevage, 2000 : <http://idele.fr/domaines-techniques/produire-et-transformer-de-la-viande/alimentation/publication/idelesolr/recommends/la-complementation-azotee-des-regimes-pour-vaches-laitieres.html>. Consulté le 19/11/2013.

CARROUEE B. Les protéagineux : intérêt dans les systèmes de production fourrager français et européens. Fourrages, 2003, 174, 163-182.

CAUTY I, PERREAU JM. La conduite du troupeau laitier. Editions France Agricole, 2003, 288 p.

CENTRE INDEPENDANT DE PROMOTION FOURRAGERE. Valorisation du maïs fourrage. Comparaison de 5 types de récoltes [En ligne]. 2010. <http://www.cipf.be/fr/files/typesrecoltes.pdf>. Consulté le 18/11/2013.

CHENAIS F, LE GALL A, LEGARTO J, KEROUANTON J. Place du maïs et de la prairie dans les systèmes fourragers laitiers. I- L'ensilage de maïs dans le système d'alimentation. Fourrages, 1997, 150, 123-136.

CREMER S, KNODEN D. Influence du stade de développement des plantes sur la qualité des fourrages récoltés [En ligne]. Fourrages Mieux : www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/12_03_06_FT_Stade_de_fauche.pdf. Consulté le 22/05/2012.

CREMER S, KNODEN D, VANDER VENNET D, LAMBERT R. Qualité des ensilages d'herbe en 2011 en province de Luxembourg [En ligne]. Fourrages Mieux : http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/12_05_09_Qualite_des_fourrages_2011.pdf. Consulté le 12/11/2013.

DE BRABANDER D, DE BOEVER J. Valeur nutritive de sous-produits du bioéthanol [En ligne]. 2009. http://www.cra.wallonie.be/img/page/pubtech/proteine2009/Daniel_De_Brabander.pdf. Consulté le 20/11/2013.

DECROYENAERE V, BELGE C. Prairies pâturées. Les règles d'or pour une bonne conduite. Wallonie Elevages, 2006, n°3, pp 43-46.

DECRUYENAERE V, FROIDMONT E, SAIVE P, RONDIA P, BARTIAUX-THILL N, STILMANT D. Valorisation des co-produits de la pomme de terre en production animale [En ligne]. Journée d'étude Pomme de terre - CRA-W Gembloux, 23/11/2005. http://www.cra.wallonie.be/img/page/pubtech/pdt2005/CRA-W_pdt2005_decreyeneare.pdf. Consulté le 05/12/2013.

DEFRANCE P, DELABY L, SEURET JM. Mieux connaître la densité de l'herbe pour calculer la croissance, la biomasse d'une parcelle et le stock d'herbe disponible d'une exploitation. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, 2004, 11, 291-294.

DELABY L, POMIES D. Intérêt d'un apport de concentré ou de foin chez les vaches laitières au pâturage en zone de demi-montagne. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, 2004, 11, 300.

DELABY L, PEYRAUD JL, DELAGARDE R. Faut-il complémenter les vaches laitières au pâturage ? INRA Productions Animales, 2003, 16, 183-195.

DEPREZ B, PARMENTIER R, LAMBERT R, PEETERS A. Les prairies temporaires : une culture durable pour les exploitations mixtes de la Moyenne-Belgique [En ligne]. Les Dossiers de la Recherche agricole n°2. Ministère de la Région wallonne, 2007 : http://agriculture.wallonie.be/apps/spip_wolwin/IMG/pdf/dossierrecherche2.pdf. Consulté le 04/06/2012.

DUFFIELD T, PLAIZIER JC, FAIRFIELD A, BAGG R, VESSIE G, DICK P, WILSON J, ARAMINI J, MCBRIDE B. Comparison of techniques for measurement of rumen pH in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 2004, 87, 59-66.

DUFRASNE I, ISTASSE L, LAMBERT R, ROBAYE V, HORNICK JL. Etude des facteurs environnementaux influençant la teneur en urée dans le lait de vache en Wallonie. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 2010, 14, 59-66.

FEEDIPEDIA [En ligne]. 2012. <http://www.feedipedia.org/node/710>. Consulté le 06/01/2014.

FEED2GAIN [En ligne]. 2010. <http://www.feed2gain.com/french.htm>. Consulté le 20/11/2013.

FOURRAGES-MIEUX. La betterave fourragère chez vous ? [En ligne]. Après-midi d'étude du 03/12/2003 consacrée à la betterave fourragère organisée par le Centre Agricole « Fourrages-Mieux » à la ferme Expérimentale et pédagogique de Ath. http://agriculture.wallonie.be/apps/spip_wolwin/IMG/pdf/FasciculeBetteraveFouragere.pdf. Consulté le 07/06/2012.

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. Animal Research, 2003, 52, 543-551.

FROIDMONT E, CARTRYSSSE C, DECRUYENAERE V. Plus d'autonomie en protéines végétales. Les protéagineux : avantages et possibilités. Wallonie Elevages, 2006, n°5, 47-49.

GEZONDHEIDSDIENST VOOR DIEREN BV. Welzijnswijzer melkvee. Beoordelen en verbeteren in de praktijk. [En ligne]. <http://www.wageningenur.nl/nl/show/Welzijnswijzer-Melkvee.htm>. Consulté le 14/12/2013.

HULSEN J. Signes de vaches. Connaître, observer et interpréter. Roodbont Editions, 2010, 96 p.

INSTITUT DE L'ELEVAGE. Fiche n°9 – Coproduits de la betterave. Pulpe de betterave surpressée [En ligne]. Institut de l'Elevage, 2012 :

<http://idele.fr/recherche/publication/idelesolr/recommends/pulpes-de-betterave-surpressee.html>. Consulté le 14/11/2013.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeur des aliments. Tables Inra 2007, mise à jour 2010. Editions Quæ, 2010, 311 p.

KNODEN D. Les alternatives offertes par les légumineuses [En ligne]. Acte de la journée « Fourrages actualités » du 20/09/2007. http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/Les_alternatives_offertes_par_les_legu_mineuses.pdf. Consulté le 06/11/2013.

KNODEN D. Les cultures fourragères complémentaires : la luzerne, les céréales immatures et la betterave fourragère [En ligne]. Conférence du 26/11/2009. <http://agriculture.wallonie.be/BG/091216HCh2DKnodenCoul.pdf>. Consulté le 18/11/2013.

KNODEN D. Le séchage du foin en grange : principes de base [En ligne]. 2009. http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/Le_sechage_du_foin_en_grange.pdf. Consulté le 18/11/2013.

KNODEN D, CREMER S. La mise à l'herbe des animaux : une période à ne pas rater ! [En ligne]. 2008. http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/Mise_a_l_herbe_def_26_02_08.pdf. Consulté le 12/11/2013.

LEGRAND G. Le bon usage de la pulpe surpressée [En ligne]. 2005. Institut Royal Belge pour l'Amélioration de la Betterave. http://www.irbab-kbvb.be/fr/publications/overview/technical_guides/GuidePulpe.pdf. Consulté le 06/01/2014.

LESSIRE F. Le Protowanze®, une alternative économique aux tourteaux de soja et de colza dans l'alimentation des vaches laitières. Wallonie Elevages, 2012, 12, 36-39.

LESSIRE F, ROLLIN F. L'acidose subaigüe du rumen : une pathologie encore méconnue. Annales de Médecine Vétérinaire, sous presse.

LUXEN P, KNODEN D, STILMANT D, SEUTIN Y. Les céréales immatures : une source d'énergie alternative pour les ruminants dans les zones limitantes pour la culture de maïs [En ligne]. 2004. http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/Livre blanc_04.pdf. Consulté le 04/06/2012.

MOREL D'ARLEUX F, MARECHAL M, SAMSON R, DE MONTIGNY A, LEBRUN JM, RATIER F. Utilisation des pommes de terre par les vaches laitières. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, 1996, 3, 110.

MOREL D'ARLEUX F. Les coproduits de l'industrie de la pomme de terre : une solution intéressante pour l'alimentation des ruminants [En ligne]. 2001. <http://idele.fr/recherche/publication/idelesolr/recommends/les-coproduits-de-lindustrie-de-la-pomme-de-terre-une-solution-interessante-pour-lalimentation.html>. Consulté le 02/12/2013.

PEYRAUD JL. Le pâturage des vaches laitières : comment tirer parti d'un fourrage équilibré pour assurer de bonnes performances dans des systèmes autonomes en intrants [En ligne]. 2010. http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/documents/Peyraud_JL_AR.pdf. Consulté le 06/11/2013.

PEYRAUD JL, APPER-BOSSARD E. L'acidose latente chez la vache laitière. INRA Productions Animales, 2006, 19 (2), 79-92.

PEYRAUD JL, DELAGARDE R. Managing variatins in dairy cow nutrient supply under grazing. Animal, 2013, 7:s1, 57-67.

PONCET C, REMOND, LEPAGE E, DOREAU M. Comment mieux valoriser les protéagineux et oléagineux en alimentation des ruminants. Fourrages, 2003, 174, 205-229.

ROLLIN F. Recommandations pratiques pour les apports en minéraux et vitamines chez la vache laitière en tarissement et en début de lactation [En ligne]. <http://agriculture.wallonie.be/BG/1212115RollinMinerauxVitamines.pdf>. Consulté le 15/01/2014.

ROUILLE B. Utilisation des drêches de distillerie de blé dans l'alimentation des vaches laitières. Résultats d'expérimentation [En ligne]. Institut de l'Elevage, 2011 : <http://idele.fr/recherche/publication/idelesolr/recommends/utilisation-de-dreches-de-distillerie-de-ble-dans-lalimentation-des-vaches-laitieres.html>. Consulté le 19/11/2013.

SAUVANT D, GIGER-REVERDIN S, MESCHY F. Le contrôle de l'acidose ruminale latente. INRA Productions Animales, 2006, 19, 69-78.

STILMANT D, SEUTIN Y, KNODEN D, LUXEN P, NIHOUL Ph. Les céréales immatures, une source d'énergie alternative pour les ruminants dans des zones peu aptes à la culture du maïs. Les Livrets de l'Agriculture, 2005, n°10.

WOLTER R. Alimentation de la vache laitière. 3^{ème} édition. Editions France Agricole, 1997, 263 p.

ZAAIJER D, NOORDHUIZEN JPTM. A novel scoring system for monitoring the relationship between nutritional efficiency and fertility in dairy cows. Irish Veterinary Journal, 2003, 56, 145-151.

ANNEXE 1 : TABLEAU DE COMPOSITION DES ALIMENTS (DONNEES A TITRE INDICATIF)

| Nom Unités | MS % | MAT g/MS | Fibres g/MS | MG g/MS | Ca g/MS | P g/MS | Na g/MS | Mg g/MS | Cu ppm | Zn ppm | Mn ppm | VitA UI | SS | Am. | Pec. | (hémi-)cell | KVEM g/MS | DVE g/MS | OEB g/MS |
|---|---------|-------------|----------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----|-----|------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| I. Aliments grossiers humides | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>a. Aliments en vert</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>Prairies</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Herbe 1er cycle tallage | 16 | 210 | 215 | 30 | 7,5 | 4,5 | 2,0 | 2 | 6 | 36 | 148 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,980 | 100 | 41 |
| Herbe 1er cycle début épiaison | 17 | 149 | 272 | 30 | 6,5 | 3,5 | 2,0 | 2 | 6 | 36 | 148 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,860 | 81 | 8 |
| Herbe 1er cycle floraison | 19 | 92 | 335 | 30 | 5,5 | 3,0 | 2,0 | 2 | 7 | 31 | 89 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,680 | 57 | -14 |
| Herbe 2eme cycle | 20 | 170 | 272 | 30 | 7,5 | 3,5 | 2,0 | 2 | 6 | 26 | 108 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,810 | 84 | 23 |
| Herbe 3eme cycle | 17 | 179 | 248 | 30 | 6,5 | 4,0 | 2,0 | 2 | 6 | 26 | 107 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,850 | 87 | 28 |
| <u>Graminées</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ray-gras anglais début épiaison | 16 | 142 | 239 | 30 | 5,5 | 3,5 | 2,4 | 2 | 4 | 20 | 74 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,910 | 84 | -3 |
| Fléole | 19 | 92 | 346 | 30 | 3,5 | 2,5 | 1,4 | 1 | 4 | 25 | 60 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,750 | 63 | -23 |
| Dactyle | 16 | 159 | 256 | 30 | 3,0 | 2,5 | 1,1 | 2 | 6 | 23 | 105 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,840 | 82 | 16 |
| Fétuque élevée | 20 | 129 | 269 | 30 | 3,5 | 3,0 | 1,0 | 2 | 5 | 21 | 78 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,740 | 70 | 5 |
| Brome | 18 | 127 | 278 | 30 | 4,5 | 4,5 | 1,5 | 2 | 7 | 23 | 40 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,860 | 77 | -8 |
| Seigle | 14 | 140 | 270 | 30 | 4,5 | 3,5 | 0,3 | 2 | 7 | 22 | 87 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,840 | 79 | 2 |
| Maïs | 18 | 99 | 227 | 30 | 5,5 | 3,5 | 0,3 | 2 | 4 | 32 | 30 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,840 | 72 | -27 |
| <u>Légumineuses</u> | | | | | | | | | | | | | | | | 0,000 | | | |
| Luzerne | 18 | 193 | 299 | 30 | 16,5 | 3,0 | 2,0 | 2 | 8 | 25 | 36 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,750 | 81 | 48 |
| Trèfle violet | 14 | 180 | 232 | 30 | 13,0 | 3,0 | 1,7 | 3 | 9 | 29 | 35 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,860 | 87 | 30 |
| Trèfle blanc | 11 | 229 | 214 | 30 | 13,0 | 2,5 | 1,7 | 3 | 9 | 30 | 31 | 150000 | ++ | 0 | 0 | + | 1,000 | 103 | 55 |
| <u>Racines-tubercules</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Betterave sucrière | 26 | 38 | 58 | 14 | 2,0 | 1,5 | 2,0 | 2 | 6 | 17 | 17 | 0 | +++ | 0 | +++ | 0 | 0,940 | 63 | -80 |
| Betterave fourragère | 15 | 67 | 73 | 14 | 2,0 | 1,5 | 3,6 | 2 | 8 | 25 | 30 | 0 | +++ | 0 | +++ | 0 | 0,890 | 69 | -61 |
| Pommes de terre | 21 | 119 | 26 | 4 | 0,5 | 2,0 | 1,0 | 1 | 7 | 13 | 6 | 0 | - | +++ | 0 | 1,160 | 49 | 19 | |
| <i>b. autres aliments humides dérivés</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Drêches de brasserie | 22 | 269 | 150 | 86 | 3,3 | 5,7 | 1,7 | 1 | 23 | 96 | 41 | 0 | - | 0 | 0 | + | 0,810 | 99 | 106 |

Annexe 1 : Tableau de composition des aliments (données à titre indicatif)

| Nom Unités | MS % | MAT g/MS | Fibres g/MS | MG g/MS | Ca g/MS | P g/MS | Na g/MS | Mg g/MS | Cu ppm | Zn ppm | Mn ppm | VitA UI | SS | Am. | Pec. | (hémi-)cell | KVEM g/MS | DVE g/MS | OEB g/MS |
|---|---------|-------------|----------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|----|-----|------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| <u>II. Aliments grossiers secs</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>a. foins</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Foin prairie permanente 1er cycle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| épiaison | 85 | 122 | 310 | 30 | 6,4 | 3,1 | 1,3 | 2 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,700 | 74 | -11 |
| Foin prairie permanente regain | 85 | 144 | 295 | 30 | 8,0 | 3,5 | 1,8 | 3 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,770 | 81 | 3 |
| Foin de dactyle | 85 | 93 | 341 | 30 | 3,0 | 2,5 | 1,6 | 2 | 15 | 18 | 160 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,630 | 59 | -17 |
| Foin de luzerne | 85 | 163 | 385 | 30 | 15,3 | 2,4 | 1,5 | 2 | 7 | 25 | 29 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,600 | 76 | 27 |
| Foin de trèfle | 85 | 166 | 296 | 30 | 12,3 | 2,4 | 1,0 | 3 | 7 | 21 | 63 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,640 | 91 | 19 |
| Foin de prairie excellent | 86 | 180 | 230 | 35 | 5,6 | 3,4 | 1,9 | 1 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,880 | 94 | 9 |
| Foin de prairie très bon | 86 | 160 | 260 | 35 | 4,7 | 3,2 | 1,8 | 1 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,820 | 83 | 0 |
| Foin de prairie bon | 86 | 140 | 290 | 35 | 4,7 | 3,2 | 1,8 | 1 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,760 | 72 | -8 |
| Foin de prairie satisfaisant | 86 | 120 | 320 | 35 | 4,7 | 3,2 | 1,8 | 1 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,700 | 60 | -16 |
| Foin de prairie médiocre | 86 | 100 | 350 | 35 | 4,7 | 3,2 | 1,8 | 1 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,640 | 48 | -23 |
| Foin de regain excellent | 86 | 180 | 220 | 35 | 6,3 | 4,0 | 2,1 | 2 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,880 | 100 | 2 |
| Foin de regain très bon | 86 | 160 | 250 | 35 | 6,3 | 4,0 | 2,1 | 2 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,820 | 88 | -6 |
| Foin de regain bon | 86 | 140 | 280 | 35 | 6,3 | 4,0 | 2,1 | 2 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,760 | 76 | -14 |
| Foin de regain satisfaisant | 86 | 120 | 310 | 35 | 6,3 | 4,0 | 2,1 | 2 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,700 | 64 | -20 |
| Foin de regain médiocre | 86 | 100 | 340 | 35 | 6,3 | 4,0 | 2,1 | 2 | 5 | 29 | 158 | 20000 | ++ | 0 | 0 | ++ | 0,630 | 51 | -26 |
| <i>b. Pailles</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Paille froment | 86 | 41 | 420 | 17 | 2,0 | 1,0 | 0,1 | 1 | 5 | 10 | 36 | 0 | - | 0 | 0 | ++++ | 0,290 | 3 | -30 |
| <i>c. autres</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,000 | | |
| Luzerne déshydratée | 91 | 176 | 330 | 33 | 17,0 | 2,5 | 1,2 | 2 | 9 | 65 | 67 | 80000 | ++ | 0 | 0 | + | 0,670 | 81 | 25 |
| <u>III. Aliments grossiers ensilés</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>a. ensilages d'herbe</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ensilage d'herbe correctement préfané | 40 | 200 | 320 | 40 | 6,5 | 3,5 | 1,9 | 2 | 8 | 37 | 103 | 0 | 0 | 0 | 0 | ++ | 0,900 | 73 | 56 |
| Ensilage d'herbe peu préfané | 30 | 200 | 320 | 40 | 6,5 | 3,0 | 1,9 | 2 | 8 | 45 | 106 | 0 | 0 | 0 | 0 | ++ | 0,910 | 67 | 69 |
| Ensilage d'herbe non préfané | 20 | 200 | 320 | 40 | 6,5 | 3,0 | 1,8 | 2 | 9 | 34 | 108 | 0 | 0 | 0 | 0 | ++ | 0,910 | 60 | 71 |
| Ensilage herbe préfané excellent | 45 | 223 | 220 | 40 | 6,2 | 4,1 | 2,7 | 2 | 8 | 37 | 103 | 0 | 0 | 0 | 0 | ++ | 0,880 | 80 | 71 |
| Ensilage herbe préfané très bon | 45 | 209 | 240 | 40 | 6,2 | 4,1 | 2,7 | 2 | 8 | 37 | 103 | 0 | 0 | 0 | 0 | ++ | 0,810 | 71 | 65 |
| Ensilage herbe préfané bon | 45 | 192 | 260 | 40 | 6,2 | 4,1 | 2,7 | 2 | 8 | 45 | 106 | 0 | 0 | 0 | 0 | ++ | 0,750 | 62 | 57 |
| Ensilage herbe préfané satisfaisant | 45 | 175 | 280 | 40 | 6,2 | 4,1 | 2,7 | 2 | 9 | 34 | 108 | 0 | 0 | 0 | 0 | ++ | 0,680 | 53 | 48 |
| Ensilage herbe préfané médiocre | 45 | 159 | 300 | 40 | 6,2 | 4,1 | 2,7 | 2 | 9 | 34 | 108 | 0 | 0 | 0 | 0 | ++ | 0,630 | 44 | 41 |

Annexe 1 : Tableau de composition des aliments (**données à titre indicatif**)

| Nom Unités | MS % | MAT g/MS | Fibres g/MS | MG g/MS | Ca g/MS | P g/MS | Na g/MS | Mg g/MS | Cu ppm | Zn ppm | Mn ppm | VitA UI | SS | Am. | Pec. | (hémi-)cell | KVEM | DVE g/MS | OEB g/MS |
|--|---------|-------------|----------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------|------|------|-------------|-------|-------------|-------------|
| <u>b. ensilage de maïs</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| plante entière | 32 | 87 | 250 | 51 | 2,4 | 2,5 | 0,3 | 1 | 4 | 32 | 30 | 0 | 0 | +++ | 0 | ++ | 0,890 | 49 | -19 |
| <u>c. ensilages de dérivés de betterave</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ensilage de pulpes humide de betteraves | 12 | 105 | 202 | 31 | 8,4 | 0,9 | 0,9 | 2 | 5 | 21 | 57 | 0 | 0 | 0 | +++ | 0 | 0,920 | 101 | -66 |
| Ensilage de pulpes surpressées | 21 | 108 | 206 | 12 | 8,9 | 0,9 | 1,0 | 2 | 15 | 15 | 76 | 0 | 0 | 0 | +++ | +++ | 1,010 | 100 | -65 |
| IV. Aliments concentrés moins riches en protéines: céréales, dérivés de céréales et de betteraves | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>a. céréales</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Froment | 88 | 123 | 28 | 18 | 0,7 | 3,7 | 0,5 | 1 | 4 | 33 | 34 | 0 | 0 | ++++ | 0 | - | 1,170 | 102 | -28 |
| Epeautre | 88 | 130 | 180 | 16 | 0,8 | 4,0 | 0,6 | 2 | 7 | 80 | 40 | 0 | 0 | ++++ | 0 | + | 0,940 | 86 | -12 |
| Seigle | 87 | 111 | 29 | 20 | 0,7 | 4,4 | 0,3 | 1 | 5 | 30 | 50 | 0 | 0 | ++++ | 0 | - | 1,150 | 83 | -26 |
| Orge-escourgeon | 87 | 124 | 54 | 21 | 0,9 | 4,0 | 0,5 | 1 | 4 | 24 | 18 | 0 | 0 | ++++ | 0 | - | 1,130 | 94 | -23 |
| Triticale | 87 | 141 | 33 | 17 | 0,5 | 4,6 | 0,2 | 1 | 5 | 50 | 53 | 0 | 0 | ++++ | 0 | - | 1,170 | 95 | -8 |
| Maïs | 87 | 105 | 27 | 46 | 0,3 | 3,5 | 0,6 | 1 | 2 | 21 | 11 | 0 | 0 | ++++ | 0 | - | 1,230 | 98 | -30 |
| Avoine | 89 | 107 | 115 | 48 | 0,9 | 3,8 | 0,7 | 2 | 4 | 26 | 38 | 0 | 0 | ++++ | 0 | + | 0,970 | 58 | -7 |
| <u>b. co-produits de céréales</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rebulet | 87 | 178 | 78 | 51 | 2,3 | 10,2 | 0,0 | 4 | 15 | 100 | 125 | 0 | 0 | ++ | (+) | + | 1,000 | 75 | 37 |
| Germes de blé | 88 | 299 | 26 | 91 | 0,9 | 13,8 | 2,5 | 4 | 11 | 70 | 180 | 0 | 0 | ++ | 0 | - | 1,230 | 109 | 127 |
| Son de blé | 87 | 174 | 122 | 43 | 1,2 | 12,3 | 0,1 | 4 | 15 | 90 | 128 | 0 | 0 | + | (+) | + | 0,860 | 71 | 37 |
| Gluten feed | 89 | 215 | 91 | 37 | 1,6 | 8,0 | 4,0 | 4 | 5 | 62 | 98 | 0 | 0 | - | 0 | - | 1,030 | 110 | 48 |
| <u>c. co-produits de betterave et de canne</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pulpes séchées | 90 | 103 | 206 | 10 | 12,0 | 1,2 | 1,1 | 2 | 8 | 17 | 66 | 0 | ++ | 0 | ++++ | +++ | 0,960 | 111 | -67 |
| Mélasse de betteraves | 75 | 113 | 1 | 1 | 3,5 | 0,3 | 8,0 | 1 | 14 | 31 | 9 | 0 | ++++ | 0 | 0 | 0 | 0,910 | 66 | -5 |
| V. Aliments concentrés riches en protéines | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>a. oléagineux et protéagineux</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lin | 92 | 230 | 77 | 379 | 2,4 | 6,9 | 0,9 | 4 | 25 | 55 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1,420 | 70 | 116 |
| Colza | 92 | 218 | 68 | 457 | 3,3 | 5,3 | 0,5 | 3 | 12 | 55 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1,670 | 19 | 140 |
| Soja | 87 | 408 | 74 | 213 | 2,8 | 6,4 | 0,8 | 3 | 17 | 45 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1,190 | 184 | 161 |
| Féverole | 86 | 294 | 90 | 16 | 1,3 | 7,0 | 0,3 | 2 | 14 | 44 | 13 | 0 | 0 | + | - | - | 1,130 | 103 | 138 |
| Pois protéagineux | 91 | 277 | 61 | 34 | 0,9 | 4,6 | 1,1 | 1 | 7 | 37 | 8 | 0 | + | - | - | - | 1,130 | 120 | 94 |
| Lupin | 91 | 339 | 159 | 59 | 2,7 | 4,3 | 0,6 | 2 | 4 | 27 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 1,225 | 140 | 149 |

Annexe 1 : Tableau de composition des aliments (**données à titre indicatif**)

| Nom Unités | MS % | MAT g/MS | Fibres g/MS | MG g/MS | Ca g/MS | P g/MS | Na g/MS | Mg g/MS | Cu ppm | Zn ppm | Mn ppm | VitA UI | SS | Am. | Pec. | (hémi-)cell | KVEM g/MS | DVE g/MS | OEB g/MS |
|---|---------|-------------|----------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----|-----|------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| <i>b. co-produits d'oléagineuses</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tourteau de lin | 90 | 337 | 105 | 83 | 4,7 | 9,4 | 1,1 | 5 | 21 | 73 | 59 | 0 | 0 | 0 | (+) | - | 0,990 | 166 | 108 |
| Tourteau de colza | 88 | 393 | 129 | 26 | 8,4 | 12,4 | 0,4 | 5 | 12 | 55 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0,920 | 149 | 164 |
| Tourteau de soja | 88 | 501 | 88 | 26 | 3,7 | 7,0 | 1,0 | 3 | 17 | 55 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 1,130 | 261 | 195 |
| Tourteau de tournesol | 89 | 395 | 228 | 21 | 3,1 | 10,3 | 0,8 | 7 | 29 | 90 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0,790 | 134 | 200 |
| Tourteau de cocotier | 87 | 133 | 138 | 18 | 1,7 | 6,1 | 0,8 | 3 | 28 | 45 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0,800 | 118 | -17 |
| <i>V. Concentrés de commerce</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| concentré 14 % | 90 | 155 | 111 | 33 | 8,3 | 5,5 | 2,5 | 3 | 25 | 100 | 80 | 11000 | ++ | | + | 1,070 | 98 | 10 | |
| concentré 15 % | 90 | 167 | 111 | 33 | 8,3 | 5,5 | 2,5 | 3 | 25 | 100 | 80 | 11000 | ++ | | + | 1,070 | 109 | 15 | |
| concentré 25 % | 90 | 278 | 111 | 33 | 8,3 | 5,5 | 2,5 | 3 | 25 | 100 | 80 | 11000 | ++ | | + | 1,070 | 156 | 78 | |
| concentré 30 % | 90 | 333 | 111 | 33 | 8,3 | 5,5 | 2,5 | 3 | 25 | 100 | 80 | 11000 | ++ | | + | 1,070 | 182 | 122 | |
| <i>VI. Minéraux</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sel | 100 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 400,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | 0,000 | 0 | 0 | |
| Minéral 16/8 | 100 | 0 | 0 | 0 | 160,0 | 80,0 | 45,0 | 40 | 500 | 4000 | 3000 | 500000 | | | | 0,000 | 0 | 0 | |
| Minéral 8/16 | 100 | 0 | 0 | 0 | 80,0 | 160,0 | 45,0 | 40 | 500 | 4000 | 3000 | 500000 | | | | 0,000 | 0 | 0 | |
| Minéral 15/15 | 100 | 0 | 0 | 0 | 150,0 | 150,0 | 45,0 | 40 | 500 | 4000 | 3000 | 500000 | | | | 0,000 | 0 | 0 | |
| <i>VII. Vitamines</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vitamine A de synthèse | 100 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 x 10 ⁸ | | | | 0,000 | 0 | 0 | |

LIENS UTILES

- **Service de Nutrition des Animaux Domestiques, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Liège**, Boulevard de Colonster 20, B43, 4000 Liège

Personnes de contact : Dr Isabelle Dufrasne (04/366.23.73 ; isabelle.dufrasne@ulg.ac.be) et Dr Louis Istasse (04/366.41.39 ; listasse@ulg.ac.be)

Compétences : Suivi d'alimentation et des performances dans les exploitations ; résolution de problèmes de santé liés à l'alimentation ; expertise en valorisation des pâturages pour les vaches laitières (y compris avec traite robotisée) et allaitantes

- **Fourrages Mieux ASBL**, Rue du Carmel 1, 6900 Marloie

Site internet : www.fourragesmieux.be

Personne de contact : David Knoden (061/210.833 ; 0473/53.64.95 ; knoden@fourragesmieux.be)

Compétences : Conseils en production fourragère des semis à la récolte (prairies, céréales immatures, betteraves fourragères) ; recommandation des variétés et des mélanges de graminées et de légumineuses ; visites en ferme.

- **Centre Wallon de Recherches Agronomiques, Département ‘Productions et Filières’**,

Rue de Liroux 8, 5030 Gembloux

Eric Froidmont (081/62.67.74 ; froidmont@cra.wallonie.be),

Compétences : Alimentation et croissance du jeune bétail laitier, Autonomie protéique des élevages, Alimentation des bovins laitiers et émissions de gaz à effet de serre, Alimentation et qualité nutritionnelle du lait

Amélie Turlot (081/62.69.97 ; turlot@cra.wallonie.be)

Compétences : Coût de l'alimentation selon le mode de production, Temps de travail

Virginie Decruyenaere (decruyenaere@cra.wallonie.be)

Compétences : Valeur nutritionnelle des fourrages

- **Ingénierie des productions animales et nutrition, Département des Sciences agronomiques, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège**, 2, Passage des Déportés, B- 5030 Gembloux

Personne de contact : Dr. Ir. Yves Beckers (+32 (0)81 62 21 19 ; yves.beckers@ulg.ac.be)

Compétences : Alimentation et nutrition des ruminants, systèmes de productions animales, élevage - environnement