

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET

INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES



Mémoire de fin d'études  
en vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire

***THEME :***

***Etude bibliographique sur  
l'alimentation chez la vache laitière***

**Présenté par :**

- ***Mérabet Abderrahmeine***
- ***Zeggai Ilies***

**Eencadré par :**

- ***Dr. Saim Mohammed Said***

***Année universitaire : 2017 – 2018***

## Remerciements



*Nous tenons à remercier tout d'abord  
de nous avoir offert tout ce que nous possédons.*

*Nous tenons à remercier notre promoteur : **Dr saim mohammed said***

*Qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail.*

*En travaillant à vos côtés, nous avons eu le privilège d'apprécier  
votre haute compétence, votre humanisme, votre  
exemple riche d'enseignement, votre grande  
disponibilité et votre patience.*

*il nous ait également indispensable de remercier tous  
ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce  
présent mémoire, et de remercier les enseignants qui ont  
contribué à mener à bien notre formation.*

*Abderrahmeine ET Ilies*

# Dédicace

*A mes parents*

*Qui m'ont toujours soutenues dans mes études surtout dans les moments difficiles.*

*Pour leur amour, leur confiance et pour les valeurs qu'ils m'ont transmises.*

*A ma mère*

*Pour sa gentillesse et son dévouement inébranlable,*

*A mon père*

*Pour son incroyable capacité à relativiser*

*A mes frères*

*Pour être toujours là pour moi, pour le courage et pour la sincérité.*

*A Mes Sœur*

*Pour être toujours là pour moi, pour leurs soins de moi.*

*A mon encadreur*

*Pour son relecture attentive, pour les corrections et les conseils précieux qu'il a apporté à ce mémoire.*

*Un immense remerciement A tout mes amis sidou moustafa sofiane ali imad abdenour et surtout mastapha caméramen Pour leurs encouragements tout au long de mes études.*

*A ma fiancée sebatti amina pour être toujours là pour moi*

*A tout la promotion 5<sup>ème</sup> ADV (2017/2018).*

MERABET ABDERRAHMEINE

# Dédicace

*A mes parents*

*Qui m'ont toujours soutenues dans mes études surtout dans les moments difficiles.*

*Pour leur amour, leur confiance et pour les valeurs qu'ils m'ont transmises.*

*A ma mère*

*Pour sa gentillesse et son dévouement inébranlable,*

*A mon père*

*Pour son incroyable capacité à relativiser*

*A mes frères*

*Pour être toujours là pour moi, pour le courage et pour la sincérité.*

*A Mes Sœur*

*Pour être toujours là pour moi, pour leurs soins de moi.*

*A mon encadreur*

*Pour son relecture attentive, pour les corrections et les conseils précieux qu'il a apporté à ce mémoire.*

*Un immense remerciement A tout mes amis Pour leurs encouragements tout au long de mes études.*

*A tout la promotion 5<sup>ème</sup> ADV (2017/2018).*

*ILIES ZEGGAI*

## **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**

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

« pré estomacs » (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.

## **I.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<sub>3</sub>). 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) .

### **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 précurseurs 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 (néoglucogénèse) est assurée principalement à partir de l'acide propionique, provenant des fermentations liées à l'amidon. Lorsque la ration est trop peu énergétique, la néoglucogénèse 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 (Unités 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.

$$\text{DVE} = \text{protéines alimentaires non dégradées dans les pré estomacs} + \text{protéines microbiennes} - \text{protéines endogènes des matières fécales}^1$$

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.

$$\text{OEB} = \text{protéines microbiennes permises par l'azote} - \text{protéines microbiennes permises par l'énergie}$$

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.
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, iode, 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<sup>ème</sup> ou 9<sup>ème</sup> 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 <sup>ème</sup> ou 9 <sup>ème</sup> mois)
<b>Paramètres</b>			
<b>MS (kg)</b>	1,4 x (poids/100 + 2)	1,4 x ((poids/100) + 2) + <b>0,37 x L*</b>	1,4 x ((poids/100) + 2) - <b>1,5</b>
<b>VEM</b>	6,45 x poids + 1 265	<b>Si production ≤ 15 kg :</b> 6,45 x poids + 1 265 + <b>442 x FCL** x L</b> <b>Si production &gt; 15 kg :</b> <b>(6,45 x poids + 1 265 + 442 x FCL x L) x [1 + 0,00165 x ((FCL x L) - 15)]</b>  <b>Si gestation au 6<sup>ème</sup> mois : + 450</b> <b>Si gestation au 7<sup>ème</sup> mois : + 850</b>	6,45 x poids + 1 265 <b>8<sup>ème</sup> mois : + 1 500</b>  <b>9<sup>ème</sup> mois : + 2 700</b> <b>(Idéalement, 1 à 2 semaines avant le vêlage : + 4 000)</b>
<b>DVE (g)</b>	Poids/10 + 54	Poids/10 + 54 + <b>1,396 x MP*** + 0,000195 x MP<sup>2</sup></b> <b>Si gestation au 6<sup>ème</sup> mois : + 62</b> <b>Si gestation au 7<sup>ème</sup> mois : + 107</b>	Poids/10 + 54 <b>8<sup>ème</sup> mois : + 177</b> <b>9<sup>ème</sup> mois : + 278</b>
<b>Macro-éléments (g)</b>			
<b>Calcium</b>	5 x poids/100	5 x poids/100 + <b>3 x L</b>	5 x poids/100 + <b>15</b>
<b>Phosphore</b>	3 x poids/100	3 x poids/100 + <b>2 x L</b>	3 x poids/100 + <b>9</b>
<b>Sodium</b>	2 x poids/100	2 x poids/100 + <b>L</b>	2 x poids/100 + <b>5</b>
<b>Magnésium</b>	1,6 x poids/100	1,6 x poids/100 + <b>0,5 x L</b>	1,6 x poids/100 + <b>5</b>
<b>Oligo-éléments (ppm)</b>			
<b>Cuivre</b>		8 – 10	
<b>Zinc</b>		50 – 75	
<b>Manganèse</b>		50 – 75	
<b>Vitamines (UI)</b>			

<b>A</b>	10 000 x poids/100	10 000 x poids/100 + <b>1 000 x L</b>	10 000 x poids/100 + <b>100 000</b>
<b>D</b>	1 000 x poids/100	1 000 x poids/100 + <b>100 x L</b>	1 000 x poids/100 + <b>10 000</b>
<b>E</b>	30 x poids/100	30 x poids/100 + <b>3 x L</b>	30 x poids/100 + <b>0</b>

\*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)

## **PARTIE II : LES ALIMENTS ET LEUR UTILISATION EN PRODUCTION LAITIÈRE**

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 sur pressées, 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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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 prairial, dont les graminées. Une prairie associant légumineuses et graminées nécessitera donc moins d'engrais azoté qu'une prairie de graminées pures<sup>2</sup>. 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 **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.

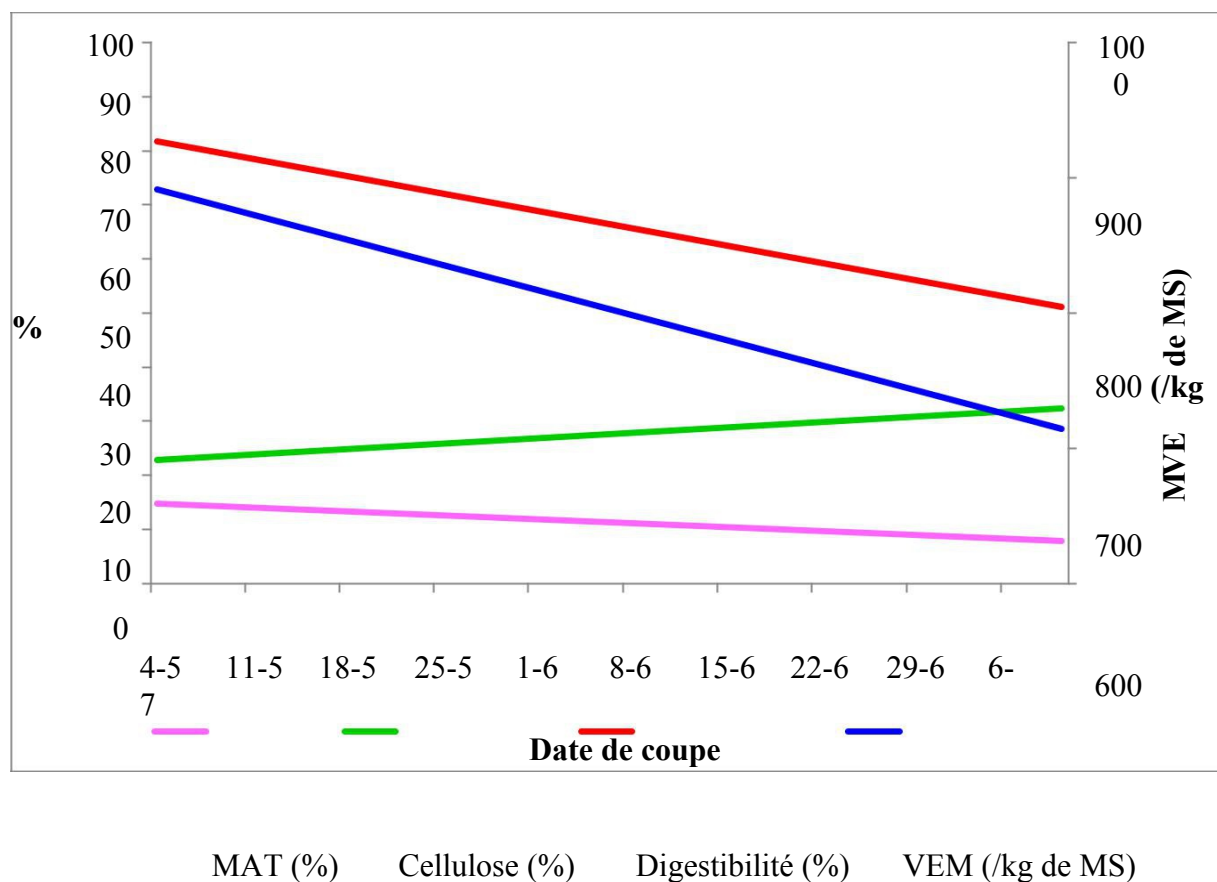
On distingue 7 stades de végétation : la feuille, le tallage, la montaison, l'épiaison, la floraison, le stockage et la maturation (tableau 2). La durée entre le départ en végétation et le stade début épiaison est appelée *souplesse d'exploitation*. Plus elle sera longue, plus il sera possible d'exploiter une herbe feuillue et donc de faire pâturer la 1<sup>re</sup> 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**

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

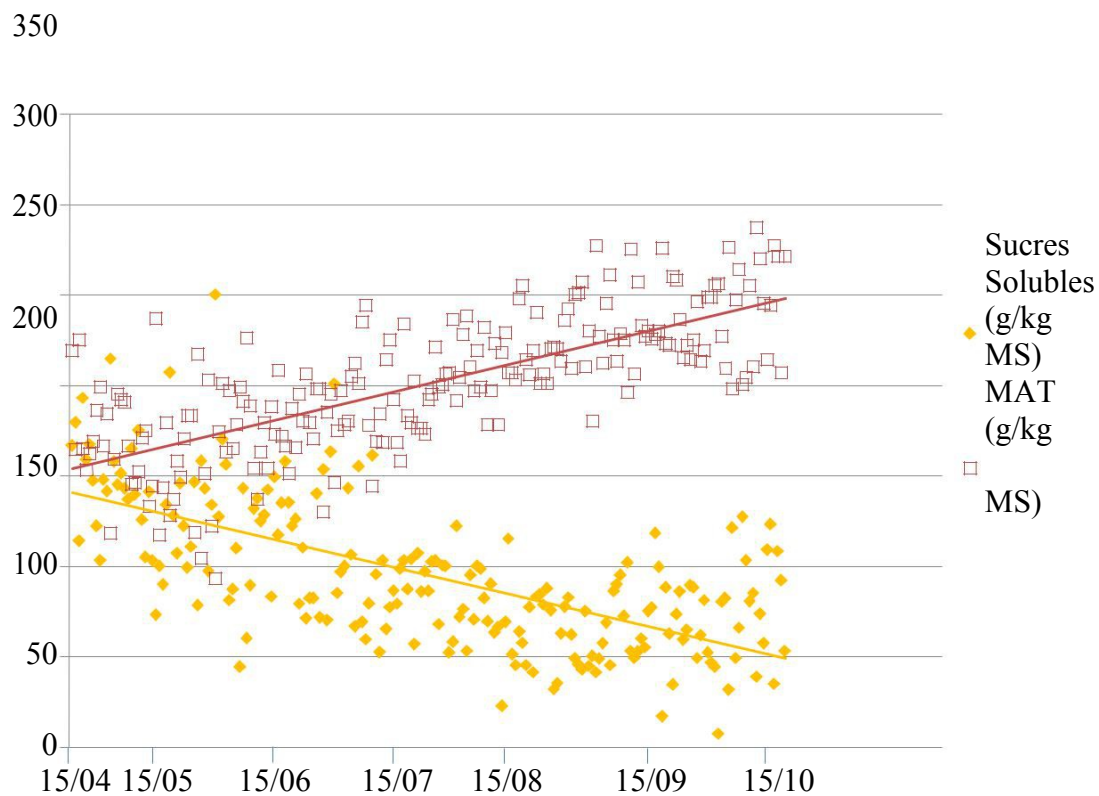
Enfin, précisons que chaque cycle de végétation induit une herbe de qualité différente. Chez les graminées, les espèces remontantes (ray-grass d'Italie, ray-grass anglais) donnent, lors des repousses, de nouveaux épis. A l'inverse, les espèces non remontantes (dactyle, fétuque élevée) ne donnent que des repousses feuillues. La date de 2<sup>e</sup> 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.

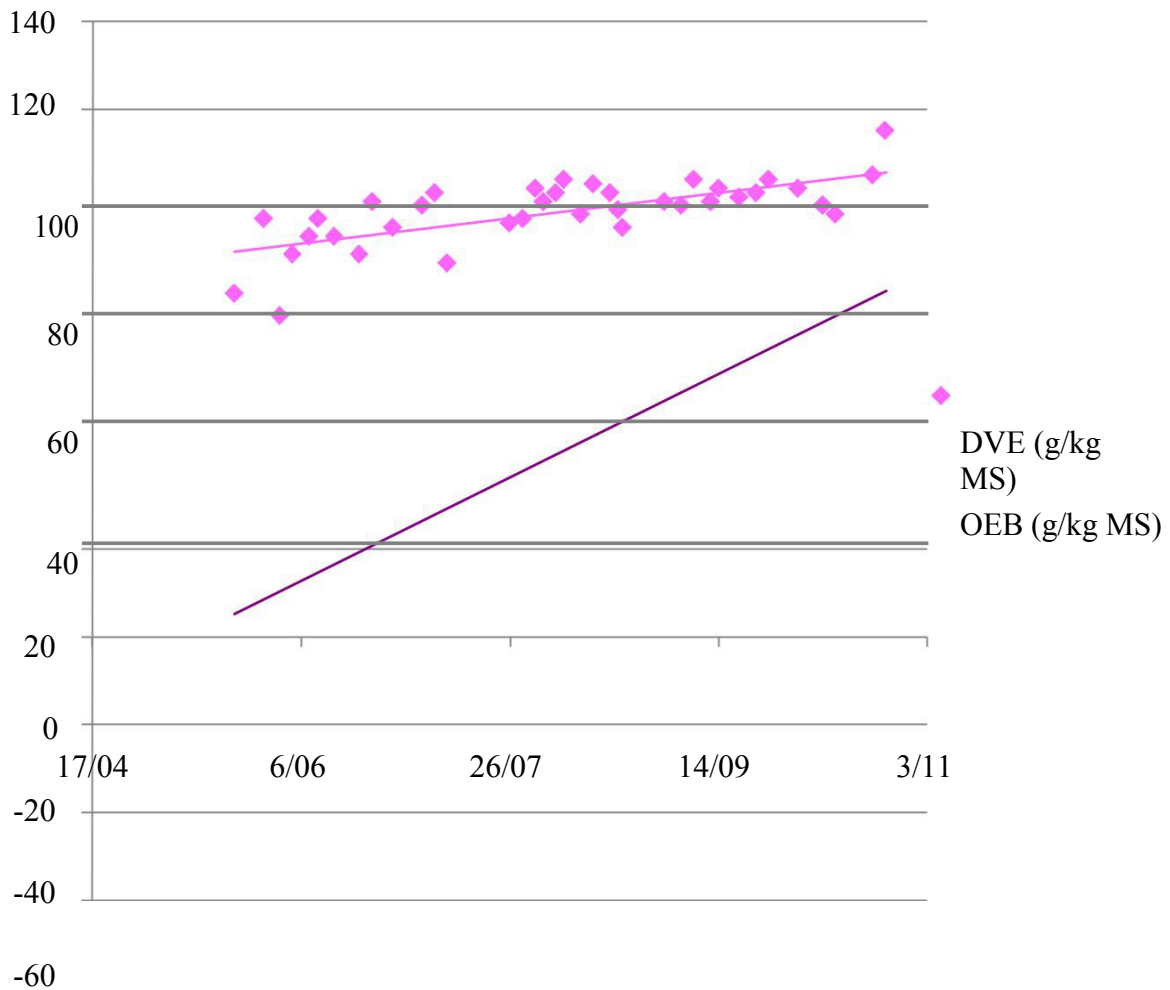
**Figure 4 : Herbomètre Jenquip®**



**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)**

<b>Teneur en MS (%)</b>	15 – 20
<b>Teneur en énergie (VEM/kg de MS)</b>	Au moins 850
<b>Teneur en protéines (g de DVE/kg de MS)</b>	Au moins 80
<b>Teneur en minéraux (g/kg de MS)</b>	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 azotée<sup>3</sup>**
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 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 supplémentasson 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 ?

**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 pâturable 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  $\pm 20$  L), les besoins sont de  $80 \times 17 \text{ kg} = 1\,360 \text{ kg}$ .

L'éleveur dispose donc de  $12\,500/1\,360$ , soit  $\pm 9$  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 anaérobique<sup>4</sup> 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 surpressées) 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
<b>Silo taupinière</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terre souvent introduite par les roues du tracteur</li> <li>- Difficultés de tasser le fourrage sur les côtés</li> </ul>
<b>Silo tranchée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Offre de meilleures possibilités de tassement du fourrage</li> <li>- Tassement régulier et consciencieux nécessaire pour obtenir un ensilage de bonne qualité</li> <li>- Si silo rempli en plusieurs fois, différentes qualités superposées <sup>◇</sup> les animaux en self-service peuvent faire leur choix</li> </ul>
<b>Balle ronde ou carrée enrubannée</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonne qualité</li> <li>- Fermentations variables entre les différentes balles</li> <li>- Fragile <sup>◇</sup> difficultés de garder les ballots hermétiques (rongeurs)</li> </ul>

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
<b>Odeur</b>	Agréable (acidulée, aromatique)	Désagréable, odeur d'acide butyrique, d'ammoniac, odeur de renfermé ou de moisi
<b>Couleur</b>	Similaire au fourrage initial, légèrement plus brunâtre	Différente du fourrage initial, jaunâtre
<b>Structure identique au fourrage ensilé</b>	Oui	Non
<b>Hygiène</b>	Propre et exempt de moisissures	Souillé, moisi
<b>Température</b>	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 par contre pratiquement 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 aisé 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	
	Teneurs	Apports	Teneurs	Apports
	60 %	25 x 0,6 = <b>15 kg</b>	30 %	25 x 0,3 = <b>7,5 kg</b>
Cellulose	185 g/kg MS	15 x 185 = <b>2 775 g</b>	185 g/kg MS	7,5 x 185 = <b>1 388 g</b>
Energie	70 g/kg MS	15 x 70 = <b>1 050 g</b>	70 g/kg MS	7,5 x 70 = <b>525 g</b>
Production laitière permise	252 g/kg MS	15 x 252 = <b>3 780 g</b>	252 g/kg MS	7,5 x 252 = <b>1 890 g</b>
	905 VEM/kg MS	15 x 905 = <b>13 575 VEM</b>	905 VEM/kg MS	7,5 x 905 = <b>6 788 VEM</b>
		<b>± 18,5 litres*</b>		<b>± 3 litres</b>
<p>*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.</p>				

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	
<b>MS</b>	<b>Teneurs</b> 45 %	<b>Apports</b> 25 x 0,45 = <b>11,25 kg</b>	<b>Teneurs</b> 45 %	<b>Apports</b> 25 x 0,45 = <b>11,25 kg</b>
<b>MAT</b>	223 g/kg MS	11,25 x 223 = <b>2 509 g</b>	159 g/kg MS	11,25 x 159 = <b>1 789 g</b>
<b>DVE</b>	84 g/kg MS	11,25 x 84 = <b>945 g</b>	44 g/kg MS	11,25 x 44 = <b>495 g</b>
<b>Cellulose</b>	220 g/kg MS	11,25 x 220 = <b>2 475 g</b>	300 g/kg MS	11,25 x 300 = <b>3 375 g</b>
<b>Energie</b>	880 VEM/kg MS	11,25 x 880 = <b>9 900 VEM</b>	630 VEM/kg MS	11,25 x 630 = <b>7 088 VEM</b>
<b>Production laitière permise</b>	± 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<sup>re</sup> 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 tassement 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 tassement 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 efficacité 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)**

	<b>Plante entière (coupe à hauteur normale)</b>	<b>Epi broyé</b>	<b>Grain humide</b>
<b>Rendement en MS (t/ha)</b>	18*	12	10
<b>MS (%)</b>	35	55	62
<b>Amidon (g/kg MS)</b>	350	550	750
<b>VEM (/kg MS)</b>	949	1154	1272
<b>DVE (g/kg MS)</b>	46	66	82
<b>OEB (g/kg MS)</b>	-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 tassement 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 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 complément 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 tassement aisé, 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*).

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
<b>MS (%)</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	32
<b>VEM (/kg MS)</b>	920	1 010	890
<b>DVE (g/kg MS)</b>	101	100	49
<b>OEB (g/kg MS)</b>	-66	-65	-19
<b>Calcium (g/kg MS)</b>	<b>8,4</b>	<b>8,9</b>	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	747 à 902
DVE (g/kg MS)	60 à 80	29 à 46	46 à 80
OEB (g/kg MS)	- 60 à - 30	- 28 à 9	8 à 98

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<sup>er</sup> 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<sup>er</sup> cycle au stade tallage.**

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

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<sup>er</sup> cycle au stade tallage.

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 profané 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<sup>re</sup> 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<sup>ème</sup> et/ou 3<sup>ème</sup> 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

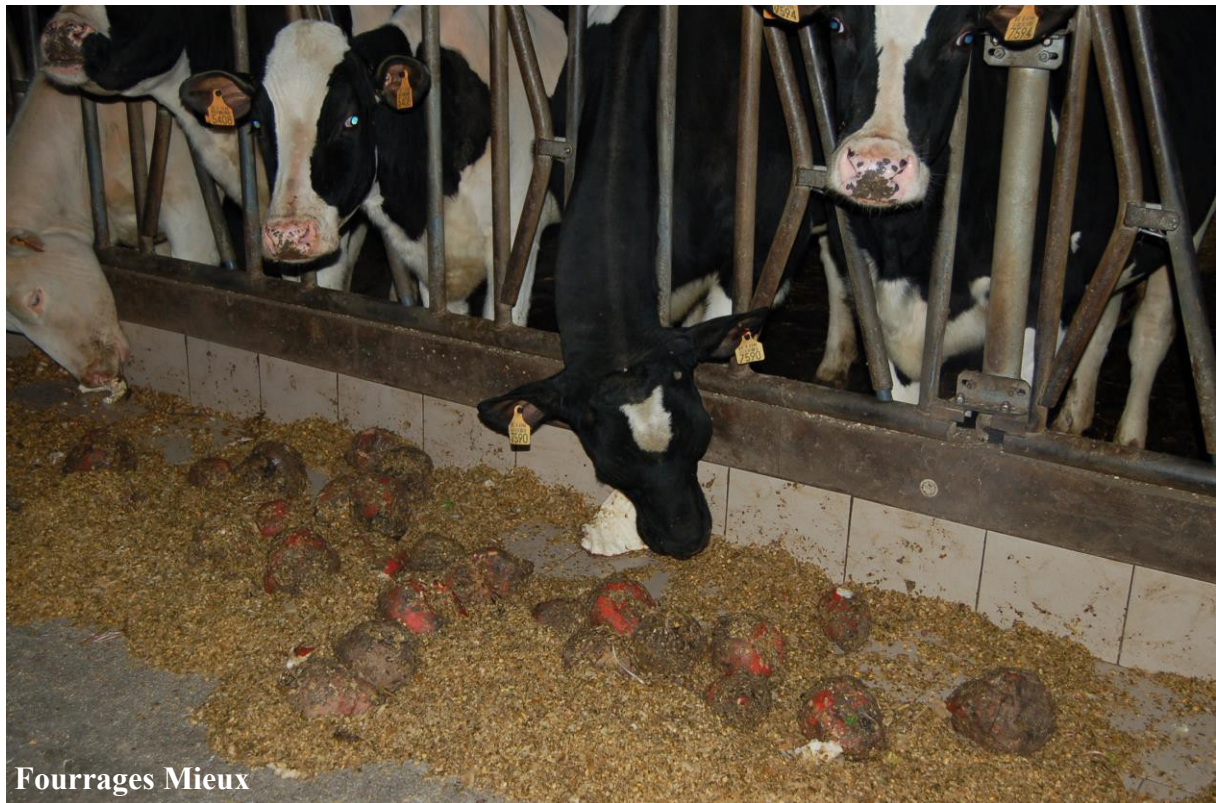
Il existe deux grands types de betteraves : la betterave sucrière et la betterave fourragère (figure 9). Entre ces deux grands types, il existe des betteraves demi-sucrières et des betteraves demi-fourragères. C'est d'abord le taux en MS de la betterave qui les distingue.

- Betteraves fourragères :  $< 12$  % de MS
- Betteraves demi-fourragères : 12 à 16 % de MS
- Betteraves demi-sucrières : 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-sucrières).

**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'entraîner 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 <sup>◊</sup> 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, surpressées 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 nutritionnelle 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 nutritionnelle 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)
<b>Écarts de triage (tubercule frais)</b>	Avril à septembre	19	110	642	27	1 090	76	-12
<b>Co-produits crus</b>								
Screenings	Toute l'année	20	103	723	30	1 120	65	-25
Pulpes de pommes de terre	Septembre à janvier	19	55	406	186	1 010	72	-71
<b>Co-produits cuits</b>								
Epluchures à la vapeur*	Toute l'année	10-15	150-190	200	90	1 040	107	-10
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 épiluchures 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 surpressés 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

- 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**





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
<b>MS (%)</b>	87,5	87,4	87,8	87,4	87,0	87,0	87,0
<b>MAT (g/kg MS)</b>	123	124	130	111	105	174	178
<b>Fibres (g/kg de MS)</b>	28	54	180	29	27	122	78
<b>Fermentescibilité de l'amidon dans le rumen</b>	++++	++	+	+++	+	ND	ND
<b>Phosphore (g/kg MS)</b>	3,7	4,0	4,0	4,4	3,5	12,3	10,2

--

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-

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

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 dysbactériose.
- 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**



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 co-produit 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 sédimenter, 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)**

	<b>Pois</b>	<b>Féverole</b>	<b>Lupin blanc</b>
<b>MS (%)</b>	86,3	85,2	89,5
<b>MAT (g/kg MS)</b>	239	297	343
<b>Equilibre en AA</b>			
	<b>Méthionine</b>	Déficit	Déficit
	<b>Lysine</b>	OK	Limitant
<b>Amidon (% MS)</b>	51	44	1-2
<b>MG (% MS)</b>	1,4	1,5	10
<b>VEM (/kg MS)</b>	1 177	1 158	1 268
<b>DVE (g/kg MS)</b>	114	116	144
<b>OEB (g/kg MS)</b>	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 fibrosité<sup>6</sup> 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 aplatissage 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 (figure 12) sont récoltés secs, avec une moissonneuse batteuse classique, ou en ensilage au stade pâteux-semi dur. Il est possible de les implanter 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,

certaines 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 tourteau de soja, de colza, de tournesol et le tourteau de lin. Notons que l'appellation commerciale de certains tourteaux comporte parfois un chiffre (*tourteau 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)**

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

Les quantités maximales recommandées se situent entre 1 et 2 kg/jour. Le tourteau 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.

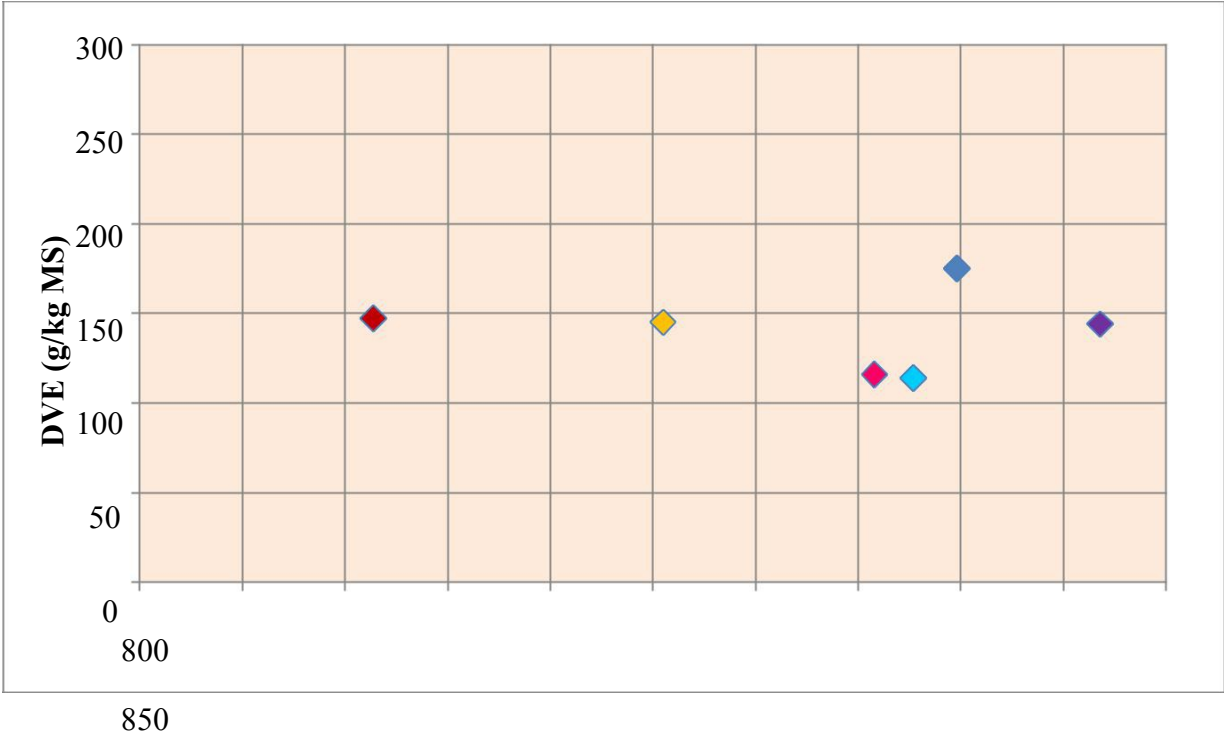
**Figure 13 : Tourteau de lin en pellets de 3 et en particules et tourteau de soja**



**Tourteau de lin en pellets de 3    Tourteau de lin en particules    Tourteau 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 tourteau 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)**



TC déshuilé

900

950

100  
0

105  
0

110  
0

115  
0

120  
0

125  
0

130  
0

**VEM (/kg  
MS)**



## 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**



Diamètre 7 mm



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	
<b>MS (%)</b>	90,2	sec	21,0	humide
<b>MAT (g/kg MS)</b>	103	faible	108	faible
<b>Calcium (g/kg MS)</b>	12,0	élevé	8,9	élevé
<b>Sucres solubles (% MS)</b>	8,3	faible	6,5	faible
<b>Amidon (% MS)</b>	~ 0	quasi nul	~ 0	quasi nul
<b>Pectines (% MS)</b>	25	élevé	23	élevé
<b>Cellulose (% MS)</b>	21,7	élevé	23,6	élevé
<b>Hémicellulose (% MS)</b>	24	élevé	24,8	élevé
<b>VEM (/kg MS)</b>	960	élevé	1 010	élevé
<b>DVE (g/kg MS)</b>	111	élevé	100	élevé
<b>OEB (g/kg MS)</b>	-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 MAT. Notons que les teneurs précisées sur l'étiquette sont exprimées dans l'aliment frais, et non 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.

## II.3 Les mélanges minéraux vitaminés

Les mélanges minéraux vitaminés du commerce renferment en général des macro-éléments (calcium, phosphore, sodium,..), des oligo-éléments (sélénium, 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	45	
	Phosphore	80	70	60	65	
	Sodium	40	100	90	10	
	Magnésium	45	120	45	60	
Oligo-Éléments mg/kg	Fer	200	-	-	200	
	Cuivre	700	-	600	800	
	Chélate de cuivre	-	1 500	300	-	
	Zinc	3 500	8 000	4 000	3 500	
	Chélate de zinc	-	-	2 000	-	
	Manganèse	2 300	5 500	2 400	2 500	
	Chélate de Manganèse	-	-	600	-	
	Cobalt	25	40	20	25	
	Iode	25	150	100	25	
	Sélénium	50	20	20	50	
Vitamines	UI/kg	Vit A	500 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
		Vit D3	100 000	200 000	200 000	200 000
	mg/kg	Vit E	750	3 500	3 500	2 500
		Biotine	-	-	0,75	-
		Vit PP niacine*	-	1 500	2 500	9 000
		β-carotène**	-	-	-	500
		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<sup>ème</sup> 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 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.

La fièvre de lait, aussi appelée fièvre vitulaire ou hypocalcémie puerpérale, touche principalement les vaches laitières à forte production laitière, à partir du 2ème vêlage. Elle est due à une brusque augmentation de la demande en calcium au moment du démarrage de la lactation. La fièvre de lait est exceptionnelle chez les vaches laitières primipares et chez les vaches allaitantes.

### **Comment se manifeste la fièvre de lait ?**

La fièvre de lait dans sa forme classique apparaît dans les 48 heures qui suivent le vêlage. Dans un premier temps, la vache présente une diminution de l'appétit et de la prise de boisson, ce qui conduit à un arrêt de la rumination. Elle a des difficultés à se relever ou à tenir debout. Puis elle se couche, sa fréquence cardiaque augmente alors que sa température diminue (le terme de « fièvre » est donc inadapté). Si aucun traitement n'est rapidement mis en place, la vache tombe dans le coma et meurt en moins de 24 heures.

Il existe également une forme atténuée, généralement plus tardive, quelquefois appelée « parésie vitulaire » qui concerne des vaches en très bon état, voire grasses, dont l'appétit a fortement baissé avant le vêlage.

La fièvre de lait se caractérise par une diminution du taux de calcium dans le sang (d'où le terme « hypocalcémie ») souvent accompagnée d'une diminution de la concentration sanguine en phosphore et/ou en magnésium et d'une augmentation du pH urinaire.

La calcémie moyenne d'un bovin est de 80 à 100 mg/L. On considère qu'il y a hypocalcémie si la valeur descend sous les 70 mg/L.

Attention ! Une vache qui reste couchée deux jours après le vêlage peut aussi souffrir de carences alimentaires, d'une métrite, d'une mammite toxigène, de blessures au moment du vêlage (écrasement du nerf sciatique, fractures, hémorragie...) ou de troubles métaboliques autres qu'une fièvre de lait (acidose aiguë...).

> Un diagnostic précis est indispensable, car une injection de calcium à une vache qui n'est pas en hypocalcémie peut être mortelle.

La fièvre de lait peut entraîner de nombreuses complications : traumatismes (dus à une chute), fausse-déglutition, prolapsus utérin, acétonémie, mammite, rétention placentaire, endométrite, déplacement de la caillette, troubles de la fertilité (kystes ovariens...), diminution de la production de lait.

### **A quoi est due la fièvre de lait ?**

L'apparition de la fièvre de lait est souvent la conséquence d'erreurs alimentaires au cours de la période de tarissement qui « dérègle » la régulation calcique. En effet, la régulation du taux de calcium dans le sang est sous le contrôle de 3 hormones : la parathormone et la 1,25-dihydroxyvitamine D qui augmentent la quantité de calcium dans le sang (en favorisant la libération du calcium osseux et l'absorption intestinale du calcium) et la calcitonine qui la diminue (en agissant de façon inverse).

Si au cours de la période de transition, entre la fin de la gestation et le début de la lactation, la vache reçoit un excès de calcium, cela bloque les mécanismes de régulation du calcium : la production de parathormone et de 1,25-dihydroxyvitamine D est mise au repos. Après le vêlage, la production de colostrum puis de lait demande une grande quantité de calcium. La vache se retrouve en hypocalcémie, le temps que la production des deux hormones hypercalcémiantes soit relancée. Or, le calcium est essentiel pour assurer les contractions des fibres musculaires. C'est pourquoi l'hypocalcémie provoque une paralysie des fibres musculaires lisses et striées à l'origine des différents symptômes observés. L'éventuelle hypothermie est secondaire à cette paralysie.

Outre l'excès de calcium, trois autres erreurs alimentaires durant la période de transition peuvent aggraver la situation :

- Une alimentation riche en potassium provoque une augmentation du pH sanguin, ce qui inhibe la capacité à mobiliser le calcium dans les os.
- Une concentration élevée de phosphore dans le sang, due à une alimentation trop riche en phosphore avant le vêlage, inhibe la production de 1,25-dihydroxyvitamine D.
- Une alimentation trop énergétique prédispose au syndrome de la « vache grasse » : le foie, saturé en graisses, est beaucoup moins efficace pour transformer la vitamine D en sa forme active, la 1,25-dihydroxyvitamine D.

Une vache ayant fait une fièvre de lait présente un risque de récurrence important lors des lactations suivantes : avec l'âge, les vaches perdent leur capacité à absorber le calcium dans l'intestin et à le mobiliser dans les os. Il ne faut donc pas hésiter à réformer les vaches un peu âgées qui ont fait plusieurs fièvres de lait dans leur carrière.

## **Comment se soigne la fièvre de lait ?**

L'idéal serait de pouvoir doser à la ferme le taux de calcium dans le sang de la vache malade pour pouvoir établir un diagnostic de certitude. En pratique, le diagnostic repose plutôt sur le recueil des commémoratifs (âge de la vache, niveau de production, rang de lactation, race prédisposée, date du vêlage...), l'observation des signes cliniques (le principal élément de diagnostic est le niveau de conscience) et la réponse au traitement.

> En général, le vétérinaire fait un prélèvement sanguin avant l'administration de calcium et le conserve pour analyse en cas d'échec du traitement ou de récurrence.

Une fois que le diagnostic a été établi, le traitement mis en place consiste en un apport de calcium immédiat par voie intraveineuse et une complémentation pendant 48 heures, le temps que la vache ait réussi à mobiliser ses réserves.

> Attention, le calcium possède une toxicité cardiaque. Il doit être administré en perfusion lente, et de préférence légèrement tiède, avec une surveillance constante de la vache.

8 à 9 vaches sur 10 répondent favorablement et rapidement au traitement, le plus souvent avant la fin de la perfusion : la reprise du fonctionnement des muscles se traduit par des éructations, l'émission d'urine et de bouses, des tremblements musculaires (qui font remonter la température du corps). Si la vache ne se relève pas dans les 4 ou 5 heures après le traitement (1 vache sur 4), il faut la faire réexaminer. Les échecs sont généralement dus à des erreurs du diagnostic initial, à la coexistence de plusieurs affections métaboliques ou aux complications du syndrome « vache couchée », plus rarement à la toxicité du calcium.

Pour éviter la « fuite » excessive de calcium dans la mamelle, les traites seront incomplètes pendant les premières 24 heures : seul le colostrum nécessaire au veau (3 litres environ) sera tiré.

> Tant que la vache n'est pas debout, on laisse à sa disposition de l'eau et de la nourriture et on la met si possible sur un sol en terre puisqu'elle puisse se relever plus facilement. Ne pas hésiter à bien pailler le sol afin d'éviter les complications classiques du syndrome vache couchée (escarres, écrasement musculaire...).

## **Comment prévenir l'apparition de la fièvre de lait ?**

La prévention de la fièvre de lait repose sur une bonne conduite alimentaire pendant le tarissement, afin d'assurer la maîtrise des apports en calcium, en phosphore et en magnésium. Cette méthode exige la séparation des vaches en lactation et des vaches tarées.



Il faut :

- Limiter les apports en calcium durant les quatre semaines avant le vêlage (dans l'idéal à 3,5 g/kg MS) en limitant les aliments riches en calcium, comme les légumineuses (trèfle, luzerne, pois, féverole...), les crucifères (colza...) et les pulpes de betteraves. Cela facilite la capacité à mobiliser du calcium dans les os au moment du vêlage.
- Limiter les apports en phosphore (valeur recommandée : 2,2 g/kg MS) et en potassium (valeur recommandée : 5,2 g/kg MS).
- Prévenir les déficits en magnésium (valeur recommandée : 1,2 g/kg MS).
- Administrer du calcium par voie orale (sous forme de bolus, de gel ou de liquide) juste avant et après le vêlage. Cette mesure est essentielle chez les vaches qui ont présenté une fièvre de lait lors de leur précédente lactation. L'idéal est une dose 24 heures avant le vêlage, puis une dose au moment du vêlage et enfin deux doses 12 et 24 heures après le vêlage.
- Contrairement à ce que l'on pourrait penser, il ne faut absolument pas « reconstituer les réserves en calcium » de la vache pendant le tarissement.

Il est quelquefois conseillé de faire une injection de vitamine D huit à deux jours avant le vêlage, afin qu'elle soit transformée en 1,25-dihydroxyvitamine D. Cette méthode est très efficace, mais assez aléatoire du fait de l'incertitude sur la date du vêlage et de l'impossibilité de renouveler l'injection plus d'une fois (risque de toxicité).

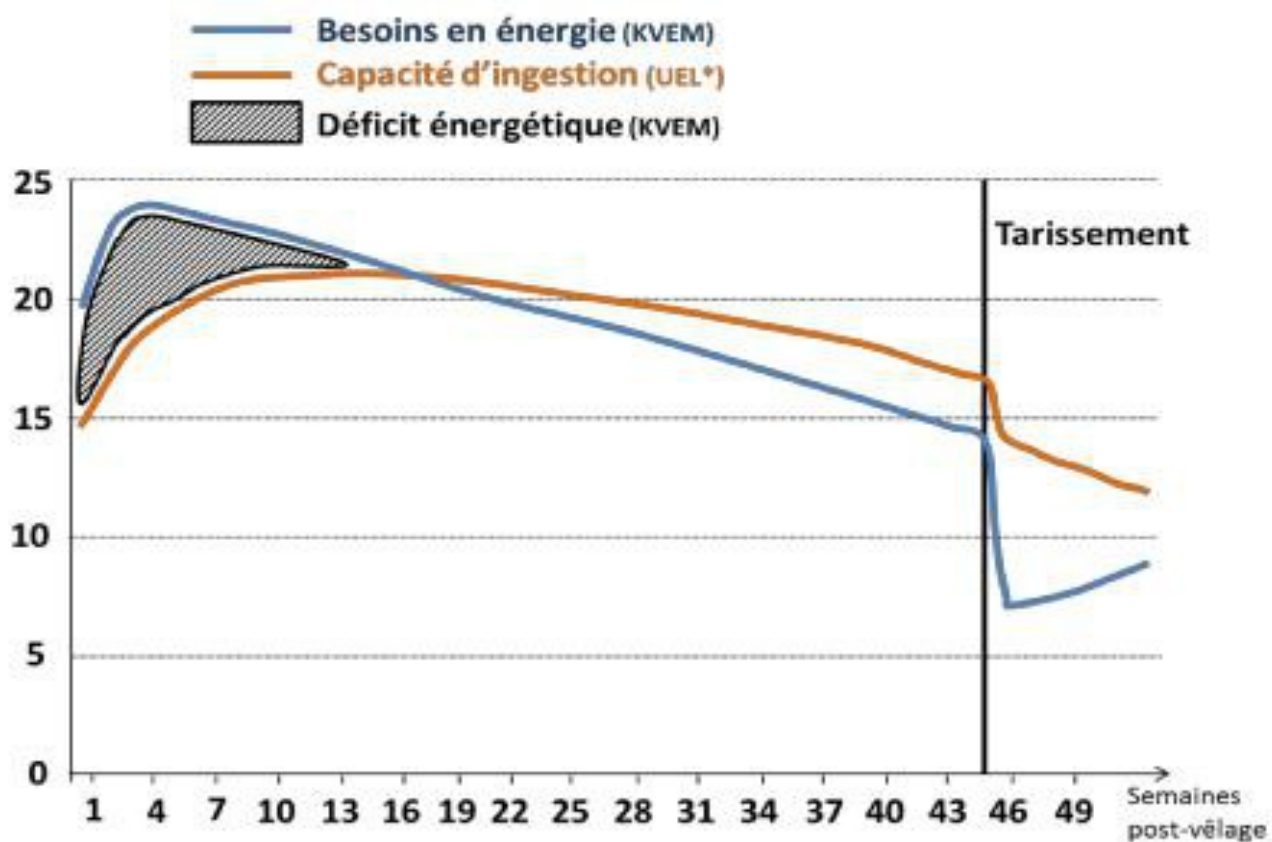
Une autre méthode aussi efficace de prévention de la fièvre de lait est la manipulation du bilan cations-anions (B.A.C.A). Il s'agit ici de compléter l'alimentation de la vache pendant 3 semaines avant le vêlage par un sel acide, riche en chlorure ou en sulfate, provoquant ainsi une diminution du pH sanguin. L'acidose induite renforce l'activité de la parathormone, augmente la libération du calcium osseux et favorise l'absorption du calcium digestif. La réalité de l'acidification du sang peut être contrôlée par la mesure du pH urinaire.

L'intérêt de cette méthode est qu'elle ne nécessite pas de limiter les apports en calcium. En revanche, elle n'est efficace que si l'apport en sel basique est également contrôlé (se méfier des fourrages riches en potassium) ; elle n'est pas possible en élevage traditionnel avec des vaches au pré, surtout au printemps. En pratique, vous mettez en place la ration avec votre vétérinaire au moment de la visite d'élevage, en fonction des analyses des fourrages de l'année et des compléments disponibles.

## 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<sup>ème</sup> et la 6<sup>ème</sup> 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 déficitaire 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'amidon<sup>14</sup>) 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 ruméral, 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 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<sup>ème</sup> et la 14<sup>ème</sup> 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 ruménel 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](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/mairation.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 fourragers 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](http://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](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](http://www.cra.wallonie.be/img/page/pubtech/proteine2009/Daniel_De_Brabander.pdf). Consulté le 20/11/2013.

DECRUYENAERE V, BELGE C. Prairies pâturées. Les règles d'or pour une bonne conduite. Wallonie Elevages, 2006, n°3, pp 43-46.  
97

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\\_decreyenaere.pdf](http://www.cra.wallonie.be/img/page/pubtech/pdt2005/CRA-W_pdt2005_decreyenaere.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 compléter 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](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](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, CARTRYSSE 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 : 98

<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\\_legumineuses.pdf](http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/Les_alternatives_offertes_par_les_legumineuses.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](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](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-kbivb.be/fr/publications/overview/technical\\_guides/GuidePulpe.pdf](http://www.irbab-kbivb.be/fr/publications/overview/technical_guides/GuidePulpe.pdf). Consulté le 06/01/2014.



LESSIRE F. Le Protiwanze®, 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 subaiguë 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](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](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 variations 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<sup>ème</sup> 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.

