

EDIWALL

les livrets

D E L ' A G R I C U L T U R E

N° 24

L'ALIMENTATION DE LA VACHE VIANDEUSE



Wallonie

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE
AGRICULTURE, RESSOURCES NATURELLES ET ENVIRONNEMENT
Chaussée de Louvain 14 • 5000 Namur • tél. : 081 / 64 94 11

les livrets

DE L'AGRICULTURE

L'ALIMENTATION

DE LA VACHE VIANDEUSE

N° 24

**Physiologie, besoins alimentaires,
formulation de rations équilibrées,
indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration,
pathologies d'origine nutritionnelle et impact environnemental**

HURDEBISE J., CUVELIER C., HORNICK J.-L., DUFRASNE I.



Présentation

Depuis de nombreuses années, le secteur de la production de viande bovine est soumis à de multiples contraintes et défis : rentabilité, libéralisation croissance, traçabilité, qualité des produits, augmentation du prix des intrants, respect de l'environnement, bien-être animal, adaptations au changement climatique et aux modifications des politiques de soutien...

Le Service Public de Wallonie souhaite aider les éleveurs en leur donnant des outils leur permettant de faire face à ces nouveaux enjeux et s'inscrivant dans une démarche proactive de gestion de leur troupeau. Ce Livret de l'Agriculture dédié à l'alimentation de la vache viandeuse illustre cette volonté. Il constitue un outil de formation des éleveurs, un guide pratique qui s'adresse tant aux novices qu'aux éleveurs expérimentés. Il décrit l'anatomie et la physiologie digestive, les aliments, les besoins, donne des exemples de rations et des éléments d'évaluation des déséquilibres de la ration et aborde les pathologies d'origine nutritionnelle les plus fréquentes.

Sa lecture a pour but de faciliter la compréhens-

sion des notions de base du calcul des rations et de pouvoir réaliser un meilleur suivi des animaux tout en intégrant des critères environnementaux dans la gestion de l'alimentation. Il présente des alternatives à envisager afin de diminuer les achats d'intrants au sein de l'exploitation, et donc d'augmenter son autonomie alimentaire. Le fil conducteur est l'utilisation, la valorisation et l'optimisation de l'herbe sous forme pâturée ou conservée et d'autres fourrages produits à la ferme.

Ce livret a été rédigé dans le cadre d'une subvention supervisée par le département de l'Eau et de l'Environnement.

Les auteurs remercient le comité de lecture : A. Farinelle, D. Knoden (Fourrages-Mieux), Quentin Legrand (Socopro), Virginie Decruyenaere (CRA—W), F. Lessire (CTA), E. Knapp.

Les auteurs sont reconnaissants envers la Professeure Annick Gabriel de la Faculté de Médecine vétérinaire (ULiège) pour la mise à disposition des figures 3, 4, 5 et 6.

Table des matières

LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	9
INTRODUCTION.....	13
PARTIE I : LA COMPOSITION DES ALIMENTS	15
I.1. La matière organique.....	16
I.1.1. Les glucides et la lignine.....	16
I.1.2. Les lipides.....	17
I.1.3. Les matières azotées.....	18
I.1.4. Les vitamines.....	18
I.2. La matière minérale.....	19
PARTIE II : LA DIGESTION DES ALIMENTS CHEZ LE RUMINANT.....	20
II.1. Anatomie et physiologie digestive des ruminants.....	20
II.1.1. L'anatomie du tube digestif des ruminants.....	20
II.1.2. Le fonctionnement du rumen : l'écosystème ruminal.....	20
II.2. La digestion des aliments.....	29
II.2.1. La digestion des glucides.....	29
II.2.2. La digestion des lipides.....	33
II.2.3. La digestion des matières azotées.....	35
II.2.4. La digestion des minéraux.....	38
II.3. La digestibilité des aliments.....	38
II.3.1. Définitions.....	38
II.3.2. La digestibilité des aliments.....	39
PARTIE III : L'EXPRESSION DES BESOINS DES ANIMAUX ET DES APPORTS DE LA RATION.....	41
III.1. Expression des besoins et des apports en matière sèche.....	41
III.2. Expression des besoins et des apports en énergie.....	45
III.3. Expression des besoins et des apports en matières azotées.....	47
III.4. Expression des besoins et des apports en minéraux et vitamines.....	54
III.5. Expression des besoins et des apports en eau.....	56
III.6. Besoins d'entretien et besoins de production.....	57
PARTIE IV : LES ALIMENTS ET LEUR UTILISATION CHEZ LA VACHE VIANDEUSE.....	63
IV.1. Les fourrages.....	64
IV.1.1. Les fourrages verts.....	64
IV.2. Les concentrés.....	91

IV.2.1. Les aliments concentrés simples.....	91
IV.2.2. Les aliments concentrés composés.....	98
IV.3. Les mélanges minéraux vitaminés	98
IV.3.1. Le choix du mélange minéral vitaminé	98
IV.3.2. Comment distribuer le mélange minéral vitaminé ?	98
PARTIE V : LE CALCUL DE RATION	99
V.1. La distribution des rations	99
V.1.1. La ration complète	99
V.1.2. La ration semi-complète.....	99
V.2. Rations.....	99
V.2.1. Rations en stabulation.....	101
V.2.2. Rations au pâturage	110
PARTIE VI : L'ÉVALUATION DE LA RATION ET DE SES DÉSÉQUILIBRES.....	117
VI.1. Les indicateurs à observer	117
VI.1.1. La note d'état corporel	117
VI.1.2. Le score de remplissage du rumen	118
VI.1.3. La rumination.....	119
VI.1.4. Les matières fécales.....	120
PARTIE VII : LES PRINCIPALES PATHOLOGIES D'ORIGINE NUTRITIONNELLE ET LEUR PRÉVENTION	125
VII.1. L'acidose subaigüe du rumen	125
VII.2. L'acétonémie	126
VII.3. Problèmes liés aux minéraux, oligo-éléments et vitamines	126
PARTIE VIII : L'INCIDENCE DE LA COMPOSITION DE LA RATION SUR L'ENVIRONNEMENT...	129
VIII.1. L'impact de l'alimentation du bétail	129
VIII.2. Leviers d'action en alimentation.....	129
Références	132
Annexe	135

Liste des abréviations

AA	Acide aminé
ADF	Acid Detergent Fiber (Fibres insolubles dans les détergents acides)
AG	Acide gras
AGV	Acide gras volatil
BACA	Balance alimentaire cations/anions
Ca	Calcium
C	Carbone
CH ₄	Méthane
Cl	Chlore
CO ₂	Dioxyde de carbone
Co	Cobalt
Cu	Cuivre
DAC	Distributeur automatique d'aliments concentrés
DVE	DarmVerteerbaar Eiwit (Protéines digestibles dans l'intestin)
EB	Energie brute
ED	Energie digestible
EM	Energie métabolisable
EN	Energie nette
Eq-CO ₂	Équivalent CO ₂

Liste des abréviations

Fe	Fer
GES	Gaz à effet de serre
GQM	Gain quotidien moyen
I	Iode
K	Potassium
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
MAT	Matières azotées totales
MG	Matière grasse
MO	Matière organique
MS	Matière sèche
N	Azote
N ₂ O	Protoxyde d'azote
NDF	Neutral Detergent Fiber (Fibres insolubles dans les détergents neutres)
NEC	Note d'état corporel
NH ₃	Ammoniaque
OEB	Onbestendige Eiwit Balans (Bilan des protéines dégradables)
PC	Poids corporel
P	Phosphore
PV	Poids vif en kg
Se	Sélénium
Na	Sodium
SS	Sucres solubles
S	Soufre

Liste des abréviations

UFL	Unité fourragère lait
UFV	Unité fourragère viande
UI	Unité Internationale
VEM	<i>Voeder Eenheid voor Melk</i> (Unités fourragères lait)
VEVI	<i>Voeder Eenheid Vlees Intensief</i> (Unités fourragères viande intensive)
Zn	Zinc

Introduction

L'alimentation a pour objectif de fournir les éléments nutritifs permettant de satisfaire l'ensemble des besoins. Pour une vache viandeuse, ces besoins sont représentés par les besoins d'entretien, de production, de croissance pour les premiers vêlages et de gestation. La couverture des besoins est à effectuer en respectant la physiologie du ruminant afin de lui permettre de rester en bonne santé. Grâce à une population variée de micro-organismes au sein du rumen, les ruminants peuvent valoriser des aliments riches en fibres tels que les fourrages que d'autres animaux, comme les monogastriques, ne peuvent digérer. Ils sont donc à même de valoriser la prairie dans le cadre de leur alimentation.

De récentes recherches ont apporté de nouvelles connaissances à propos de l'activité microbienne du rumen et de l'impact de l'élevage

sur l'environnement. L'établissement de bilans azoté et carbone des élevages permet, à l'échelle de chaque élevage, de définir des stratégies, notamment alimentaires, afin de limiter les rejets azotés et les émissions de gaz à effet de serre.

Ce livret a précisément pour but de jeter les bases de l'alimentation de la vache viandeuse. Il présente brièvement l'anatomie et la physiologie digestive, les besoins alimentaires, le principe de calcul des rations, les indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et les pathologies d'origine nutritionnelle. L'impact de l'alimentation sur l'environnement est également abordé. Rédigé dans un langage clair à l'attention des éleveurs, il a pour but de faciliter la compréhension des mécanismes et des principes du rationnement des vaches viandeuses.

1. La composition des aliments

Les aliments distribués aux bovins sont composés d'eau et de divers **nutriments**¹: des **glucides**, des **lipides**, des **matières azotées**, des **vitamines** et des **minéraux**, ainsi que des substances totalement dépourvues de valeur alimentaire, telle que la lignine.

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). Tous les aliments contiennent une certaine fraction de MS. Ainsi, la teneur en MS de l'herbe varie aux alentours de 20 %, alors que celle du foin et des céréales se situe plutôt respectivement aux environs de 85 et 90 %.

La MS comprend d'une part la matière organique, caractérisée par la présence d'atomes de carbone, et d'autre part la matière minérale. Les composants de la matière organique sont les glucides cytoplasmiques et pariétaux, la lignine, les lipides, les matières azotées et les vitamines liposolubles et hydrosolubles. La matière minérale (ou cendres brutes) comprend quant à elle une fraction inerte insoluble et non assimilable² et une fraction soluble théoriquement assimilable par l'animal qu'on appellera minéraux dans la suite de ce document (figure 1).

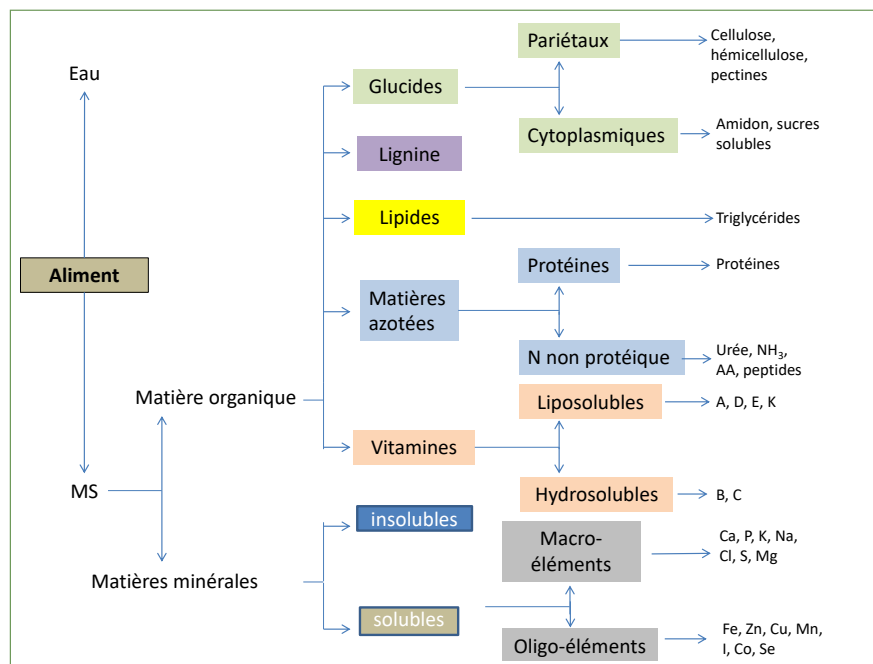


Figure 1 – Composition des aliments.

¹Nutriment : substance chimique contenue telle quelle dans les aliments ou provenant de leur digestion, et que les cellules utilisent directement dans leur métabolisme.

²La fraction insoluble est principalement composée de silicates d'origine tellurique.

La composition des aliments

I.1. La matière organique

I.1.1. Les *glucides et la lignine*

On utilise fréquemment le terme *sucres* pour désigner les glucides. Il s'agit d'une dénomination quelque peu erronée, le terme *sucres* désignant en réalité une catégorie bien précise de glucides, les sucres solubles. Aussi, dans ce livret, nous utiliserons le terme correct pour désigner cette catégorie de nutriments, et nous parlerons de **glucides**.

On peut distinguer schématiquement deux catégories de glucides (figure 1) :

- Les glucides constituant la paroi des cellules végétales, les *glucides pariétaux* (appelés communément « les fibres »), qui comprennent la cellulose, l'hémicellulose et les pectines ;
- Les glucides contenus à l'intérieur des cellules végétales, les *glucides cytoplasmiques*, qui comprennent l'amidon et les sucres solubles (glucose, lactose, ...).

La paroi des cellules végétales comprend également un composé non glucidique, la lignine (figure 1). Cette substance, qui s'associe aux glucides pariétaux et dont la teneur augmente avec l'âge de la plante, est presque totalement non dégradable dans le tube digestif du ruminant.

Lorsqu'une analyse de fourrage est réalisée auprès d'un laboratoire, les résultats relatifs aux teneurs en glucides pariétaux précisent en général d'une part la teneur en « cellulose brute » (ou fibres brutes) par « la méthode de Weende », et d'autre part les teneurs en fibres « NDF » (*Neutral Detergent Fiber*) et en fibres « ADF » (*Acid Detergent Fiber*), en lignine et en hémicellulose (figure 2).

Contrairement à ce que sa dénomination évoque, l'analyse de la cellulose brute par la méthode de Weende ne dose pas fidèlement la cellulose. Cette méthode extrait un résidu organique composé majoritairement de cellulose et de lignine et contenant une partie de l'hémicellulose. Les teneurs en NDF, ADF et en lignine³ sont quant à elles déterminées par une autre méthode d'analyse, la méthode Van Soest. L'hémicellulose est obtenue en déduisant l'ADF du NDF ($\text{NDF} - \text{ADF}$). Schématiquement, retenons que la teneur en NDF représente la teneur en hémicellulose, cellulose et lignine, et que la teneur en ADF représente la teneur en cellulose et en lignine. Les pectines ne sont pas dosées par ces méthodes.

³ La lignine est parfois renseignée dans les formulaires d'analyse sous l'appellation ADL (acid detergent lignin)

La composition des aliments

NATURE : Herbe prairie fraîche à pâturer		N° Identification		
Origines : Indéterminée	Type de Prairie :	Coupe :	Préfanage :	
Matériel de récolte :		Produit(s) de conservation :	non précisé	
Mode de conservation : Non précisée				
Date(s) de coupe : __/__/__	et	Date(s) de récolte : __/__/__	et	
	Votre ECHANTILLON	sur MATIERE SECHE	MOYENNES	APPRECIATION
Poids frais de l'échantillon (g)	191			
Matière sèche (g/kg)	178	1000		
CONSERVATION				
pH				
Azote ammoniacal (%)				
VALEUR ALIMENTAIRE (g/kg)				
Cendres brutes	20	115		
Mat. azotées tot. (Kjeldahl, NIR)	34	188		
Cellulose brute (Weende, NIR)	40	224		
NDF (cellulose + hémicellulose + lignine NIR)		471		
ADF (Nir)		264		
Lignine (Nir)		28		
Hémicellulose (Nir estimation)		207		

Figure 2: Extrait d'une analyse de fourrage (herbe à pâturer)

1.1.2. Les lipides

Les lipides sont également appelés **matières grasses**. Il existe différentes classes de lipides. Les principaux constituants lipidiques des végétaux sont en général des triglycérides, c'est-à-dire des molécules comprenant 1 glycérol lié à 3 acides gras.

Les matières grasses sont caractérisées par la nature des acides gras qui les composent. Ainsi, on peut classer les acides gras selon leur longueur :

- Les acides gras volatils (AGV) avec 2, 3 ou 4 atomes de C
- Les acides gras à courte chaîne (entre 5 et 10 atomes de C)

- Les acides gras à chaîne moyenne (12 à 16 atomes de C)
- Les acides gras à longue chaîne (18 ou plus de 18 atomes de C)

On peut également les classer en fonction de la présence ou de l'absence de double liaison sur leur chaîne carbonée : les acides gras saturés d'une part (sans double liaison) et les acides gras insaturés d'autre part (avec une double liaison ou plus).

Notons encore que certains acides gras sont considérés comme « **essentiels** » pour toutes les espèces animales. Ceci signifie qu'ils doivent impérativement être apportés par l'alimentation car l'animal ne peut les synthétiser. Ils peuvent

La composition des aliments

par contre être synthétisés par les micro-organismes hébergés dans leur tube digestif. **Ainsi chez les ruminants, cette synthèse s'opérant dans le rumen, il n'est pas indispensable d'apporter ces acides gras dans leur alimentation.**

I.1.3. Les matières azotées

Les matières azotées sont représentées par des **protéines** et de l'**azote non protéique**.

Une protéine est constituée d'une longue chaîne d'acides aminés (AA). En alimentation, 20 AA différents sont pris en considération, dont pratiquement la moitié d'entre eux sont considérés comme **essentiels** car ne pouvant être synthétisés par l'animal. Ils doivent donc être impérativement présents dans les aliments consommés.

A nouveau, le ruminant se distingue des autres espèces animales car une part substantielle des acides aminés digérés dans l'intestin a été synthétisée dans le rumen grâce aux micro-organismes hébergés. Nonobstant, des AA, tels que la **méthionine** et la **lysine**, sont cependant considérés comme « limitants » : leur synthèse *via* les micro-organismes du rumen ne couvre pas toujours les besoins de bovins à forte croissance ou à production de lait élevée.

L'azote non protéique comprend quant à lui notamment les peptides (chaînes d'AA limitées), les AA, l'urée et l'ammoniaque (NH_3) (figure 1).

I.1.4. Les vitamines

Les vitamines se définissent comme des constituants de la matière organique que l'animal est en général incapable de synthétiser, et qui, à faible dose, sont indispensables au développement, à l'entretien et aux fonctions de l'organisme. On distingue deux catégories de vitamines (figure 1) :

- Les vitamines liposolubles, c'est-à-dire solubles dans les graisses : vitamines A, D, E et K ;
- Les vitamines hydrosolubles, c'est-à-dire solubles dans l'eau : vitamine C et vitamines du groupe B (B1 : thiamine ; B2 : riboflavine ; B3 : niacine ; B5 ; B6 ; B8 : biotine ; B9 : acide folique ; B12).

Les vitamines liposolubles font l'objet d'un stockage au niveau du foie. Même s'il y a mise en réserve, il est certain qu'un apport régulier par l'alimentation permet à l'animal d'extérioriser son potentiel de production. Chez le ruminant, il n'est pas nécessaire d'apporter *via* la ration alimentaire les vitamines du groupe B ainsi que les vitamines C et K. Les micro-organismes du rumen sont en effet capables de les synthétiser. Les autres vitamines doivent par contre impérativement être apportées par les aliments distribués.

I.2. La matière minérale

La matière minérale, ou matière inorganique, correspond au résidu sec d'un aliment lorsque celui-ci a été calciné dans un four à 550°C. Ce résidu est également appelé cendres brutes ou cendres totales. Celles-ci comprennent une fraction insoluble et une fraction soluble, les minéraux, que l'on peut diviser en deux catégories (figure 1) :

- Les macro-éléments, présents en quantités relativement importantes et pour lesquels l'unité de mesure est le **gramme, noté g**. Ce sont ainsi le calcium (Ca), le phosphore (P), le potassium (K), le sodium (Na), le chlore (Cl), le soufre (S) et le magnésium (Mg) ;
- Les oligo-éléments, présents en quantités très faibles ou à l'état de traces, pour lesquels l'unité de mesure est le **milligramme, noté mg**. Ce sont le fer (Fe), le sélénium, (Se), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), l'iode (I), le cobalt (Co) et le manganèse (Mn).

En bref

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.

La MS comprend d'une part la matière organique et d'autre part la matière minérale. Les composants de la matière organique sont les glucides (pariétaux et cytoplasmiques), la lignine (indigestible dans l'intestin du ruminant), les lipides, les matières azotées et les vitamines (liposolubles et hydrosolubles). La matière minérale comprend quant à elle les minéraux (macro-éléments et oligo-éléments).

2. La digestion des aliments chez le ruminant

II.1. Anatomie et physiologie digestive des ruminants

II.1.1. L'anatomie du tube digestif des ruminants

D'un point de vue anatomique, le système digestif des bovins se compose de la bouche, de la langue, des dents, du pharynx digestif⁴, de l'œsophage, des estomacs, des intestins, du rectum et de l'anus. Les estomacs se composent du réseau, du rumen, du feuillet et de la caillette. Ils sont particulièrement adaptés à la digestion d'aliments riches en fibres, tels que les fourrages. Le rôle de la digestion est d'extraire les nutriments contenus dans les aliments pour les rendre absorbables par le tube digestif et disponibles pour le métabolisme des cellules animales. La digestion combine des mécanismes physiques et chimiques.

Bouche et œsophage

Les bovins n'ont ni canines ni incisives à la mâchoire supérieure. Ils possèdent cependant à la place un « bourrelet gingival ». Ils ont une langue épaisse et rugueuse qui permet une préhension optimale de l'herbe qui est pincée entre les incisives inférieures et le bourrelet gingival et ensuite arrachée du pré. Des glandes salivaires volumineuses aident à imprégner le bol. La salive, contenant des bi-

carbonates et des phosphates, possède un rôle tampon, d'imbibition des aliments et de lubrification. La production de salive peut atteindre 150 litres par jour. Elle dépend de la mastication, elle-même liée à la fibrosité de la ration. On distingue la mastication liée à l'ingestion (30 à 95 mouvements par minute) et la mastication mérycique⁵, liée à la rumination (55 - 60 mouvements par minute). Au total, cela fait 40.000 mouvements par jour !

Les estomacs des ruminants sont volumineux, au point d'occuper les 4/5^{ème} de la cavité abdominale. Ils comprennent trois compartiments, appelés également « préestomacs », le réseau (ou réticulum), le rumen, et le feuillet (ou omasum). Ceux-ci précèdent un 4^{ème} compartiment, la caillette (ou abomasum), qui correspond à l'estomac proprement dit. Cette configuration particulière permet au ruminant d'effectuer une prédigestion microbienne des aliments, avec une dégradation particulièrement poussée des fibres présentes dans la ration.

Réseau et rumen

Le réseau et le rumen (figure 3) sont souvent considérés ensemble car leur contenu se mélange fréquemment. Le rumen a une capacité d'environ 150 litres et représente 80 % du volume total des estomacs. Sa paroi interne est

⁴ Le pharynx est un conduit musculo-membraneux qui intervient dans les systèmes digestif, respiratoire. Il contient des muscles responsables de la déglutition.

⁵ Mastication mérycique : les aliments sont ramenés dans la bouche, mastiqués et imprégnés de salive une deuxième fois.

La digestion des aliments chez le ruminant

constituée de papilles qui augmentent la surface de contact avec la masse alimentaire et qui permettent l'absorption de certains nutriments. Le rumen est situé sur le côté gauche

de l'animal et s'étend du diaphragme au bassin (figure 4). Il communique de façon large avec le réseau.

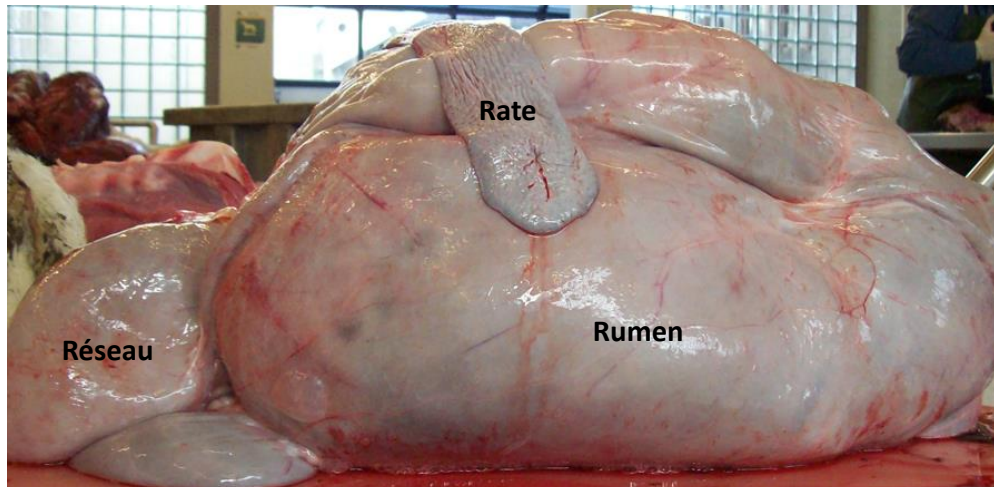


Figure 3: Rumen et réseau (photo : Dr. A Gabriel, FMV, ULiège) ; B. papilles sur la paroi du rumen (FMV, ULiège)

La digestion des aliments chez le ruminant

20

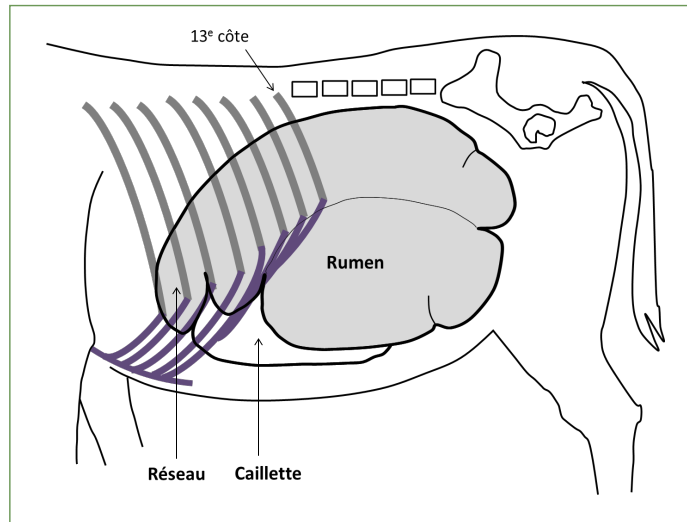


Figure 4: Schéma de l'abdomen de la vache, côté gauche

Le réseau est quant à lui un petit réservoir situé entre le rumen et le diaphragme, dont la paroi présente une apparence réticulaire en nid d'abeilles tout à fait caractéristique (figure 5). Sur la paroi droite et dorsale du réseau, cette structure fait place à un sillon relativement large et profond, appelé gouttière œsophagienne, qui s'étend du cardia⁶ jusqu'à l'orifice de communication entre le réseau et le feuillet — l'orifice réticulo-omasal.

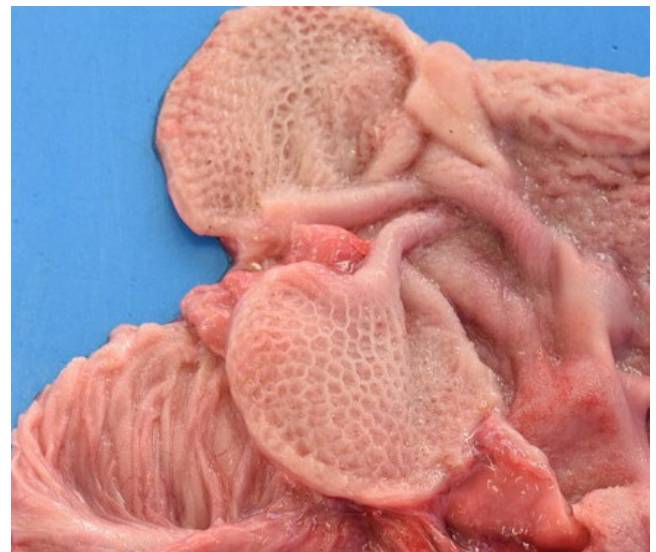


Figure 5: La paroi interne du réseau et sa structure en nids d'abeille (photo : Dr. A Gabriel, FMV, ULiège)

⁶ Cardia : orifice de communication entre l'œsophage et l'estomac.

La digestion des aliments chez le ruminant

Le rumen-réseau assure l'essentiel de la pré-digestion que subissent les aliments avant d'atteindre la caillette. La masse alimentaire subit en effet à ce niveau d'une part un brassage permanent via la motricité du rumen-réseau, d'autre part les fermentations microbiennes, et enfin, un broyage poussé via la rumination. La rumination consiste en effet en la régurgitation du bol alimentaire vers la bouche et sa mastication. Elle permet donc une réduction de la taille des particules et une bonne imprégnation du bol alimentaire avec la salive, ce qui a pour effet d'augmenter la densité des particules. Le réseau peut être considéré comme un véritable carrefour qui régule la circulation des particules alimentaires entre l'œsophage, le rumen et le feuillet. Ainsi, les particules suffisamment petites, de l'ordre de quelques millimètres, passent à travers l'orifice réticulo-omasal pour atteindre le feuillet, tandis que les particules de grande taille sont refoulées vers le réseau et le rumen, ce qui a pour effet de stimuler la rumination et la production de salive. Notons que l'orifice réticulo-omasal se trouvant en position basse, seules les particules ayant acquis une densité suffisante pour couler, et non plus flotter dans le rumen, passent à travers celui-ci. La rumination permet donc la vidange du rumen-réseau par la réduction en petites particules des végétaux les plus résistants à la mastication.

Feuillet

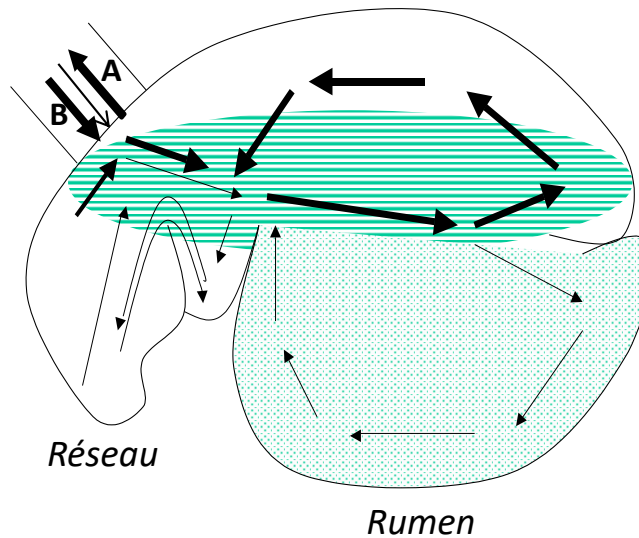
Le feuillet est le 3^{ème} préestomac des ruminants. Il fait suite au réseau et précède la caillette. D'une capacité d'environ 10 litres, cet organe, dont les parois sont constituées de fines lamelles qui lui ont donné son nom (figure 6), constitue une zone de transition entre le rumen-réseau où la digestion est initiée par des fermentations, et la caillette, où la digestion est essentiellement enzymatique.



Figure 6 : La paroi interne du feuillet et sa structure en lamelles (à gauche : le feuillet ; à droite : le réseau) (photo : Dr. A Gabriel, FMV, ULiège)

La digestion des aliments chez le ruminant

La rumination



Dans le rumen, on distingue des mouvements de brassage permanents au nombre de deux par minutes (flèches fines). Ces mouvements sont audibles à l'aide d'un stéthoscope. D'autres mouvements sont indispensables au bon fonctionnement : la rumination et l'éructation (flèches épaisses). On distingue quatre étapes principales au cours de la rumination : la régurgitation du bol alimentaire par la contraction du réseau (flèche épaisse A), la déglutition de la partie liquide du bol alimentaire (flèche épaisse B), la mastication mérycique lente (environ 60 mouvements par minute) qui prend place dans la bouche, et une phase de repos de cinq à six secondes entre deux phases de mastication. L'observation des mouvements de mastication mérycique – appelé communément rumination – est intéressante car elle permet de donner une indication sur la digestion de la ration et donc sur la santé de la vache. Un arrêt de la rumination est ainsi le signe d'un dysfonctionnement digestif important.

La digestion des aliments chez le ruminant

Caillette

La caillette est le véritable estomac des ruminants. Le bol alimentaire n'y séjourne que deux ou trois heures. Il est pourvu, comme chez les monogastriques, d'une muqueuse⁷ glandulaire qui sécrète le suc gastrique. La sécrétion de suc gastrique, en conjonction avec les contractions de la musculature de la caillette, permet une digestion enzymatique des particules alimentaires. Comme nous le verrons plus loin, la caillette est surtout le lieu où débute la digestion des protéines, qu'il s'agisse des protéines apportées directement par la ration et qui ont échappé à la dégradation microbienne, des protéines produites par les microorganismes du rumen ou encore de ces derniers eux-mêmes, qui sont lysés et digérés à leur tour par le suc gastrique. Le suc gastrique contient principalement de l'acide chlorhydrique (HCl), ainsi que différentes enzymes, qui débutent la digestion des matières grasses et des protéines. Etant donné la présence de HCl, le pH⁸ de la caillette est acide (2 à 2,5). Notons que ce pH acide permet la stérilisation du bol alimentaire : de nombreux micro-organismes venant du rumen y sont détruits.

Et chez le veau ?

L'estomac du veau nouveau-né est sensiblement différent de celui de l'adulte. Chez le nouveau-né, le rumen est très peu développé et non fonctionnel. La caillette est par contre de loin la partie la plus volumineuse de l'estomac et la gouttière œsophagienne présente un développement considérable. Ainsi, les lèvres qui bordent la gouttière œsophagienne sont capables de se refermer pour former un véritable canal reliant directement le cardia à l'orifice réticulo-omasal. Ce mécanisme est déclenché de façon réflexe lors de l'ingestion d'aliments liquides. Le lait arrive donc directement dans la caillette et est digéré comme chez un animal monogastrique. A la naissance, le veau nouveau-né doit donc être considéré comme un monogastrique ou un pré-ruminant. L'ingestion d'aliments solides n'induit par contre pas ce réflexe. Par conséquent, les aliments solides ingérés par le veau arrivent dans le rumen et permettent son développement. On peut considérer que le veau devient un ruminant vrai vers l'âge de trois mois, pour autant que des aliments solides aient été distribués dès les premiers jours.

⁷ Muqueuse : membrane qui tapisse l'intérieur des organes creux tels que ceux qui constituent le tube digestif.

⁸ pH (ou potentiel hydrogène) : mesure de l'acidité ou basicité d'un milieu, sur une échelle de 0 à 14. Une solution est acide si son pH est inférieur à 7, basique si son pH est supérieur à 7, et neutre si son pH est égal à 7.

La digestion des aliments chez le ruminant

Intestin grêle

L'intestin grêle fait suite à l'estomac. Il s'agit d'un long tube cylindrique et flexueux, d'une longueur moyenne de 40 m chez le bovin adulte, dans lequel s'effectuent la digestion et l'absorption. Refoulé dans le flanc droit de l'animal par le rumen, l'intestin grêle est composé de trois parties : le duodénum, le jéjunum et l'iléum. Le duodénum est pourvu de glandes dites duodénales, qui sécrètent diverses enzymes. Il reçoit en outre les sécrétions du foie (la bile) et du pancréas (le suc pancréatique). L'ensemble de ces sécrétions permettent de poursuivre et de compléter la digestion déjà entamée au niveau de la caillette par le suc gastrique. Les glucides, les protéines et les lipides sont ainsi scindés en petites molécules qui vont être absorbées dans le jéjunum et l'iléum.

Gros intestin

Le gros intestin fait suite à l'intestin grêle et se termine au niveau de l'anus. Il est formé de trois segments successifs : le caecum, le colon et le rectum. C'est dans le gros intestin que se termine la digestion. Le caecum est un cul-de-sac cylindrique de petite taille (50 à 70 cm de long sur 10 à 12 cm de large), porté par l'intestin et situé à la limite de l'iléon et du colon. Le colon constitue quant à lui la majeure partie du gros intestin. Il se présente comme un

tuyau d'une dizaine de mètres environ, qui fait suite à l'iléon et au caecum et qui se termine au niveau du rectum. Il n'y a pas de sécrétion enzymatique au niveau du gros intestin et les mouvements y sont faibles. Par contre, des fermentations similaires à celles du rumen s'y produisent, en moindre proportion toutefois, contribuant à la digestion des fibres jusque-là non digérées. Une importante absorption d'eau a lieu dans le gros intestin, de même qu'une absorption de certains nutriments. Les résidus non digérés passent ensuite dans le rectum où se forment les matières fécales, évacuées par l'anus.

Le trajet du bol alimentaire dans le tractus digestif prend de 24 à 48 heures.

II.1.2. Le fonctionnement du rumen : l'écosystème ruminal

Le rumen est un écosystème anaérobie strict⁹, peuplé par trois catégories de micro-organismes qui vivent en symbiose avec le ruminant : **des bactéries, des protozoaires et des champignons**. Ces micro-organismes dégradent, via des processus d'hydrolyse¹⁰ et de fermentations, la plupart des composants de la ration alimentaire du ruminant, dans le but de couvrir leurs besoins et d'assurer ainsi leur survie. Simultanément, ils synthétisent différentes molécules nécessaires à leur développement, telles que des AA et des protéines.

⁹ Anaérobie strict : qui ne peut vivre qu'en l'absence d'oxygène.

¹⁰ Hydrolyse : décomposition d'un composé chimique par l'eau.

La digestion des aliments chez le ruminant

Les bactéries

Les bactéries sont très nombreuses dans le rumen : de l'ordre de 10 milliards par ml de jus de rumen. Plus de 200 espèces bactériennes sont présentes. Les bactéries sécrètent dans le milieu ruminal des enzymes qui assurent l'hydrolyse des protéines (protéolyse) et des glucides : cellulose (cellulolyse), hémicellulose (hémicellulolyse), pectines (pectinolyse) et amidon (amylolyse). Certaines bactéries sont également responsables de l'hydrolyse des lipides (lipolyse) et de leur hydrogénation¹¹. Notons que le rumen ne peut fonctionner en l'absence des bactéries.

Les protozoaires

Les protozoaires constituent la moitié de la biomasse du rumen. Ils sont cependant moins nombreux que les bactéries, de l'ordre de 1 million/ml de jus de rumen, mais plus grands. Ils sont plus sensibles aux conditions qui règnent dans le rumen, surtout le pH, que les bactéries. A la différence des bactéries qui sécrètent dans le milieu ruminal des enzymes hydrolytiques, les protozoaires ingèrent les particules alimentaires ainsi que les bactéries du rumen, et les dégradent. Ils participent spécifiquement au métabolisme des glucides. Ils s'attaquent ainsi à tous les constituants des parois, et sont donc en concurrence avec les bactéries, qu'ils peuvent aussi consommer.

Les champignons

Les champignons présents dans le rumen sont des champignons anaérobies cellulolytiques. Ils dégradent donc la cellulose et les hémicelluloses, et sont particulièrement abondants lors de rations riches en fourrages.

Chaque micro-organisme se caractérise par la nature du substrat auquel il est capable de s'attaquer, et est donc spécialisé dans des fonctions métaboliques précises, qui peuvent être parfois assez limitées. On trouve ainsi par exemple des bactéries cellulolytiques, capables de dégrader les glucides pariétaux, des bactéries amylolytiques, capables de dégrader l'amidon, et des bactéries lipolytiques, capables de dégrader les lipides. Par conséquent, la nature de la ration influence significativement la nature de la population microbienne : un régime riche en fourrages favorisera le développement des bactéries cellulolytiques, alors qu'un régime riche en céréales favorisera celui des bactéries amylolytiques. La diversité des microorganismes présents fait néanmoins en sorte que les différentes espèces se complètent mutuellement — les produits terminaux du métabolisme d'une espèce servant de substrat pour le métabolisme d'une autre espèce —, se chevauchent et se substituent les unes aux autres.

Remarquons qu'étant donné que les composants de la ration sont dégradés par des es-

¹¹ Hydrogénation : fixation d'hydrogène sur les acides gras. Les acides gras insaturés peuvent devenir partiellement ou totalement insaturés

La digestion des aliments chez le ruminant

èces microbiennes bien spécifiques, **un changement dans la ration doit toujours être fait graduellement**. Une transition alimentaire est donc nécessaire. En cas de changement brutal de la ration, des perturbations sévères peuvent parfois survenir. On considère en général qu'un changement de la population microbienne du rumen prend au minimum trois semaines.

Bactéries, protozoaires et champignons sont adaptés à vivre dans un environnement caractérisé par un pH de 6,0 à 7,0, en l'absence d'oxygène, à une température de 39 à 40°C et en présence de métabolites¹² issus des fermentations. Les principaux produits terminaux des fermentations microbiennes sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'ammoniaque (NH₃) et les AGV. Ces fermentations s'accompagnent en outre d'un dégagement important de chaleur.

Pour permettre le développement des micro-organismes du rumen favorable à une bonne digestion et un bon maintien, il est important que le rumen présente des conditions de vie assez standard. Le pH, comme on vient de le voir, est l'un des paramètres les plus importants. Physiologiquement, il varie en général entre 6 et 7, des valeurs plus extrêmes pouvant s'observer marginalement. Les fermentations du rumen constituent la principale source de variation du pH. Leur intensité est liée à la composition des aliments ainsi qu'au rythme

de distribution des repas (figure 7) :

- Après un repas, le pH diminue, car la concentration en AGV augmente fortement ;
- Entre les repas, le pH augmente. En effet, d'une part, la concentration en AGV diminue suite à leur absorption progressive, et d'autre part, la rumination amène des aliments imprégnés de salive riche en bicarbonates, qui constituent un tampon efficace.

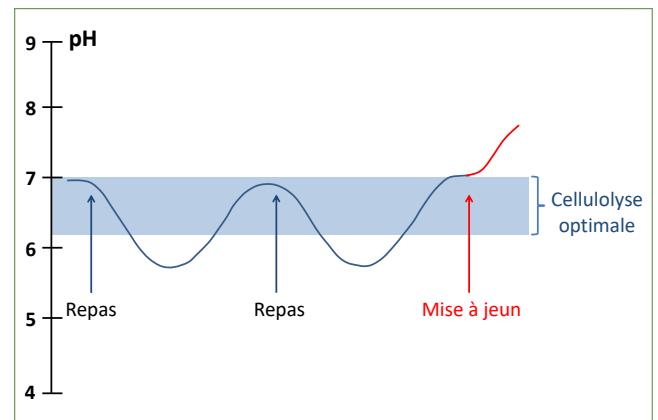


Figure 7: Evolution du pH intra-ruminal au cours du temps

¹² Métabolite : produit de transformation d'une substance dans l'organisme.

La digestion des aliments chez le ruminant

II.2. La digestion des aliments

Lors du processus de digestion, les nutriments subissent des transformations aboutissant à leur absorption ou à leur élimination par les matières fécales. Ces transformations sont décrites schématiquement ci-dessous.

II.2.1. La digestion des glucides

Une fois arrivés dans le rumen, les glucides sont hydrolysés sous l'action des enzymes hydrolytiques microbiennes. Le **glucose** représente le principal produit terminal de ce processus de dégradation. Ce glucose va ensuite être conver-

ti par le jeu des fermentations microbiennes en un métabolite intermédiaire, l'acide pyruvique. Celui-ci subit une dégradation ultérieure, qui va aboutir à la formation d'un mélange d'**AGV** :

- Acide acétique (C2 : 0)
- Acide propionique (C3 : 0)
- Acide butyrique (C4 : 0)

L'acide lactique est quant à lui un intermédiaire de cette chaîne de dégradation. Du CO_2 , du CH_4 (méthane) et de la chaleur sont également produits au cours de ce processus (figure 8).

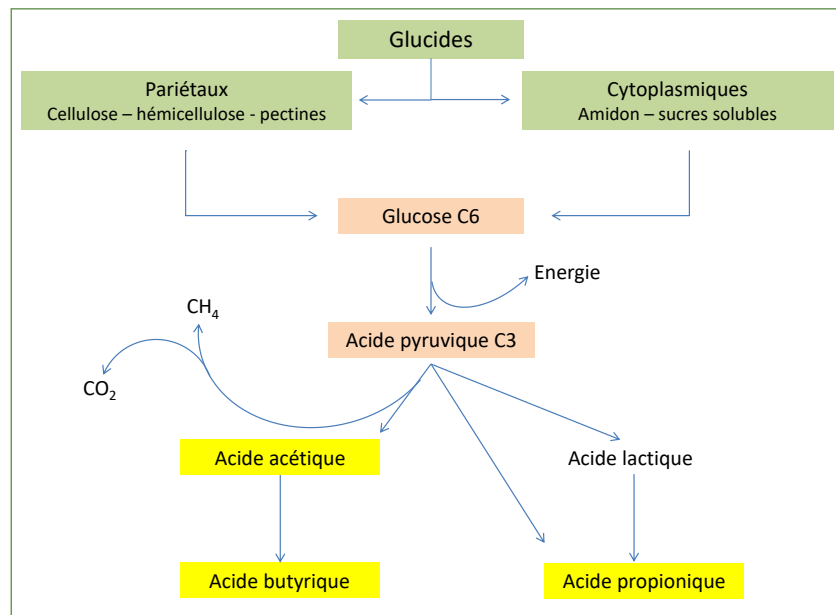


Figure 8 : Schéma de la digestion des glucides dans le rumen

La digestion des aliments chez le ruminant

Différents facteurs influencent la production des AGV. Citons ainsi la nature de la ration alimentaire, le pH intra-ruminal, le niveau d'ingestion de l'animal et la durée du temps d'ingestion.

- **La ration alimentaire.** Il est important de rappeler que les différents glucides (cellulose, hémicellulose, amidon...) sont dégradés par des populations bactériennes spécifiques ; la cellulose et l'hémicellulose sont attaquées par les bactéries cellulolytiques, alors que l'amidon est dégradé par les bactéries amylolytiques. Chaque population bactérienne utilise, pour ce faire, des voies de dégradation qui lui sont propres et qui aboutissent à la formation préférentielle de tel ou tel type d'AGV. Par conséquent, les proportions des différents AGV produits sont principalement fonction de

la composition de la ration alimentaire. L'acide acétique est majoritaire (45 à 70 % des AGV totaux), l'acide propionique représente de 15 à 25 % des AGV totaux, et l'acide butyrique 5 à 15 %.

- Avec un régime riche en fourrages, les proportions d'acide acétique, propionique et butyrique sont généralement respectivement de 70 : 20 : 10.
- Avec un régime riche en céréales, la proportion d'acide acétique diminue, et celle d'acide propionique augmente, les proportions des trois acides gras étant plutôt aux alentours de 40 : 40 : 20.
- La production d'acide butyrique est quant à elle augmentée lorsque des aliments riches en sucres solubles, tels que les betteraves, sont distribués (tableau 1).

Tableau 1 – Influence du régime alimentaire sur la composition du mélange d'AGV dans le rumen de la vache laitière (à partir de Jarige et al 1995).

	Composition en AGV (%)		
	Acide acétique C2	Acide propionique C3	Acide butyrique C4
Foin de graminées	72	17	7
Foin (44 %) + orge (56 %)	61	30	8
Foin (18 %) + betteraves (82 %)	56	26	17

La digestion des aliments chez le ruminant

- **Le pH.** Le pH intra-ruminal est un élément déterminant dans l'équilibre entre les micro-organismes du rumen et dans les fermentations qui en résultent. Ainsi, une chute du pH liée au développement des

bactéries amylolytiques inhibe l'activité des bactéries cellulolytiques. Ce faisant, la production d'acide acétique diminue et celle d'acide propionique et d'acide lactique augmente (figure 9).

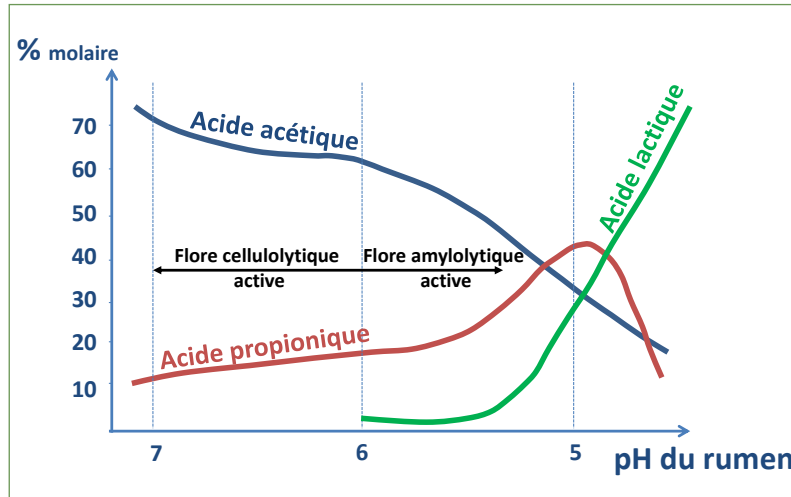


Figure 9: Proportions des différents AGV dans le rumen en fonction du pH (à partir de Jarrige et al 1995)

- **Le niveau d'ingestion.** La production des AGV est liée à la quantité de matières organiques digérées dans le rumen : plus le niveau d'ingestion augmente, plus la production d'AGV augmente.

Les différents AGV produits sont absorbés à travers la paroi du rumen. Ces AGV constituent pour le ruminant une source majeure d'énergie, puisqu'ils fournissent 60 à 80 % de l'énergie totale dont il a besoin à l'entretien. Les gaz

produits lors des fermentations, le CO_2 et le CH_4 , sont quant à eux éliminés par éructation (figure 8). La vache évacue approximativement de 300 à 400 g de gaz/jour.

Notons que la vitesse et l'ampleur de la digestion ruminale des glucides varie selon la nature de ceux-ci et selon l'origine botanique. Les sucres solubles et l'amidon sont rapidement fermentés. La vitesse de digestion ruminale de l'amidon varie cependant selon son

La digestion des aliments chez le ruminant

origine botanique. L'amidon de l'avoine, de l'orge et du blé, par exemple, est dégradé très rapidement, et est donc rapidement mis à disposition des micro-organismes. On parle ainsi souvent « d'amidon à dégradation rapide » ou, plus simplement, « d'amidon rapide ». A l'inverse, le maïs, le sorgho et la pomme de terre possèdent un amidon qui est dégradé plus lentement. On parle « d'amidon lent ». L'ampleur de la dégradation de l'amidon dans le rumen est quant à elle également fonction de l'origine botanique : l'amidon de l'orge est dégradé dans le rumen à raison de 90 à 95 %, alors que celui du grain de maïs est dégradé selon des proportions nettement moindres (50 à 90 %). Les glucides pariétaux (cellulose et hémicellulose) sont quant à eux dégradés lentement et partiellement (de l'ordre de 30 à 70 %) (figure 10). Enfin, rappelons que la lignine n'est pas dégradée par le ruminant. Le taux de dégradation des glucides pariétaux varie en sens inverse de la teneur en lignine.

Une fraction de l'amidon non digéré dans le rumen subit une digestion enzymatique dans l'intestin grêle qui entraîne la formation de

glucose, absorbé à travers la paroi. L'amidon non digéré dans l'intestin grêle est en partie dégradé par les micro-organismes du gros intestin. Les glucides pariétaux qui ont échappé aux fermentations microbiennes peuvent quant à eux subir une seconde fermentation dans le colon (figure 10).

- **La durée de séjour dans le rumen.**

Une durée de séjour dans le rumen plus longue veut dire que l'aliment est digéré par les bactéries plus longtemps avec une production potentielle d'AGV accrue. Un long temps de séjour est particulièrement favorable à la digestion des fibres brutes par les bactéries. La longueur des fibres et leur structure plus ou moins lignifiées jouent un rôle déterminant à ce niveau.

Avec une fréquence d'alimentation plus élevée ou avec une ration mélangée, la digestion est plus uniforme. En cas d'apport soudain de concentrés, la production élevée d'AGV entraîne une diminution du pH et impacte négativement la dégradation de la cellulose.

La digestion des aliments chez le ruminant

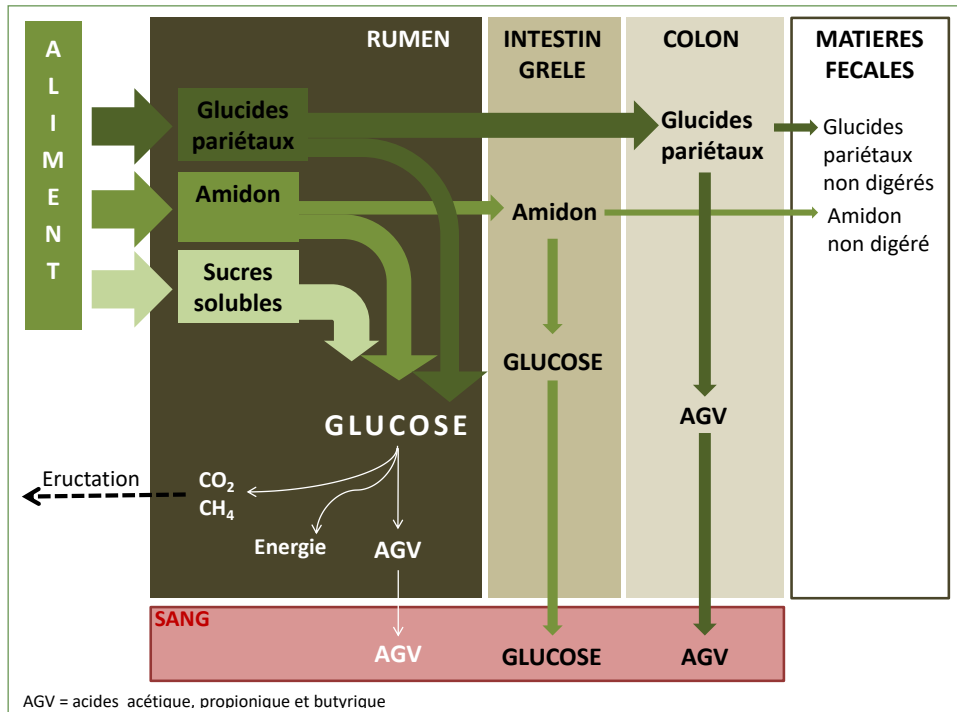


Figure 10: Schéma de la digestion des glucides chez le ruminant

II.2.2. La digestion des lipides

Les rations de ruminants contiennent généralement de l'ordre de 3 à 5 % de lipides dans la MS, c'est-à-dire relativement peu par rapport aux teneurs en glucides et en matières azotées. Le rumen est le siège d'une lipolyse intense et rapide : les lipides alimentaires sont hydrolysés par les micro-organismes du rumen, ce qui permet la production de glycérol et d'acides gras libres. Le glycérol formé est rapidement

fermenté en AGV, alors que les acides gras insaturés sont fortement remaniés par les micro-organismes du rumen (figure 11).

Les acides gras libres, fixés aux particules alimentaires, quittent le rumen, passent dans la caillette, puis dans l'intestin grêle, où ils sont digérés et absorbés (figure 11).

Notons qu'à côté de leur activité de dégradation des lipides alimentaires, les micro-organismes du rumen synthétisent des lipides

La digestion des aliments chez le ruminant

microbiens, caractérisés notamment par la présence d'acides gras ramifiés¹³. Lorsque ces micro-organismes quittent le rumen et passent dans la caillette, ils sont tués et désintégrés par le suc gastrique. Ceci permet la libération des

lipides microbiens, les acides gras libres microbiens rejoignant le pool d'acides gras libres pour subir la digestion et l'absorption intestinales (figure 11).

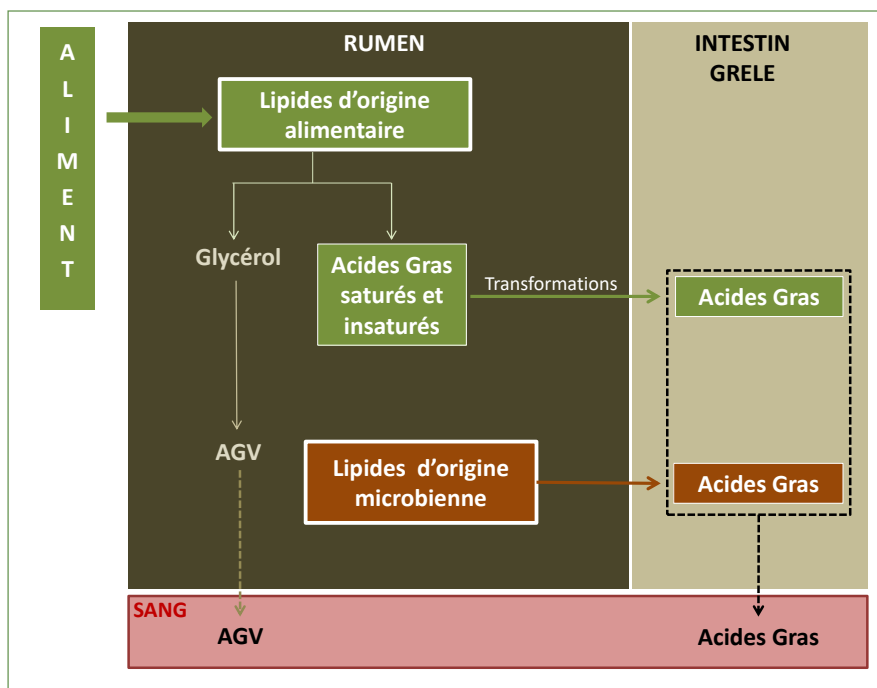


Figure 11: Schéma de la digestion des lipides chez le ruminant

¹³ Acides gras non linéaires.

La digestion des aliments chez le ruminant

II.2.3. La digestion des matières azotées

Les matières azotées alimentaires (composées des protéines et de l'azote non protéique) subissent dans le rumen une dégradation plus ou moins importante, dont le produit terminal est l'ammoniaque (NH_3) : les protéines alimentaires sont ainsi transformées en AA puis subissent une fermentation jusqu'au stade NH_3 , alors que l'azote non protéique est directement transformé en NH_3 . Cette dégradation génère la production d'une faible quantité d'énergie. L' NH_3 est utilisée par les micro-organismes 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 disponible pour les micro-organismes. Deux éléments doivent donc être présents en même temps pour qu'il y ait synthèse de protéines microbiennes : des matières azotées **et** de l'énergie. Si l'un est présent en quantités plus faibles que l'autre, il sera le facteur limitant et déterminera la quantité de protéines microbiennes formées (figure 12).

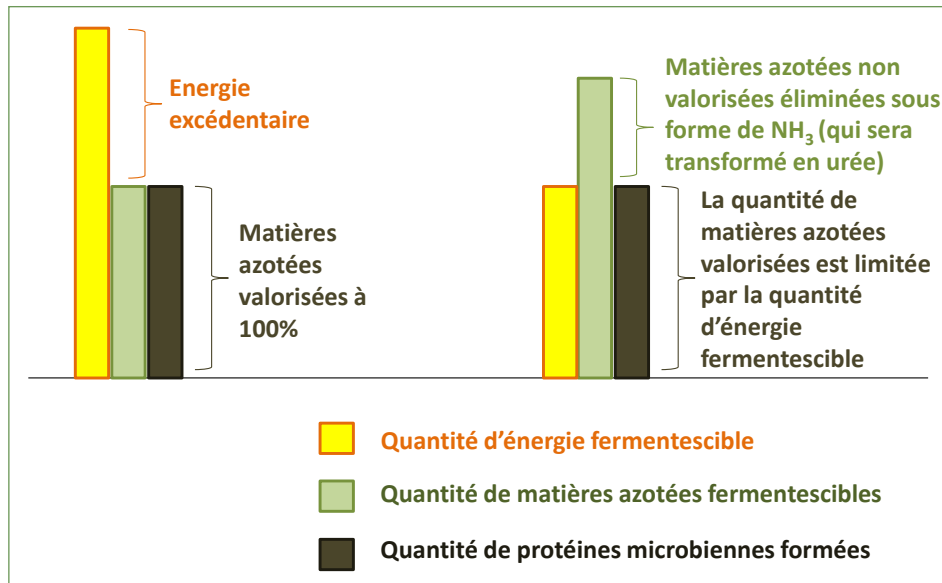


Figure 12: Quantités de protéines microbiennes formées dans le rumen selon la quantité d'énergie et de matières azotées fermentescibles

La digestion des aliments chez le ruminant

C'est principalement la dégradation des glucides qui va fournir l'énergie nécessaire à cette synthèse protéique. Par conséquent, en schématisant, on peut dire que pour se développer, la population microbienne du rumen a besoin de sources d'azote et de sources d'énergie, qui lui permettront de synthétiser les protéines nécessaires. Et pour que la totalité des matières azotées fermentescibles soit utilisée, il est nécessaire qu'il y ait suffisamment d'éner-

gie. Dans le cas contraire, les matières azotées excédentaires seront éliminées sous forme d' NH_3 potentiellement toxique.

L' NH_3 en excédent est en effet absorbée par la paroi du rumen et transportée jusqu'au foie pour être transformée en urée (figure 13). Cette urée est principalement excrétée par les reins et éliminée par les urines et le lait chez la vache en lactation. Elle peut cependant également retourner au rumen *via* la salive¹⁴.

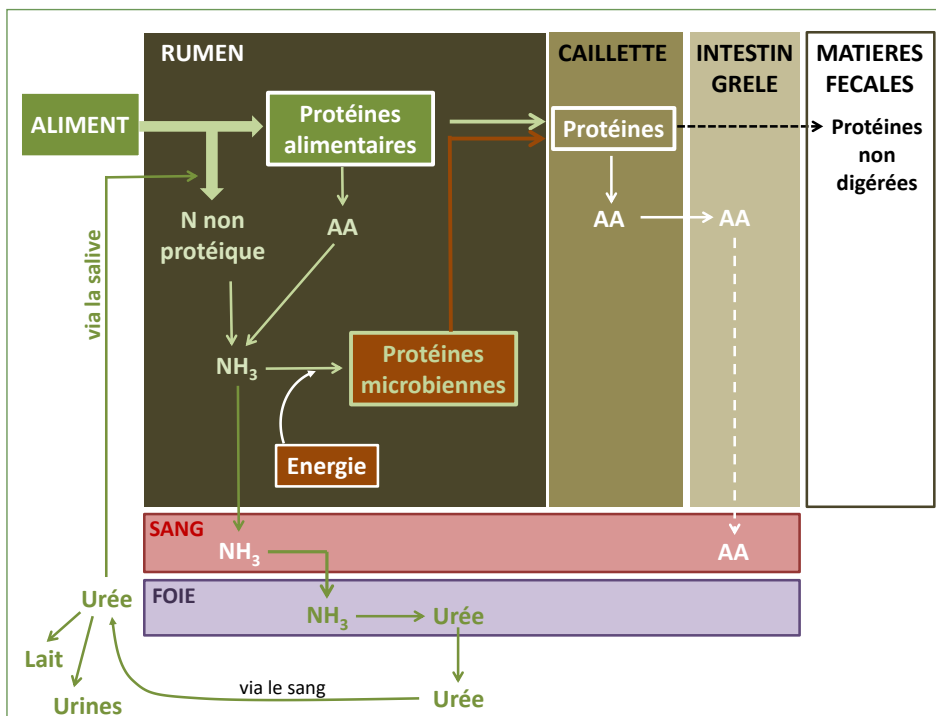


Figure 13: Schéma de la digestion des matières azotées chez le ruminant

¹⁴ Un phénomène de recyclage de l'urée à travers la paroi du rumen existe également.

La digestion des aliments chez le ruminant

On la retrouve aussi dans les sécrétions génitales, où une teneur élevée peut perturber la nidation de l'embryon, et dans le lait, où un excès peut contribuer à l'apparition de mammites. L'urée du lait, corrélée à l'urée du sang, peut facilement être mesurée par infrarouge. Elle constitue par conséquent un précieux indicateur de l'équilibre énergie/azote de la ration et des excès d'azote dégradable.

Quel est le devenir de ces protéines microbiennes ? Une partie de la population microbienne (et donc de leurs protéines) est dégradée au sein du rumen ; une autre partie reste libre dans le liquide ruminal, et enfin une dernière partie est accrochée aux particules alimentaires. Une partie des bactéries libres et fixées aux particules alimentaires quitte le rumen et passe dans la caillette, où elle subit alors une digestion enzymatique (figure 13). Les acides aminés venant des protéines microbiennes sont de haute qualité.

Remarquons qu'une partie des protéines de la ration résiste à la dégradation ruminale et passe dans la caillette, où elle est alors dégradée par voie enzymatique (« protéines *by-pass* »).

Les matières azotées de la ration présentent donc une grande variabilité au niveau de leur dégradation dans le rumen-réseau : certaines sont dégradées en NH_3 dans le rumen-réseau, tandis que d'autres sont épargnées par cette dégradation. La résistance des protéines alimentaires à l'action des micro-organismes ru-

minaux dépend précisément de la nature de la protéine. Les protéines végétales crues (telles que celles présentes dans les fourrages) sont ainsi généralement très dégradables, celles ayant subi un traitement par la chaleur le sont moins.

Par conséquent, au niveau de la caillette et de l'intestin grêle, toutes les protéines, qu'elles soient microbiennes ou bien encore alimentaires, subissent l'action des enzymes digestives et sont dégradées en AA. Ces AA sont absorbés au niveau de l'intestin grêle.

Les acides aminés sont utilisés au niveau du métabolisme de l'animal pour former les **protéines** dont il a besoin pour fonctionner et se développer. La fabrication de ces protéines répond à une recette stricte et il faut donc les bons ingrédients pour fabriquer les protéines. Lorsqu'il manque un acide aminé pour fabriquer une protéine, elle ne sera pas fabriquée et le restant des acides aminés seront inutilisables pour cette protéine. Selon une étude de Gembloux Agro-Bio Tech, la méthionine, la phénylalanine et l'arginine peuvent être des acides aminés limitants lors de l'engraissement de taurillons de race Blanc Bleu Belge.

Il est important d'adapter l'énergie et les protéines dans la ration pour éviter les pertes et pouvoir répondre aux besoins de l'animal. Il faut tendre à un équilibre entre les apports énergétiques et protéiques (voir partie sur OEB).

La digestion des aliments chez le ruminant

II.2.4. La digestion des minéraux

Les macro-éléments et les oligo-éléments se trouvent sous des formes chimiques variées dans les aliments. La forme sous laquelle ils se trouvent conditionne leur absorption au niveau du tube digestif. Par exemple, l'absorption du calcium (Ca) est limitée lorsqu'il est présent dans l'aliment sous forme d'oxalates de Ca.

En outre, de nombreuses interactions existent entre les minéraux. Ainsi, au niveau de l'intestin grêle, l'absorption du Ca est corrélée positivement à la concentration en phosphore inorganique, mais négativement à celle en magnésium.

Enfin, l'absorption de certains éléments peut également être modulée par le statut physiolo-

gique de l'animal en cet élément. Par exemple, l'absorption intestinale du Ca est augmentée lorsque les concentrations en Ca dans le sang sont faibles, et ce, grâce à la sécrétion de vitamine D active.

II.3. La digestibilité des aliments

II.3.1. Définitions

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 :

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

La digestibilité apparente est toujours inférieure à 1. Dans les revues spécialisées, le terme **coefficient de digestibilité** est parfois employé. Il s'agit de la digestibilité apparente multipliée par 100 et exprimée en pourcentage :

$$\begin{aligned} &\text{Coefficient de digestibilité (\%)} \\ &= \text{digestibilité apparente} \times 100. \end{aligned}$$

Par convention, nous assimilerons les deux termes dans la suite du document.

La digestibilité apparente varie selon la nature de l'aliment, sa composition chimique et la présence éventuelle de facteurs antinutritionnels. Sa détermination peut être effectuée par différentes méthodes. On distingue des méthodes sur l'animal (*in vivo* par récolte des matières fécales ou par sachet de nylon incubé dans le rumen et l'intestin grêle) ou en laboratoire (*in vitro*).

La digestion des aliments chez le ruminant

II.3.2. La digestibilité des aliments

Pour les aliments d'origine végétale, il faut distinguer, sur le plan de la digestibilité, les constituants des parois des cellules végétales (glucides pariétaux et lignine) et les constituants du contenu cellulaire (glucides cytoplasmiques, lipides et protéines). Ainsi, on peut classer les constituants selon l'ordre décroissant de digestibilité suivant : **sucre**s solubles > amidon > hémicellulose > cellulose > lignine. La lignine, qui apparaît au cours du processus de maturation des végétaux, est indigestible. En se liant à la cellulose et à l'hémicellulose, elle rend ces constituants inaccessibles aux micro-organismes et limite donc leur digestibilité. Le degré de dégradation des parois évolue donc en sens inverse de leur teneur en lignine : la digestibilité des parois d'un ray-grass jeune atteint 90 %, alors que celle de la paille de blé n'est que de 40 %.

Selon les proportions de chaque constituant, la digestibilité des aliments varie. Ainsi, les concentrés, riches en amidon, auront une digestibilité élevée, de même que des fourrages jeunes, riches en sucres solubles. Par contre, un fourrage à un stade de végétation avancé, riche en lignine, aura une digestibilité faible.

A côté du stade de végétation, il existe d'autres facteurs affectant la digestibilité des fourrages, tels que **le mode de conservation, le mode de présentation, ainsi que la composition de la ration**. Ainsi, la fenaison, si elle est réalisée lors de mauvaises conditions climatiques, a pour effet de diminuer la digestibilité des fourrages car ces derniers auront été « lavés » de leurs constituants solubles. L'ensilage et la déshydratation n'ont par contre que peu d'effets sur la digestibilité globale des aliments. Concernant le mode de présentation, le broyage excessif des fourrages et leur éventuelle agglomération entraîne une diminution de leur digestibilité. Les fourrages ont en effet des temps de séjour relativement longs dans le rumen, d'autant plus s'ils sont présentés sous forme de longs brins. Si les fourrages sont broyés, le temps de séjour dans le rumen est écourté et les dégradations par fermentations sont diminuées. La diminution de la production de salive favorise de plus la chute du pH intra-ruminal, ce qui entraîne une diminution de l'activité des bactéries cellulolytiques, et donc une nouvelle diminution de la digestibilité.

La digestion des aliments chez le ruminant

En bref

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

Le rumen est un écosystème peuplé de micro-organismes qui vivent en symbiose avec le ruminant. Ces micro-organismes, adaptés à vivre dans un environnement caractérisé par un pH de 6,0 à 7,0, dégradent la plupart des composants de la ration alimentaire.

Ainsi, 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). L'amidon non digéré dans le rumen subit quant à lui une digestion enzymatique dans l'intestin grêle.

Les lipides alimentaires sont hydrolysés par les micro-organismes du rumen, ce qui permet notamment la production d'acides gras libres. Après transformation, ceux-ci sont digérés et absorbés dans l'intestin grêle. Les micro-organismes synthétisent par ailleurs des lipides microbiens. Lorsque ces micro-organismes quittent le rumen et passent dans la

caillette, ils sont tués et désintégrés par le suc gastrique. Ceci permet la libération des lipides microbiens ; les acides gras libres microbiens rejoignant le pool d'acides gras libres pour subir la digestion et l'absorption intestinales.

Enfin, une partie importante des matières azotées alimentaires subit dans le rumen une dégradation dont le produit terminal est principalement l'ammoniaque qui est utilisée par les micro-organismes 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 qui va fournir l'énergie nécessaire à cette synthèse protéique. De même que les protéines de la ration qui ont résisté à la dégradation ruminale, les protéines microbiennes subissent une digestion enzymatique dans la caillette, conduisant à la formation d'acides aminés.

Les aliments ingérés par l'animal ne sont quasiment jamais digérés et absorbés en totalité. La digestibilité varie ainsi principalement selon la nature de l'aliment et sa composition chimique. La lignine, qui apparaît au cours du processus de maturation des végétaux est indigestible. Aussi, le degré de dégradation des parois évolue en sens inverse de leur teneur en lignine.

III. L'expression des besoins des animaux et des apports de la ration

Les animaux se caractérisent par cinq catégories de besoins différents, qui doivent être couverts par l'alimentation : l'énergie, les matières azotées, les minéraux et oligo-éléments, les vitamines et l'eau.

Pour pouvoir calculer des rations, il faut que les besoins des animaux et les apports alimentaires soient exprimés dans la même unité de mesure.

III.1. Expression des besoins et des apports en matière sèche

La **capacité d'ingestion** d'une vache correspond à la quantité d'aliments distribués *ad libitum* qu'elle ingère volontairement. La capacité d'ingestion d'une vache viandeuse varie en fonction de paramètres physiologiques et de la qualité de la ration (figure 14). On parle de limitation de l'ingestion par des paramètres mécaniques (encombrement lié à la capacité du rumen, au développement du fœtus, ...) et métaboliques (état d'embonpoint).

Une ration constituée d'un aliment bien apprécié et présentant une bonne digestibilité, comme un bon foin, sera ingérée en plus grande quantité qu'une ration constituée d'un foin de mauvaise qualité. Une ration carencée en protéine provoque également une diminution d'ingestion.

La capacité d'ingestion est minimale aux environs de la mise-bas et, en cas d'allaitement, maximale vers le 3^{ème} mois de lactation.

Généralement exprimée par 100 kg de poids vif, la capacité d'ingestion varie aussi en fonction

- **de la race** : comme signalé plus haut, la vache Blanc Bleu Belge de type culard a une capacité d'ingestion réduite par rapport à d'autres races. En ce qui concerne les races françaises, la vache Limousine consomme moins que la vache Charolaise.

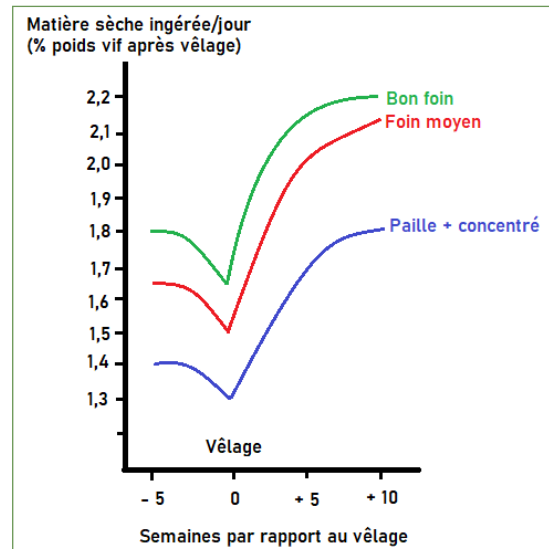


Figure 14: Exemples de quantités ingérées par des vaches Charolaises en fin de gestation et début de lactation selon la qualité des fourrages (d'après Inra, 1988)

Besoin et apports de la ration

- du **poids** vif de l'animal, le poids après vêlage peut être pris comme référence (cfr p60).
- de la **production laitière**.
- de la **parité** : une vache primipare a une capacité d'ingestion moindre surtout en gestation.
- de **l'état corporel** : une vache maigre a une capacité d'ingestion plus élevée.

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

A quoi sert l'évaluation de l'ingestion réelle d'un animal ?

La capacité d'ingestion permet de prévoir la ration.

La mesure de l'ingestion réelle permet, elle, d'évaluer les quantités réellement ingérées par rapport aux quantités calculées théoriquement et d'ajuster si nécessaire les quantités distribuées.

Remarquons que pour évaluer les quantités ingérées, exprimées en kg de MS, il sera nécessaire de connaître d'une part les quantités distribuées de chaque aliment, et d'autre part, leur taux respectif en MS.

- **Quantités distribuées** : il existe différentes méthodes permettant d'évaluer les quantités distribuées (pont bascule, système de pesage sur la mélangeuse, mesure de la longueur prélevée sur un silo d'ensilage, ...). Par ailleurs, il faut considérer qu'un fourrage est distribué « à volonté » lorsque l'on peut constater qu'à la distribution suivante, il subsiste un surplus consommable (>2%). Les refus sont en effet un indicateur indirect de l'ingestion, à la fois sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif : ils permettent d'une part d'ajuster les quantités, d'autre part d'évaluer si les vaches effectuent un tri. Au pâturage, ils peuvent donner une indication sur le moment du changement de parcelle pour autant que la quantité d'herbe disponible est en adéquation avec les besoins des animaux.
- **Taux de MS** : pour les fourrages, seule une analyse en laboratoire permet de connaître avec exactitude le taux en MS. Nous soulignons ici ce faisant l'importance de réaliser cette démarche pour tout éleveur souhaitant mieux contrôler le rationnement de son troupeau. Il existe néanmoins une méthode empirique permettant une estimation du taux en MS du fourrage. Celle-ci consiste à placer dans un four à micro-ondes un échantillon du fourrage de 100 g et un verre d'eau. On règle ensuite la minuterie sur trois minutes. On pèse alors l'échantillon et on le remet au four pendant deux minutes supplémentaires. On pèse l'échantillon à nouveau et on reprend le processus jusqu'à ce que le poids ne

change plus. Il est nécessaire de placer un verre d'eau dans le four à micro-ondes et de surveiller les opérations de près. Le pourcentage de MS est alors égal au poids final divisé par le poids initial et multiplié par 100.

En cas de temps pluvieux, la teneur en MS au niveau du front d'attaque peut être diminuée sauf si la bêche a été remise après utilisation.

La teneur en MS des concentrés est quant à elle relativement constante et oscille la plupart du temps entre 87 et 90 %.

Estimation précise de la capacité d'ingestion

Le système de calcul des rations français emploie une formule mathématique pour calculer précisément la capacité d'ingestion d'une vache, en tenant compte des différents paramètres qui influencent celle-ci. L'unité utilisée pour exprimer cette capacité chez la vache viandeuse est alors l'UEB, pour Unité d'Encombrement Bovins, 1 UEB correspondant à la consommation de 1 kg de MS du fourrage de référence (une herbe jeune au stade pâture)¹⁵.

Les besoins des animaux et les apports alimentaires de la ration sont toujours exprimés dans la même unité, afin de pouvoir les comparer et les faire coïncider au mieux. Aussi, les fourrages possèdent une « valeur d'encombrement », exprimée elle aussi en UEB. Cette valeur d'encombrement s'exprime par rapport à l'aliment de référence, l'herbe jeune au stade pâture : la « valeur d'encombrement d'un fourrage » est ainsi égale à la quantité consommée du fourrage de référence divisée par la quantité consommée du fourrage considéré. Ainsi, un fourrage (tableau 2) possédant par exemple une valeur d'encombrement de 1,25 UEB sera théoriquement 25% plus encombrant que le fourrage de référence. La valeur d'encombrement d'un fourrage dépend de plusieurs facteurs : l'espèce concernée, son stade végétatif (et donc son taux de cellulose brute) et la finesse de hachage (un hachage fin diminue la valeur d'encombrement et augmente donc la quantité ingérée).

A titre d'exemple, une vache Charolaise de 750 kg en fin de gestation a une capacité d'ingestion de 14,5 UEB. Ceci correspond à la consommation de 14,5 kg de MS de l'aliment de référence, l'herbe jeune au stade pâture à 1 UEB ou à la consommation de 12,6 kg de MS d'un ensilage d'herbe réalisé tôt à 33 % de MS et 1,15 UEB ($14,5/1,15 = 12,6$ kg de MS).

¹⁵ L'unité d'encombrement (UE) correspond à l'encombrement dans le rumen d'1 kg d'herbe jeune de pâturage qui a une digestibilité de la matière organique de 77%.

Besoin et apports de la ration

Par cet exemple, on réalise que connaître la capacité d'ingestion de l'animal et la valeur d'encombrement du fourrage permet de déterminer la quantité de MS volontairement ingérée par cet animal.

Tableau 2: Valeur d'encombrement de différents fourrages (en UEB/kg MS)

Herbe jeune au stade pâture	1,00
Foin bonne qualité	1,20
Paille de blé	1,80
Ensilage d'herbe préfané, réalisé tôt (33% de MS)	1,09
Ensilage de maïs, hachage fin sans conservateur (35% de MS)	1,21
Ensilage d'herbe, réalisé tard (33% de MS)	1,26

Remarquons qu'à l'opposé de bien des fourrages, les aliments concentrés sont plus intensément et rapidement digérés. En conséquence, leur valeur d'encombrement est inférieure à celle des fourrages. Elle est, de plus, variable et dépend de facteurs liés aux animaux et à la ration. La présentation peut également influencer la valeur d'encombrement : par exemple, le hachage du foin la réduit.

III.2. Expression des besoins et des apports en énergie

La quantité totale d'énergie contenue dans un aliment est appelée **l'énergie brute** (EB). Elle varie selon la nature de l'aliment, en fonction des nutriments présents dans celui-ci.

L'EB n'est jamais valorisée complètement par l'animal (figure 15). En effet, selon la digestibilité de la ration, une fraction plus ou moins importante de l'EB se retrouve dans les ma-

tières fécales et est donc perdue. L'énergie résiduelle s'appelle **l'énergie digestible** (ED). Une fraction de l'ED est ensuite perdue via les urines et les gaz, l'énergie restante s'appelant **l'énergie métabolisable** (EM). Au niveau cellulaire, l'EM est en partie dissipée sous forme d'extra-chaueur, c'est-à-dire un surplus de production de chaleur chez l'animal qui a fait un repas, le solde étant **l'énergie nette** (EN), soit l'énergie disponible pour les cellules animales.

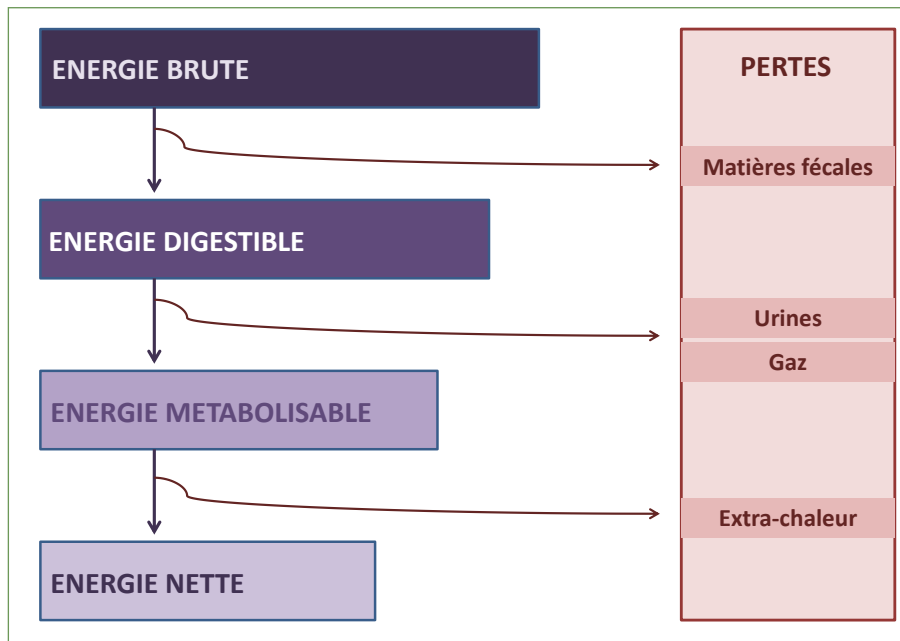


Figure 15: Utilisation de l'énergie des aliments chez les ruminants

Besoin et apports de la ration

L'EN est utilement employée pour exprimer les besoins d'entretien ou de production. Ceci explique que les valeurs énergétiques des aliments sont toujours exprimées en EN.

L'unité de référence de l'énergie est classiquement la calorie (cal) ou le joule. Cependant, en Belgique, pour les vaches et les génisses, on utilise un système hollandais d'unité énergétique : le **VEM** (pour *Voeder Eenheid vor Melk*). Le VEVI (*Voeder Eenheid Vlees Intensief*) est utilisé pour les animaux à l'engraissement (production de viande).

1 VEM correspond à la quantité d'EN contenue dans 1 g d'orge. Pour faciliter les calculs et matérialiser l'énergie, il a en effet été convenu de prendre un aliment de référence, en l'occurrence l'orge, et de comparer les autres aliments à sa valeur énergétique.

Ainsi, 1 kg d'orge correspond à 1 000 VEM, ou encore, à 1 KVEM. Par rapport à l'unité énergétique de référence qui est la calorie, retenons que 1 kg d'orge contient 1 650 Kcal d'EN.

Il est important de préciser ici que nous parlons bien de 1 kg d'orge, et non pas de 1 kg de MS d'orge.

Attention! L'EN d'un aliment ou d'une ration correspond à **l'énergie potentielle** contenue dans cet aliment ou cette ration. En effet, pour qu'une valorisation optimale de l'énergie présente dans l'aliment ou la ration ait lieu, il faut

que simultanément, dans le rumen, il y ait présence de cette énergie et de matières azotées, afin de permettre une synthèse de protéines microbiennes. Enfin, il importe aussi que tous les mécanismes digestifs soient opérants. De ce point de vue, les mécanismes de la digestion dans le rumen sont de la plus haute importance (ingestion, rumination, fermentation) puisque pratiquement 2/3 de l'énergie fournie à l'animal l'est sous forme d'AGV issus des fermentations microbiennes.

Les teneurs énergétiques des aliments distribués aux bovins sont très variables. Elles peuvent être trouvées dans la table de valeur alimentaire qui figure dans le livret n°22 sur l'alimentation de la vache laitière. A titre d'exemple, les valeurs énergétiques de 1 kg de matière sèche d'une herbe pâturée et d'un ensilage de très bonne qualité sont respectivement d'environ 1000 et de 840 VEM/kg de matière sèche.

En France, c'est l'unité fourragère lait (UFL) qui est employée pour exprimer les besoins et les apports énergétiques pour les animaux d'élevage. L'unité fourragère viande (UFV) est utilisée pour les animaux à l'engraissement.

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 l'animal.

III.3. Expression des besoins et des apports en matières azotées

Pour rappel, les matières azotées qui quittent le rumen-réseau peuvent être schématiquement classées en deux catégories : les protéines microbiennes d'une part, et les protéines alimentaires non dégradées d'autre part. Pour qu'il y ait synthèse de protéines microbiennes dans le rumen, deux éléments sont nécessaires : de l'N, essentiellement sous forme d' NH_3 , et de l'énergie. A partir de la caillette et au niveau de l'intestin grêle, toutes les protéines, qu'elles soient microbiennes ou alimentaires, subissent une digestion enzymatique similaire.

En Belgique, les apports et les besoins en matières azotées sont exprimés selon le système hollandais **DVE/OEB** (DVE : *DarmVerteerbaar Eiwit* ; OEB : *Onbestendige Eiwit Balans*). Il s'agit d'un système à deux composantes.

Les **DVE** désignent les protéines digestibles dans l'intestin. Celles-ci qualifient les apports en AA digestibles dans l'intestin pour la vache laitière et comprennent d'une part les protéines alimentaires non dégradées dans le rumen-réseau et qui vont être digérées dans l'intestin, et d'autre part, les protéines microbiennes synthétisées dans le rumen qui vont, elles aussi, être digérées dans l'intestin.

Il faut toutefois savoir que ce système d'unité prend en compte les protéines microbiennes qui peuvent être théoriquement formées à partir de l'énergie fermentescible. La valeur DVE

suppose donc qu'il y ait suffisamment d'N fermentescible dans le rumen, une situation qui n'est évidemment pas toujours rencontrée. Par conséquent, il peut arriver que la valeur DVE soit en partie constituée par des protéines « potentielles », s'il existe dans le rumen un excès d'énergie par rapport à l'N présent.

La valeur DVE se calcule en additionnant les protéines alimentaires non dégradées dans le rumen-réseau et les protéines microbiennes, et en soustrayant les protéines endogènes présentes dans les matières fécales. Cette dernière fraction correspond à des protéines constitutives des enzymes assurant la digestion et des cellules de la paroi intestinale. Elle équivaut à 7,5% de la cellulose brute.

DVE = protéines alimentaires non dégradées + protéines microbiennes – protéines endogènes

L'**OEB** constitue quant à lui le bilan des protéines dégradables dans le rumen. Il qualifie la nutrition azotée et énergétique des micro-organismes du rumen. Il représente la différence entre la quantité théorique de protéines microbiennes permise par l'N fermentescible et la quantité théorique de protéines microbiennes permise par l'énergie fermentescible.

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

Besoin et apports de la ration

Chaque aliment possède donc une valeur de DVE et une valeur d'OEB. Comme pour l'énergie, lors du calcul de la ration, les apports en DVE et 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. L'**OEB de la ration est positif** (figure 16). Dans ce cas, il existe un excès d'N dans le rumen, c'est-à-dire de l'N fermentescible non transformé en protéines microbiennes. Le DVE exprime alors une protéine vraie. Puisque le DVE est réel, les besoins de la vache en DVE sont donc réellement couverts par la ration. On considère que, pour une vache Blanc Bleu Belge, un excédent de DVE est admissible. L'excès d'N, qui se présente sous la forme d' NH_3 , est éliminé par les urines et le lait, après transformation au niveau du foie en urée.

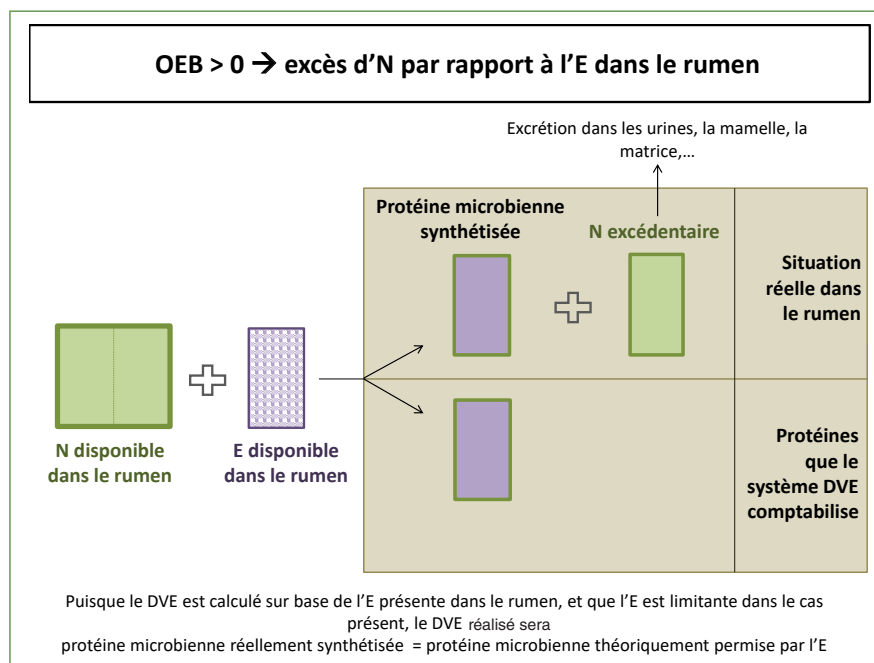
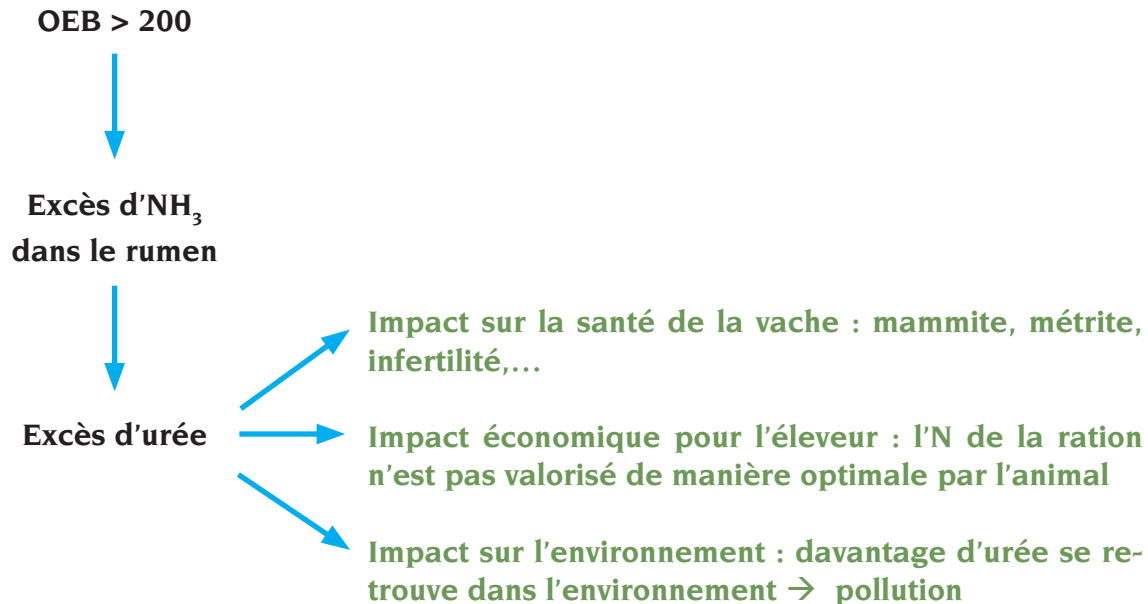


Figure 16: L'OEB de la ration est positif

Besoin et apports de la ration

Un excès d'N, s'il est limité, est acceptable. Un excès important d'N aura par contre des impacts non négligeables sur la santé de la vache : risques accrus de mammites, de métrites, diminution de la fertilité, ... En outre, vu que cet N n'a pas été valorisé par l'animal mais

qu'il a néanmoins été incorporé dans la ration, ceci représente une perte économique pour l'éleveur. Enfin, l'augmentation de l'excrétion d'urée dans les urines a également des conséquences néfastes pour l'environnement.



Besoin et apports de la ration

2. **L'OEB de la ration est négatif** (Figure 17). Dans ce cas, il existe un déficit en N au regard de l'énergie fermentescible dans le rumen. Une partie du DVE est alors surestimée et dite «potentielle». Ce faisant, les besoins de la vache en DVE risquent de ne pas être totalement couverts. On considère que, pour une vache non allaitante Blanc Bleu Belge, un déficit limité de l'OEB

dans la ration peut être toléré pendant une courte période. Selon l'ILVO (2013), ce dernier ne peut dépasser aucune des formules suivantes :

$$1) [(apport \text{ en DVE} - \text{besoins en DVE}) : 0,65]$$

$$2) [(PV - 250) \times 0,25]$$

Avec PV = poids vif.

48

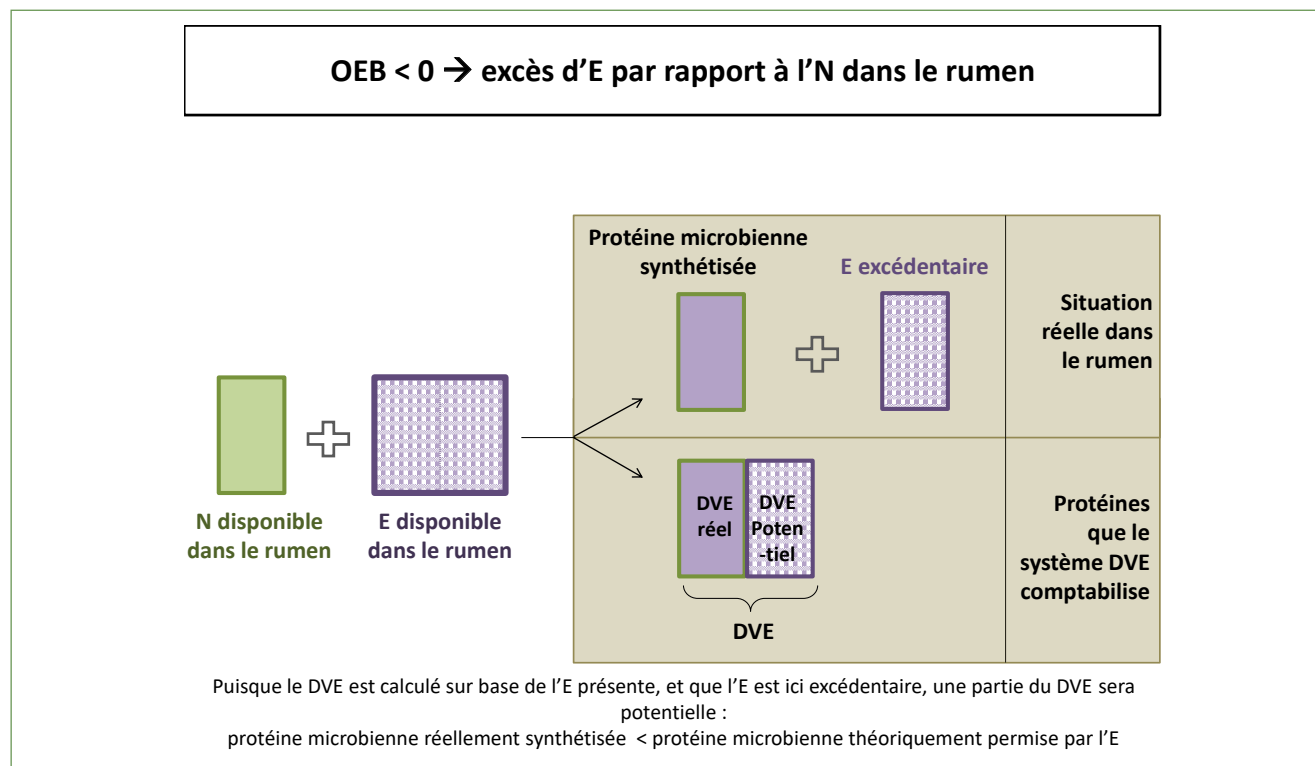


Figure 17: L'OEB de la ration est négatif

Besoin et apports de la ration

3. **L'OEB de la ration est égal à 0** (figure 18).
La quantité d'azote fermentescible corres-

pond alors au potentiel lié à l'énergie fermentescible.

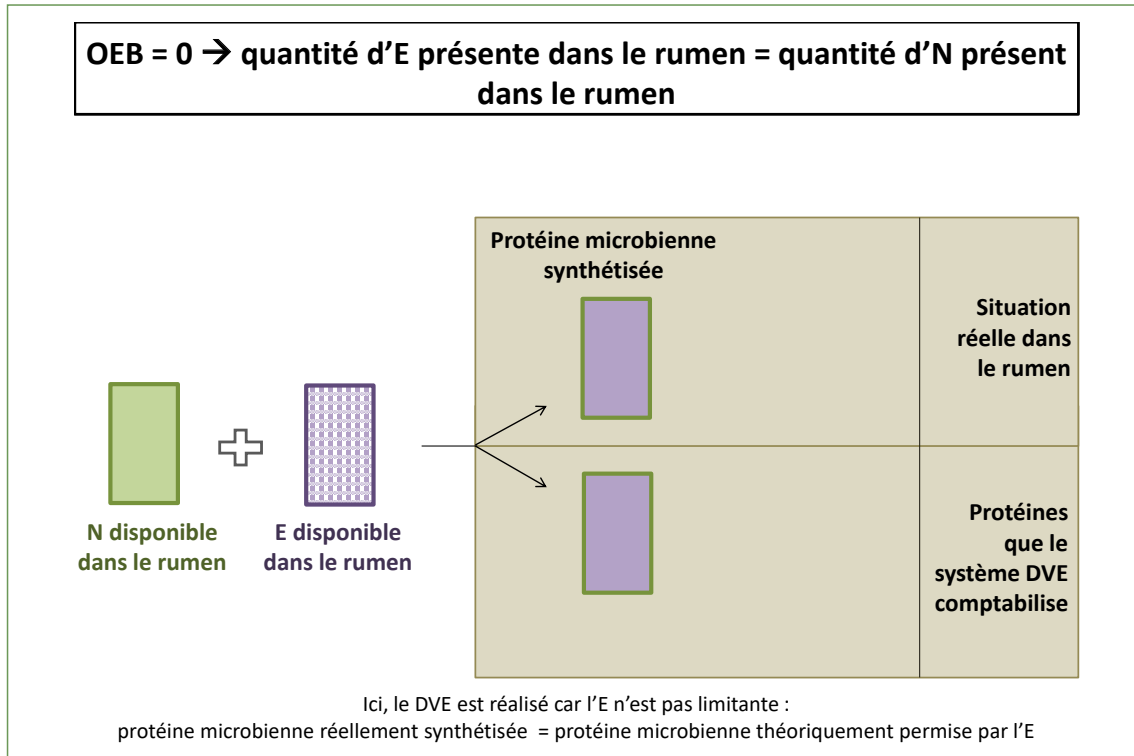


Figure 18: L'OEB de la ration est égal à 0

Les teneurs en DVE et en OEB des aliments sont très variables. A titre d'exemple, les valeurs moyennes DVE et OEB par kg de MS d'une herbe pâturée de très bonne qualité sont de 103 g et de 56 g/kg de matière sèche ; ces valeurs élevées indiquent que cet aliment apporte 103 g de protéines digestibles et que la

flore dispose d'un excédent d'azote pour synthétiser ses molécules azotées (OEB positif). Les valeurs DVE et OEB de l'orge sont de 94 et -23 g/kg de matière sèche ; l'orge pourrait apporter 94 g de protéines digestibles à condition que la flore dispose d'un supplément de 23 g de protéines fermentescibles.

Ces dernières années, de nombreuses recherches ont été menées sur les systèmes d'évaluation de la protéine. Suite à ces développements, il est apparu qu'une mise à jour et une amélioration du système DVE/OEB1991 étaient nécessaires. Différentes modifications destinées à mieux évaluer la valeur protéique des aliments ont ainsi été apportées en 2010. Ces modifications concernent principalement :

1. La distinction de différentes fractions dans les composants des aliments, caractérisées par une vitesse de dégradation et un taux de passage spécifiques,
2. l'efficacité de la synthèse protéique microbienne dans le rumen,

Ces modifications interviennent dans le calcul des protéines microbiennes synthétisées dans le rumen (équation DVE).

1. La dégradabilité des aliments peut être mesurée par la technique dite des sachets de nylon. Ces sachets contiennent des aliments mis en incubation dans le rumen pendant différentes périodes de temps. La pesée des aliments avant et après cette incubation permet de mesurer la dégradabilité dans le rumen. De plus, chacun des composants d'un aliment — par exemple, l'amidon ou les fibres NDF

— peut être séparé en plusieurs fractions distinctes, caractérisées par des dégradabilités différentes. Alors que le système DVE/OEB1991 comptabilisait trois fractions différentes pour chaque composant, le système DVE/OEB2010 en compte quatre : une fraction soluble, une fraction lessivable, une fraction non lessivable mais potentiellement dégradable et une fraction non lessivable et non dégradable. Chacune des quatre fractions s'exprime en g/g de MS. Et pour chacune de ces fractions, un taux de dégradation dans le rumen est calculé.

A côté de cette première nouveauté, le système DVE/OEB2010 tient également compte de façon plus précise de la dynamique des particules alimentaires, ou, plus précisément, des mécanismes impliqués dans l'évacuation des particules alimentaires hors du rumen. Cette évacuation se mesure via ce que l'on appelle le taux de sortie ou, plus communément, le taux de passage. Les taux de passage des particules alimentaires sont d'importants déterminants de la disponibilité et de l'utilisation des composants alimentaires par les micro-organismes du rumen, de même que de l'efficacité de la croissance microbienne. Des études menées ces dernières années ont montré que non

seulement les fourrages et les concentrés avaient des taux de passage différents, mais leurs composants (protéines, amidon, ...) également. Par conséquent, dans le système DVE/OEB2010, des taux de passage spécifiques sont utilisés pour les différents composants de l'aliment, en plus de la distinction entre liquides, petites particules solides (les concentrés) et grandes particules solides (les fourrages).

2. Pour leur synthèse protéique, les micro-organismes ont besoin d'énergie ; celle-ci est principalement fournie par les fermentations des glucides contenus dans les aliments, la dégradation par fermentation des protéines alimentaires fournissant elle aussi de l'énergie, mais en quantités nettement moindres. Dans le système DVE/OEB1991, on considérait qu'une quantité fixe de 150 g de protéines microbiennes était produite par kg de matière organique fermentescible (ce terme désigne la matière organique qui fermente, c'est-à-dire les glucides et les protéines). Cependant, des recherches ultérieures ont montré que l'efficacité de cette synthèse protéique et de la croissance microbienne était principalement

fonction du type de substrat fermenté et de son taux de passage, ainsi que du type de micro-organismes présents dans le rumen. Le système DVE/OEB2010 tient compte de ces deux éléments. Il module donc l'efficacité de la synthèse protéique en fonction des composants des aliments de la ration. Ce faisant, il différencie la quantité d'énergie apportée suite à la fermentation de chaque type de composant de l'aliment : amidon, glucides pariétaux, protéines, ... Il permet ainsi une meilleure prise en compte de la synchronisation entre les apports en protéines et les sources d'énergie pour les micro-organismes du rumen.

Bien qu'il permette une meilleure prise en compte de la physiologie digestive du ruminant, notons que ce nouveau système n'est pas encore d'application en Wallonie. L'évaluation des DVE auprès des laboratoires classiques, lors d'une analyse de fourrage par exemple, repose donc encore sur le système DVE/OEB1991.

Besoin et apports de la ration

En France, les besoins et les apports protéiques sont exprimés en PDI, protéines digestibles dans l'intestin. Les PDI proviennent des protéines alimentaires digestibles non dégradées (PDIA) et des protéines microbiennes digestibles qui sont synthétisées dans le rumen (PDIM). Par rapport au système DVE/OEB, il n'est pas tenu compte des pertes d'azote endogène.

$PDI = PDIA + PDIM$

Le système a évolué pour prendre en compte les interactions entre les aliments. Ainsi, le pourcentage de concentré dans la ration et le niveau d'ingestion influencent la valorisation de la ration : lorsqu'ils augmentent, la digestibilité de la ration diminue. Une nouvelle valeur, « BalProRu », a été introduite pour évaluer la « balance protéique du rumen ». Elle représente l'équilibre entre l'azote dégradé et l'énergie disponible dans le rumen. La valeur « BalProRu » présente des analogies avec celle de l'OEB.

En pratique, les systèmes hollandais et français se basent tous les deux sur l'apport en protéines au niveau de l'intestin et prennent en compte les modifications de la matière azotée au niveau du rumen. Les méthodes de calcul des besoins des animaux et des valeurs alimentaires des aliments sont cependant différentes et ne permettent pas de passer d'un système à l'autre aisément. Dans le cadre de ce livret, nous utiliserons principalement le système hollandais, d'application en Belgique.

III.4. Expression des besoins et des apports en minéraux et vitamines

Comme c'est le cas pour l'énergie et les matières azotées, les apports en minéraux et en vitamines des différents aliments de la ration doivent être évalués et additionnés, et comparés aux besoins de l'animal. Si les besoins ne sont pas couverts, un apport complémentaire en minéraux et en vitamines est alors réalisé, généralement sous la forme d'un complexe minéral vitaminé, dont la composition sera choisie en fonction des déficits existants. Cette démarche suppose de connaître préalablement d'une part la teneur en minéraux et en vitamines des aliments de la ration, et d'autre part les besoins de l'animal.

Les apports en minéraux des aliments sont exprimés en g/kg de MS d'aliment pour les macro-éléments (Ca, P, K, Na, Cl, S et Mg) et en mg/kg de MS d'aliment ou en ppm pour les oligo-éléments (Fe, Se, Zn, Cu, I, Co et Mn). 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 expri-

més 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*.

Certains minéraux et vitamines doivent faire l'objet d'une surveillance attentive lors du calcul de ration afin précisément que les besoins soient couverts et d'éviter qu'une situation d'excès ou de carence — clinique ou subclinique — n'apparaisse. Ainsi, au niveau des macro-éléments, il faut être particulièrement vigilant pour le Ca, le P, le Mg et le Na. Le Cl et le K posent cependant rarement des problèmes. Au niveau des oligo-éléments, une attention particulière doit être portée au cours du rationnement pour le Cu, le Zn et le Mn. Les apports en I et le Se sont quant à eux parfois problématiques. Ceux en Fe et en Co ne le sont en général pas. Les principaux rôles des minéraux et oligo-éléments, les symptômes induits par une carence ou excès, ainsi que leurs teneurs dans quelques aliments sont indiqués dans le tableau qui figure en annexe 1. Au niveau des vitamines, il convient de vérifier la couverture des besoins de l'animal en vitamines A, D et E. Les autres vitamines (K, B et C) sont rarement problématiques puisqu'elles sont synthétisées par les micro-organismes du rumen.

Éléments minéraux toxiques

Normalement, les risques d'intoxication aux métaux lourds sont limités. D'autant plus qu'il existe des réglementations strictes pour les matières premières utilisées dans l'alimentation du bétail. Il faut faire surtout attention aux contaminations accidentelles.

Arsenic

L'excès d'arsenic peut entraîner des troubles digestifs, neurologiques et cardiaques pouvant conduire à la mort. Les principales sources de contamination sont les fongicides et insecticides, ainsi que les algues marines. La teneur en arsenic des fourrages est très faible.

Cadmium

L'excès de cadmium peut entraîner une carence en cuivre, fer et zinc. La toxicité du cadmium a pour conséquence un ralentissement de la croissance, des troubles de la reproduction, ... Les contaminations peuvent être accidentelles via des fertilisants, des boues d'épuration et des matières premières.

Fluor

Un excès de fluor peut entraîner des lésions dentaires et des troubles neurologiques. Une contamination alimentaire est néanmoins rare.

Mercure

L'intoxication au mercure entraîne une diarrhée sanguinolente, une soif excessive et des troubles nerveux et locomoteurs. La principale cause d'intoxication est l'ingestion par les animaux de produits phytosanitaires contenant du mercure.

Plomb

L'intoxication au plomb est relativement rare. Elle peut être due à l'ingestion de corps étrangers riches en plomb. Cette intoxication entraîne des troubles digestifs et une nécrose du foie et des reins. Il peut également y avoir des problèmes au niveau du système osseux.

III.5. Expression des besoins et des apports en eau

L'eau est un constituant essentiel de l'organisme et représente 60% du poids de l'animal. Elle a aussi un rôle important au niveau du rumen où elle permet l'intégrité de l'écosystème ruminal. Cet élément indispensable de la ration doit être fourni avec le moins de restriction possible car il conditionne l'ingestion, les productions, l'efficacité alimentaire et le maintien de la santé. En moyenne, une vache allaitante consomme quotidiennement de **40 à 70 litres** d'eau. Ces quantités peuvent cependant varier grandement. Les principaux facteurs de variation sont les suivants :

- le **type d'alimentation** (pâturage *versus* zéro

pâturage, foin, ensilage d'herbe, ensilage de maïs, ...), et plus précisément, le contenu en eau des aliments ingérés par l'animal. Une herbe jeune est en effet riche en eau (jusqu'à 850 g d'eau pour 1 kg d'herbe ingéré), alors qu'un fourrage tel que du foin est un aliment relativement sec (\pm 150 g d'eau pour 1 kg de foin ingéré) ;

- la **température extérieure**, lorsque la température excède 25°C, la consommation d'une vache allaitante peut atteindre 110 litres par jour ;
- le **gabarit** de l'animal ;
- le **statut physiologique** de l'animal (génisse, vache allaitante, vache gestante).

Une gestion de la quantité d'eau consommée à l'échelle de l'exploitation ?

Actuellement, peu d'élevages ont installé un compteur d'eau sur leur réseau privé. Et pourtant, c'est la première étape pour tout éleveur soucieux de maîtriser la quantité d'eau consommée. Bien gérer l'eau sans gaspillage sera en effet sans nul doute une nécessité dans un avenir plus ou moins proche. L'abreuvement, qui représenterait \pm 74 % de la consommation, est incompressible. Cependant, des économies peuvent être réalisées en détectant précocement les fuites, en étant vigilant par rapport aux autres postes de consommation : nettoyage du matériel d'allaitement le cas échéant, du tracteur et de ses équipements, ... ou en récupérant les eaux de toiture.

La qualité de l'eau est aussi très importante : elle doit être **fraîche** et **propre** tant au niveau chimique que bactériologique. Sa température doit être comprise **entre 10 et 15°C**. Les normes de potabilité humaine relatives aux critères bactériologiques devraient idéalement être reprises : une eau est considérée comme conforme si elle ne contient pas de bactéries *E. coli* ou entérocoque dans un échantillon de 100 ml d'eau. Ces deux micro-organismes sont utilisés comme des bactéries indicatrices d'une pollution fécale. Il est donc nécessaire de vérifier l'état de propreté des abreuvoirs — qui peuvent contenir des matières fécales, des restes d'aliments, des feuilles ... — et de les nettoyer au moins 1 fois par semaine.

Distribuer une eau de mauvaise qualité impacte la santé de la vache. Par exemple, des excès de minéraux provoque une mauvaise digestion et diminue l'absorption de certains éléments. Des teneurs supérieures à 200 mg de minéraux par litre peuvent entraîner une intoxication aigüe et la mort de l'animal. Il est recommandé que la teneur en nitrates ne dépasse pas 50 mg par litre.

Une eau avec un faible pH¹⁶ et une dureté inadaptée¹⁷ perturbe l'abreuvement, la production, la reproduction, ainsi que l'efficacité du

nettoyage du matériel.

L'abreuvement pour les animaux au pâturage à partir d'un cours d'eau est possible à condition d'aménager un point d'abreuvement qui limite les pollutions et évite le contact des animaux avec le cours d'eau. L'abreuvement peut être réalisé de plusieurs manières, avec un abreuvoir gravitaire, couplé à une éolienne ou à des panneaux photovoltaïques ou une pompe à museau¹⁸. En Wallonie, l'obligation de clôturer les pâtures situées le long des cours d'eau non navigables est érigée en principe depuis 1967, mais a fait l'objet de dérogations. Ces dérogations qui contreviennent aux prescrits européens en matière d'atteinte au bon état des masses d'eau sont abrogées depuis le 01/01/2023¹⁹.

III.6. 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. Ils varient en fonction du statut physiologique de l'animal.

Lors du calcul de rations, il convient de prendre en compte ces différents besoins. Ils sont calculés en utilisant des formules. Chez la vache

¹⁶ Le pH devrait être compris entre 6 et 8. En dehors de ces valeurs, des troubles digestifs, une diminution de la consommation, une mauvaise valorisation des aliments peuvent être observées. Une eau dont le pH est inférieur à 5,5 peut causer de l'acidose métabolique.

¹⁷ La dureté mesure la concentration des sels de magnésium et de calcium dissous. Elle est exprimée en degré français (°f ou °TH) : plus les valeurs de degré français sont élevées, plus l'eau sera dure. La dureté de l'eau devrait être comprise entre 4 et 15°f.

¹⁸ Des informations sur les différents systèmes d'abreuvement à partir d'un cours d'eau sont disponibles sur le site suivant : <https://protecteau.be/fr>

¹⁹ Il existe des particularités de gestion en zone Natura 2000. Elles sont consultables sur le site suivant : <https://www.natagriwal.be/fr>

Besoin et apports de la ration

viandeuse, schématiquement, on distingue plusieurs cas de figure possibles :

- soit la vache est en fin de gestation (8^{ème} ou 9^{ème} mois),
- soit elle allaite son veau,
- soit elle n'allaite pas son veau et n'est pas en fin de gestation. Cette situation particulière concerne les vaches de race Blanc Bleu Belge auxquelles le veau est enlevé dès la naissance dans certains élevages.

Les **besoins d'entretien** d'une vache viandeuse correspondent aux besoins de l'animal pour se maintenir en vie à un poids constant et sans production aucune. Ils comprennent les besoins du métabolisme basal, c'est-à-dire ceux de l'animal strictement au repos et les besoins liés au mode de vie (activité physique). Ils ont été calculés sur base de données expérimentales provenant d'animaux entravés et peuvent être corrigés en fonction de l'activité. Ainsi, le pâturage, qui requiert des déplacements de la part de l'animal, génère des dépenses plus élevées (de 15 à 20%) que la stabulation libre ou encore entravée, et correspond donc à des besoins plus élevés.

Les **besoins de production** correspondent aux besoins de la vache pour assurer ses productions : croissance, gestation, production laitière pour son veau. Selon l'ILVO (2013), la production moyenne journalière d'une vache de race Blanc Bleu Belge allaitante est de 6 litres pour une primipare et de 7 à 8 litres pour une pluripare. Des études sur des races françaises indiquent que la production moyenne varie de 6 à 8 L par jour selon les races (figure 19) et qu'au-delà de 6 mois, cette production chute pour devenir inférieure à 4 L.

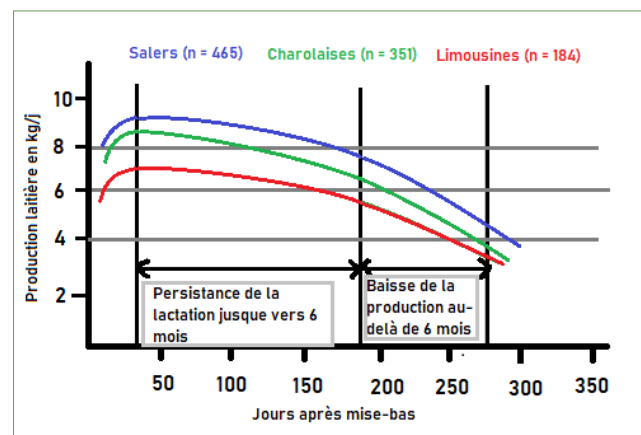


Figure 19: Evolution de la production laitière pour des vaches de race Salers, Charolaise et Limousine (adapté du Guide de l'alimentation du troupeau bovin allaitant, 2010)

Le rôle tampon des réserves corporelles

Les réserves corporelles peuvent être mobilisées et reconstituées en fonction des conditions alimentaires. En effet, il peut arriver qu'une vache viandeuse soit soumise à des périodes de restriction alimentaire, par exemple, lors de période de canicule pendant la saison de pâturage. Elle peut dans ce cas, et si elle est en bon état, mobiliser une partie de ses réserves corporelles. La mobilisation porte principalement sur les réserves corporelles de graisse. Le poids vif diminue ainsi que la note d'état corporel. La note (ou score) d'état corporel est une évaluation subjective de la quantité de gras sous-cutané de l'animal. Elle diminue lorsque la vache ingère trop peu d'énergie et augmente lorsque la prise énergétique est trop importante. Il s'agit donc d'un indicateur permettant de piloter les apports énergétiques de la ration. Une perte d'un point de la note d'état corporel correspond à une perte de poids vif de 25 à 60 kg selon l'état de l'animal au départ. Une période de restriction alimentaire doit nécessairement être suivie d'une période plus favorable qui permettra la reconstitution des réserves corporelles.

En cas de restriction alimentaire, la vache assurera, dans l'ordre, ses besoins d'entretien, ensuite les besoins du fœtus si elle est gestante, ses besoins pour la lactation, le cas échéant, et finalement la fonction de reproduction. Autrement dit, si la période de restriction se produit lorsque la vache est en période de reproduction, on assiste à un retour en chaleur tardif, une augmentation de l'intervalle vêlage-vêlage et un taux de gestation du troupeau réduit.

A l'inverse, il n'est pas souhaitable que la vache soit trop grasse aux alentours du vêlage. Des difficultés au vêlage peuvent survenir. Pour une vache Blanc Bleu Belge à laquelle on retire le veau au vêlage, le tarissement est plus difficile si elle est grasse.

L'évaluation de l'état corporel est indiquée au point VI.1.1.

Besoin et apports de la ration

Précisons enfin que préalablement au calcul de ration, il convient de connaître idéalement le poids de l'animal. On considère qu'en général, une vache Blanc Bleu Belge a un poids se situant entre 650 kg (petit gabarit) et 800 kg (grand gabarit). Pour une vache Charolaise ou Blonde d'Aquitaine, le poids vif est d'environ 750 kg tandis qu'il est de 650 kg pour une vache Limousine ou Salers. La pesée de l'animal est évidemment toujours souhaitable afin d'éviter de sous-alimenter ou de suralimenter les animaux.

La **capacité d'ingestion** est estimée sur base du poids métabolique qui est calculé en ex-

primant le poids vif à la puissance 0,75 ($PV^{0,75}$) (tableau 3). Il est corrélé à la surface corporelle (m^2) qui détermine l'énergie nécessaire au métabolisme de base. Ainsi, plus un animal est léger, et donc plus sa surface corporelle est importante par rapport à son poids, plus les besoins pour son métabolisme de base sont élevés²⁰.

Les variations de la capacité d'ingestion sont montrées dans la figure 20 pour une vache à l'entretien, en fin de gestation et allaitante selon le poids vif. La capacité d'ingestion varie de 9 à 15 kg selon le stade physiologique pour des vaches d'un poids de 600 à 850 kg.

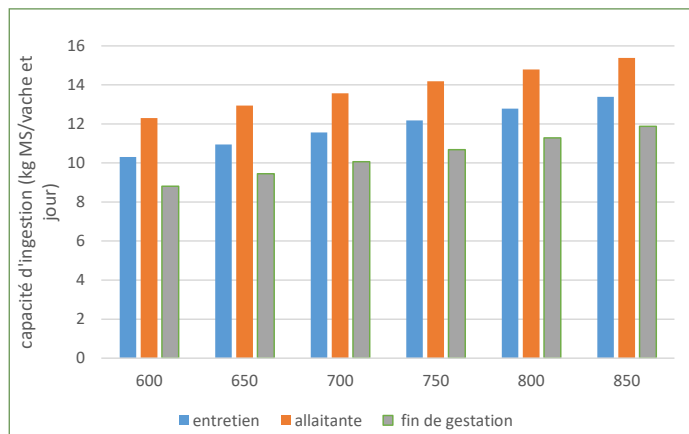


Figure 20: Capacité d'ingestion d'une vache à l'entretien, allaitante ou en fin de gestation selon son poids vif.

²⁰ Ce tableau montre l'évolution du rapport PM/PV pour des animaux de différents PV

Poids vif (kg PV)	Poids métabolique (kg PM = $PV^{0,75}$)	PM/PV
600	121	20,2
650	129	19,8
700	136	19,4
750	143	19,1
800	150	18,8

Besoin et apports de la ration

Tableau 3: Capacité d'ingestion, besoins en VEM, DVE pour une vache Blanc Bleu Belge à l'entretien, allaitante et en fin de gestation. Les besoins de croissance sont à ajouter pour les 3 premières lactations (adapté de ILVO, 2013)

	Vache à l'entretien	Vache allaitante	Vache en fin de gestation	Croissance
Capacité d'ingestion (kg MS) ¹	0,085 x PM	0,085 x PM + 0,25 x L Lait	0,085 x PM - 1,5	
VEM	6,45 x PV + 1265	6,45 x PV + 1265 + 442 x kg lait standard	6,45 x PV + 1265+ 7 ^{ème} mois : 1065 8 ^{ème} mois : 1875 9 ^{ème} mois : 3375	1 ^{ère} lactation : 660 2 ^{ème} lactation : 660 3 ^{ème} lactation : 330
DVE (g)	PV/10 + 54	PV/10 + 54 + 52 x kg lait standard	PV/10 + 54+ 7 ^{ème} mois : 120 8 ^{ème} mois : 225 9 ^{ème} mois : 350	PV/10 + 54 + 1 ^{ère} lactation : 37 2 ^{ème} lactation : 37 3 ^{ème} lactation : 19
Macroéléments				
Ca	5 x PV/100	5 x PV/100 + 3 x L	5 x PV/100 + 15	
P	3 x PV/100	3 x PV/100 + 2 x L	3 x PV/100 + 9	
Na	2 x PV/100	2 x PV/100 + 1 x L	2 x PV/100 + 5	
Mg	1,6 x PV/100	1,6 x PV + 0,5 x L	1,6 x PV + 5	
Vit A	10 000 x PV/100	10 000 xPV/100 + 1 000 x L	10 000 x PV/100 + 100 000	

¹ La capacité d'ingestion varie en fonction des aliments distribués. Selon l'Idele (2015), l'écart d'ingestion entre un foin de mauvaise qualité ou de bonne qualité peut atteindre 20%.

PM : poids métabolique

PV : poids vif

Lait standard : lait à 4% MG

Besoin et apports de la ration

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 en termes de poids, d'âge et de statut physiologique. Il est préférable de séparer les vaches qui allaitent leur veau de celles qui n'ont pas encore vêlé car leurs besoins sont différents. Constituer ainsi des lots facilite par ailleurs la surveillance des animaux.

Des exemples pratiques de rations sont donnés dans la suite du livret (Partie V) après la description des aliments.

III.7. Particularités

Le bovin viandeux se caractérise par une croissance et un développement musculaires importants par rapport aux bovins de races laitières. Leur production laitière est cependant moindre. Les bovins de type culard, comme ceux de race Blanc Bleu Belge, présentent quelques particularités par rapport aux autres races viandeuses : le rendement à l'abattage est plus élevé et la proportion de gras au niveau de la carcasse et des muscles est faible. Proportionnellement, la capacité de leur système digestif est réduite. Ils ingèrent moins d'aliments mais la conversion alimentaire de ces aliments en termes de gain de poids est supérieure à celle des autres bovins. Ils nécessitent donc des aliments riches en énergie pour exprimer leur potentiel de production. Il faut donc être attentif à la qualité des fourrages. Par exemple, un foin récolté à un stade précoce aura une valeur en énergie et une digestibilité supérieure à un foin récolté à un stade plus tardif, comme expliqué plus loin. Une ration ne contenant pas assez d'énergie devra être complétée avec des aliments riches en énergie, comme des céréales, afin de couvrir les besoins des animaux. Il ne faut cependant pas négliger l'apport de fibres dans leur ration afin d'assurer un bon fonctionnement du rumen, en particulier lors de l'engraissement.

IV. Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Avant d'envisager des exemples pratiques de rations, il est important de passer en revue les aliments qui peuvent les composer. Les rations des bovins viandeux sont principalement constituées de fourrages. Selon le site Celagri, en Wallonie, l'herbe pâturée et conservée constituent une part majeure de la ration.

La répartition des différents aliments entrant dans la ration d'une vache viandeuse dans des exploitations en polyculture-élevage est montrée à la figure 21. Les aliments produits sur l'exploitation permettent une autonomie d'environ 90% (Celagri, 2019).

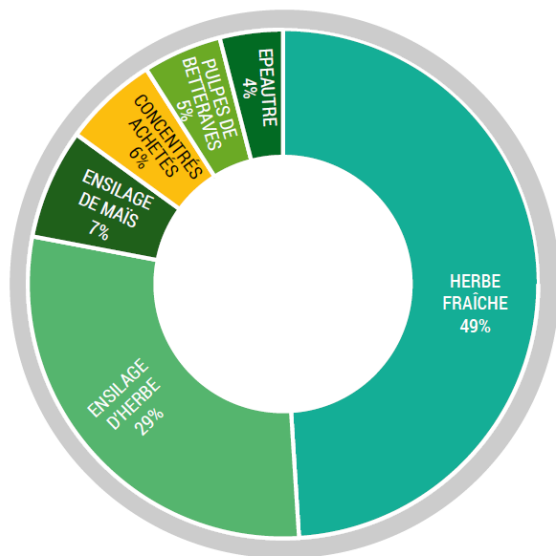


Figure 21: Répartition centésimale des aliments ingérés par une vache viandeuse sur une année (d'après Celagri, 2019, adapté de Boonen et al., 2015)

L'aliment le plus adapté et le plus économique pour nourrir des bovins pendant la période de pâturage est **l'herbe** pâturée. Les bovins viandeux valorisent très bien l'herbe pâturée qui contribue à l'autonomie alimentaire. Le pâturage, s'il est réalisé en suivant certaines

lignes directrices, permet des croissances élevées pour les veaux et une récupération d'état corporel si l'alimentation hivernale n'a pas été adéquate. D'autre part, les éleveurs sont de plus en plus sollicités par rapport aux conséquences environnementales de leur activité. Le

62

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 et plus autonome. Par conséquent, nous insisterons tout au long de ce livret sur l'intérêt de l'utilisation de l'herbe et de ses dérivés. Retenons déjà ce chiffre interpellant : dans notre région, l'herbe consommée par les vaches allaitantes au pâturage et leurs veaux permet, lorsqu'elle est de bonne qualité, une croissance journalière de près de 1 kg par veau, et de 0,2 kg par vache, soit 180 kg sur la saison de pâturage pour chaque couple mère - veau. Une croissance supérieure à 1 kg/j peut être obtenue chez les veaux en distribuant un concentré²¹ (Dufrasne et al, 1995).

Dans certaines régions, comme l'Ardenne ou la Haute Ardenne, l'herbe pâturée et ses dérivés peuvent constituer l'essentiel des rations des vaches viandeuses. Dans d'autres régions agricoles, d'autres aliments issus de la culture de céréales ou de co-produits peuvent compléter la ration de base constituée d'herbe pâturée ou de ses dérivés. A noter que l'incorporation des co-produits dans les rations permet l'utili-

sation d'aliments qui ne peuvent être utilisés pour l'alimentation humaine.

Dans cette partie, nous allons nous pencher sur les caractéristiques des différents aliments utilisés, en commençant par l'herbe. Nous évoquerons ensuite les différents ensilages utilisés dans les rations (herbe, maïs, pulpes surprises, 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^{ème} catégorie d'aliments, les mélanges minéraux.

IV.1. Les fourrages

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

IV.1.1. Les fourrages verts

Les fourrages verts comprennent les herbes pâturées ou distribuées à l'auge (zero-grazing). Dans nos régions, l'herbe pâturée est un fourrage de valeur nutritionnelle élevée, peu coûteux à produire, et qui peut constituer, comme

²¹ Dans cette étude, la distribution de concentré au pâturage était effectuée dans une trémie uniquement accessible aux veaux. Le concentré était composé de céréales floconnées, de son, de luzerne déshydratée, de tourteau de lin et contenait 14% de MAT.

nous allons le voir, le seul aliment de la ration de la vache viandeuse pendant la saison de pâturage.

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 au moment de la récolte (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 (plantains, pissenlits, renoncules...) (figure 22).

D'une manière générale, les légumineuses contiennent plus de protéines et de minéraux (particulièrement du calcium et du manganèse) que les graminées. Les légumineuses contribuent également à l'alimentation azotée de la végétation. Certains micro-organismes (bactéries du genre rhizobium), qui se fixent sur leurs racines, sont en effet capables de trans-



Figure 22: Prairie riche en légumineuses (Fourrages mieux asbl)

former 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 pures²². La croissance des légumineuses en été est plus importante que celle des graminées. 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

²² Pour plus d'informations, consulter Le Livret de l'Agriculture n°15, *Fertilisation raisonnée des prairies*

la quantité d'intrants azotés. La composition idéale de la prairie permanente devrait ainsi tendre vers un minimum **de 10 à 20 % de légumineuses et de 75 % de graminées** (avec un minimum de 50 % de bonnes graminées : ray-grass anglais, fléole, dactyle, fétuque des prés et fétuque élevée) et un maximum de 15 % d'autres dicotylées (renoncules, pissenlits, plantains...)²³.

- **Stade/cycle de végétation et qualité de l'herbe**

Légumineuses et graminées présentent plusieurs cycles de croissance successifs. **La qualité de l'herbe est fortement influencée par le stade de végétation à l'intérieur de chaque cycle.** 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 sept stades de végétation pour une graminée prairiale : le stade feuillu, le tallage, la montaison, l'épiaison, la floraison, le stockage et la maturation (tableau 4). 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^{ère} 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.

²³ Des prairies multi-espèces à vocation thérapeutique peuvent être recherchées. Elles peuvent contenir des plantes comme le plantain majeur, la chicorée fourragère, le lotier...

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Tableau 4 – Caractéristiques de l'herbe selon le stade de végétation.

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

MS : matière sèche - MAT : matière azotée totale

Le **stade de végétation** au moment de la coupe va influencer fortement la valeur alimentaire du fourrage. 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 (matières azotées totales) de l'herbe diminue quant à elle également avec le stade de développement, de même que la teneur en énergie. Par conséquent, la valeur alimentaire de l'herbe diminue avec l'âge de la plante. 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.

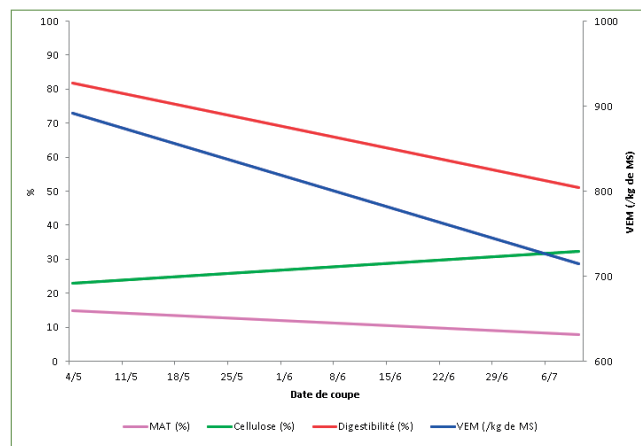


Figure 23: Evolution des teneurs en MAT (%), cellulose (%), digestibilité (%) et énergie (VEM/kg de MS) dans les ensilages et les foin, en fonction de la date de récolte en province de Luxembourg (Crémer et al, 2012)

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, féтуque élevée) ne donnent que des repousses feuillues. La date de 2^{ème} 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.

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Pour garantir les performances optimales d'une prairie pâturée, il est important de suivre certaines règles de conduite du pâturage, reprises dans le tableau 5 :

Tableau 5: 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. S'il n'est pas possible de mener une transition, sortir les animaux après les avoir nourris.
2. Dans les systèmes de pâturage tournant, faire entrer les animaux sur la nouvelle parcelle lorsque la hauteur d'herbe, mesurée à l'herbomètre y est de 13 cm maximum – la hauteur de sortie recommandée est de 45% de la hauteur avant pâturage ; dans les systèmes de pâturage continu, ne pas dépasser 15 % de refus. Un pâturage précoce et une bonne adéquation entre l'herbe disponible et les besoins des animaux contribuent à une bonne gestion du pâturage et réduisent les refus.
3. Raisonner la fertilisation azotée²⁴ en utilisant efficacement les engrais produits sur la ferme (compost, fumier, lisier)
4. Ensiler le plus tôt possible les parcelles réservées à la fauche afin de hâter les repousses
5. Faucher les refus en fin de printemps si nécessaire
6. Eviter tout ce qui peut occasionner des vides dans le gazon et sursemmer dès apparition de ceux-ci
7. Réaliser une gestion raisonnée du parasitisme des animaux

²⁴ Pour plus d'informations, consulter le site de Protect'eau (www.protecteau.be)

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

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 (ou en rotation) est réalisé. Dans un système de pâturage tournant, où l'entrée dans la parcelle se produit lorsque la hauteur d'herbe est de 12 - 13 cm maximum à l'herbomètre (figure 24a). La hauteur de l'herbe peut aussi être estimée avec comme repères la semelle, le talon ou la cheville de la botte (figure 24b). 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 MAT ne fait qu'augmenter (figure 25). L'OEBC 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

26). Ce type de pâturage est répandu dans nos régions surtout lorsque les terrains sont morcelés. Le pâturage continu intensif²⁵ est aussi couramment employé pour l'élevage des animaux viandeux. Lorsque les deux systèmes de pâturage sont comparés dans le cadre d'une utilisation optimale de l'herbe au pâturage, les valeurs alimentaires de l'herbe sont équivalentes (tableau 6). A noter que la composition chimique de l'herbe varie selon les conditions climatiques (température, ensoleillement, pluviométrie).



Figure 24a: Herbomètre Jenquip®

Tableau 6: Hauteur et composition moyennes en fibres brutes et MAT de l'herbe de prairies permanentes pâturées en rotation, constitué de 6 parcelles, ou en continu du mois de mai au mois d'octobre

	Hauteurs (cm)	Fibres brutes (g/kg MS)	MAT (g/kg MS)
Pâturage en rotation	10,6±2,7*	201±0,9	238±1,3
Pâturage continu	4,9±0,5	201±0,8	239±1,3

*hauteur moyenne à l'entrée dans les parcelles

²⁵ Le pâturage continu intensif consiste à faire pâturer les vaches sur la totalité d'une surface sans séparation ; cette durée peut correspondre à la saison de pâturage. Le chargement doit être adapté à la croissance de l'herbe.

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse



Figure 24b. Estimation de la hauteur de l'herbe avec la botte comme repère.

1 : entre le talon et mi mollet, la hauteur est d'environ 12 cm – la parcelle peut être pâturée.

2 : entre la semelle et le talon, la hauteur est d'environ 4 cm – les vaches doivent sortir de la parcelle.

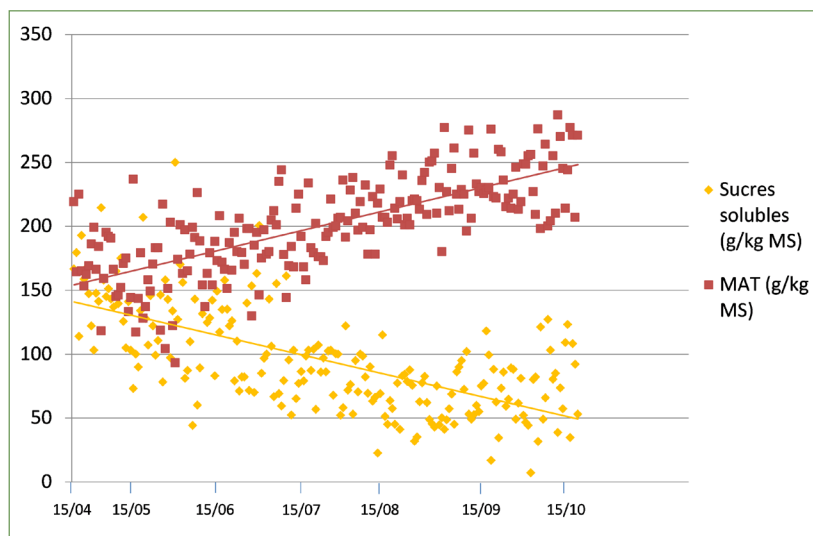


Figure 25: Evolution des teneurs en sucres solubles (g/kg de MS) et en MAT (g/kg de MS) de l'herbe depuis mi-avril jusqu'à fin octobre, lors de pâturage rotatif avec entrée dans la parcelle à 15 cm maximum (6 années consécutives).

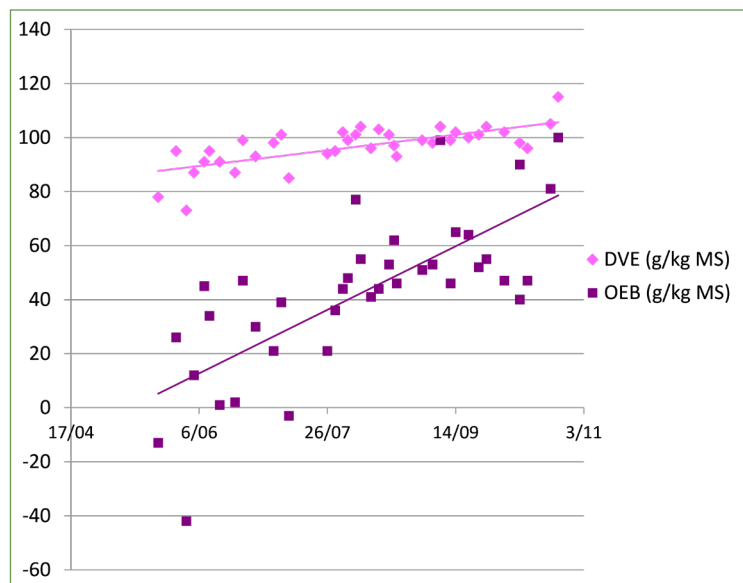


Figure 26: Evolution du DVE (g/kg de MS) et de l'OEB (g/kg de MS) de l'herbe depuis mi-avril jusqu'à fin octobre, lors de pâturage rotatif avec entrée dans la parcelle à 15 cm maximum (6 années consécutives).

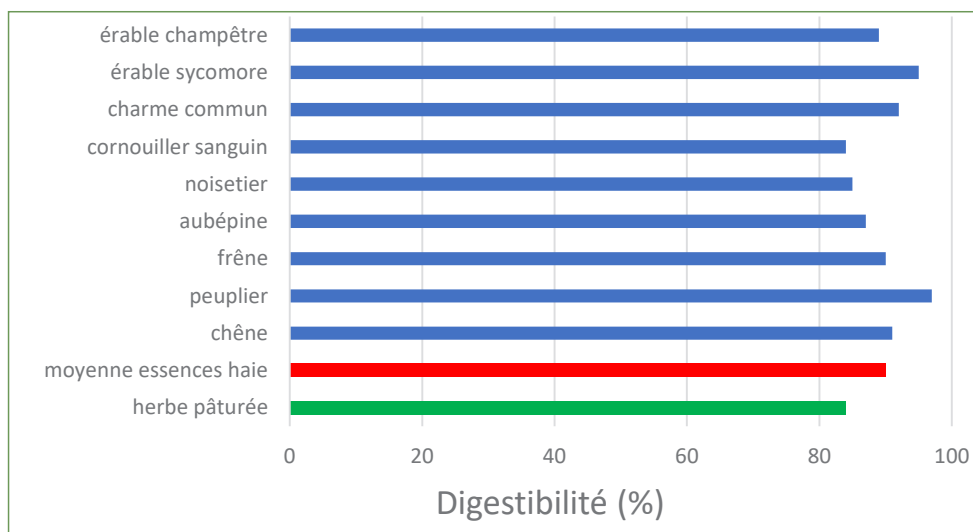
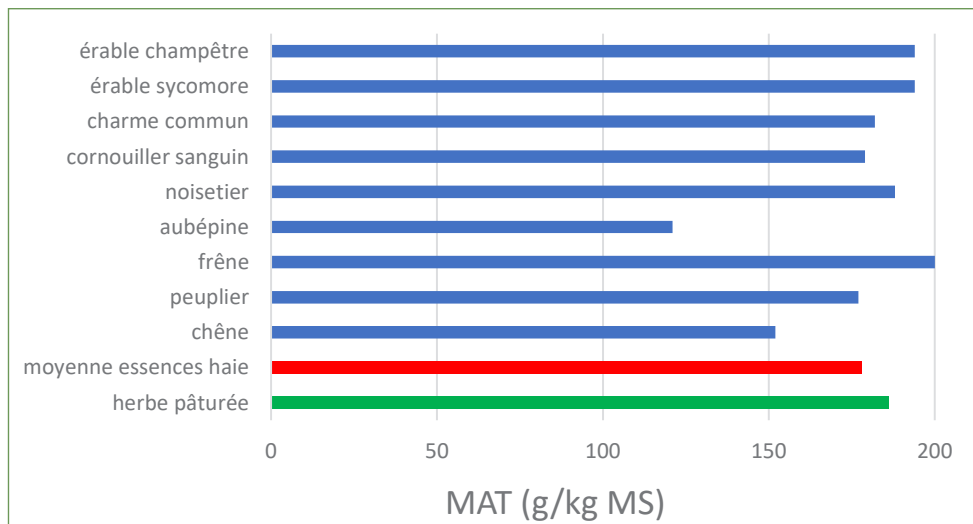
Les haies

Les haies présentes dans les prairies fournissent des abris aux animaux, stockent du carbone, créent de la biodiversité mais sont aussi un appoint alimentaire pour les animaux qui pâturent. Une étude menée au Centre des Technologies Agronomiques a montré qu'au printemps, les génisses laitières peuvent passer de 5% à 20% de leur temps à brouter les feuilles des différentes essences composant les haies. Les teneurs en MAT et la digestibilité de ces feuilles échantillonnées au mois

de mai présentent des valeurs équivalentes à l'herbe pâturée (Vandermeulen et al, 2016) comme indiqué ci-dessous.

Les animaux y trouvent des compléments non négligeables en calcium, magnésium et zinc. Les tanins présents dans les haies et les arbres protègent les protéines des dégradations ruminales. Elles sont ainsi plus accessibles pour la digestion et l'absorption au niveau de l'intestin. Les tannins présentent également l'avantage de réguler les infections parasitaires des ruminants.

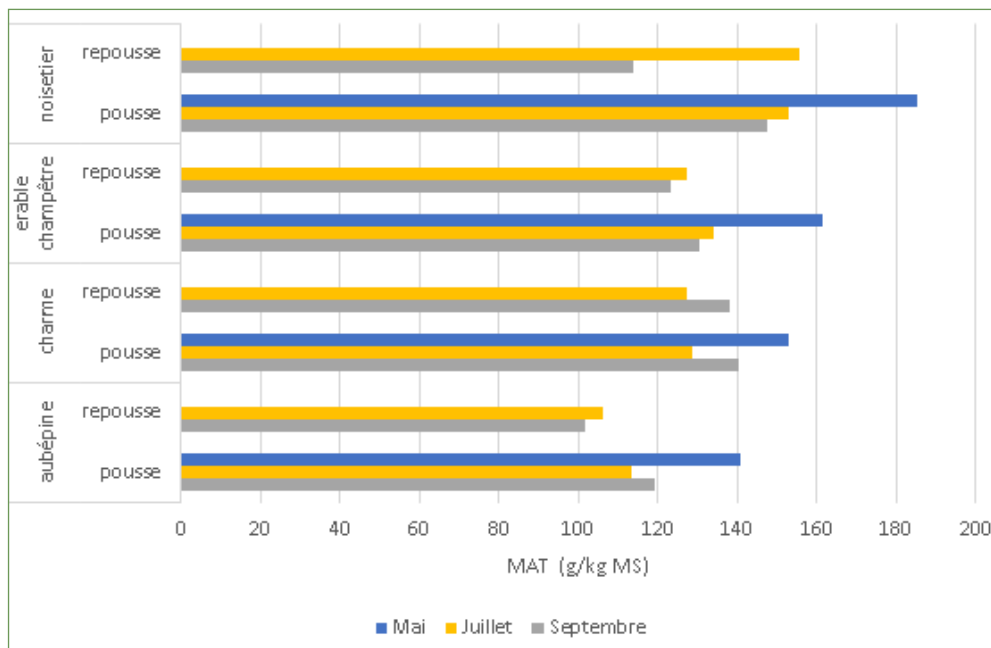
Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse



Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

La composition des feuilles est dépendante du stade de maturité : par exemple, les teneurs en MAT sont plus élevées dans les

pousses que dans les repousses comme montré ci-dessous.



La présence de haies dans les prairies peut éviter des risques de surpâturage, particulièrement lors d'épisodes de sécheresse.

A noter que la présence de haies permet de répondre à une obligation légale : l'article

D.10 du Code Wallon du Bien-être animal (2018) précise que tout animal détenu en extérieur doit disposer d'un abri (naturel ou artificiel) pouvant le préserver des effets néfastes du vent, du soleil et de la pluie²⁶.

²⁶ Cet article précise qu'à défaut d'un abri et en cas de conditions météorologiques pouvant porter atteinte à son bien-être (intempéries et/ou ensoleillement excessifs), l'animal est déplacé dans un lieu d'hébergement adéquat.

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

IV.1.1.1. Les ensilages

L'ensilage est un système de conservation des fourrages par fermentation anaérobie 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 moindre que dans l'aliment de départ. Les principaux aliments ensilables sont l'herbe, le maïs plante entière (ou grain humide), le maïs épi-broyé, les dérivés de betteraves (principa-

lement pulpes humides et pulpes surpressées) et les céréales immatures avec ou sans protéagineux. On rencontre également parfois de l'ensilage de protéagineux, et plus précisément de l'ensilage de pois plante entière.

L'ensilage est stocké dans différents types de silos : les silos horizontaux (silo taupinière et silo tranchée) et les silos tour. Des balles rondes ou carrées peuvent être enrubannées ; chaque balle est à considérer comme un silo. Remarquons que le type de silo utilisé par l'exploitant peut avoir un impact sur la qualité de son ensilage (tableau 7).

Tableau 7: Impacts potentiels des modalités d'ensilage

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

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

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. Diffé-

rents éléments doivent ainsi être examinés : l'odeur, la couleur, la structure, l'hygiène et la température (tableau 8).

Tableau 8: Critères d'évaluation sensorielle de la qualité d'un ensilage par l'éleveur

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

L'ensilage d'herbe

Pour réaliser l'ensilage d'herbe préfanée, il faut d'abord la faucher, l'éparpiller et 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, après une courte phase aérobie²⁷, les fermentations démarrent rapidement, et il faut compter une période de 4 à 6 semaines pour avoir une stabilisation. La production to-

tale 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. 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.

²⁷ Pendant cette phase, l'oxygène est encore présent dans le silo. Les plantes qui continuent à respirer consomment cet oxygène : la phase de fermentation qui requiert des conditions anaérobies peut commencer quand l'oxygène est consommé. Un bon tassement permet de limiter la durée de la phase aérobie pendant laquelle des pertes nutritives ont lieu.

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Le préfanage n'influence par contre pratiquement pas 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, sont peu modifiées par l'intensité du préfanage.

Compte tenu de toutes les variations possibles, il est très intéressant de réaliser une analyse de son ensilage d'herbe pour calculer les rations.

La variation de la teneur en MS peut influencer fortement les apports en nutriments. Cela va influencer l'apport de compléments dans la ration. Un ensilage d'excellente qualité sera ainsi digestible, riche en MAT caractérisé par des teneurs en DVE et en énergie élevées. A l'inverse, un ensilage de mauvaise qualité sera faible en MAT et pourvu de teneurs en DVE et en énergie faibles.

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. Tassement *méticuleux de chaque couche*
7. Ajout de conservateurs si nécessaire (en cas de fourrage trop humide, < 28% MS, ou trop sec, > 60% MS, ou de prévision d'une avancée du front d'attaque trop lente)
8. Couverture du silo immédiate après le tassement final
9. Fermeture du silo pendant un temps assez long (minimum 6 semaines)

Faut-il utiliser un conservateur ?

Si le silo est réalisé dans de bonnes conditions (voir encadré sur les règles d'or), il n'est pas nécessaire d'utiliser un conservateur.

En revanche, lorsque les conditions ne sont pas optimales, ils peuvent être utiles pour limiter les pertes lors de la période de conservation ou lors du désilage. Ils doivent être appliqués de manière homogène en respectant le dosage qui nécessite une bonne évaluation des quantités de fourrages récoltés. Les teneurs en MS du fourrage à conserver permettent de guider le choix des conservateurs. Le tableau ci-dessous synthétise les conservateurs à utiliser en fonction de la teneur en MS (d'après Fourrages-Mieux, 2022).

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Teneurs en MS	Risque	Type conservateur	Action
< 25%	Mauvaise conservation en raison de l'acidification trop lente Développement de bactéries nuisibles	Acide formique ou propionique	Accélération de l'acidification qui favorise la fermentation lactique
25 - 45 % avec trop peu de sucres	Acidification insuffisante ou trop lente	Mélasse Bactéries lactiques homofermentaires	Apport de sucres simples, de bactéries pour produire de l'acide lactique
45 – 55 %	Tassement difficile si hachage insuffisant Manque de stabilité à la reprise → échauffement	Bactéries lactiques hétérofermentaires Acide propionique Mélasse si pas assez de sucres simples	Production d'acides lactique, acétique et de 1.2 propanediol - ces 2 derniers et l'acide propionique ont des propriétés antifongiques

L'ensilage de maïs

Le maïs est un aliment riche en énergie et pauvre en protéines. On peut le récolter sous différentes formes : plante entière, épi broyé, grain humide. La culture du maïs est facile et nécessite peu d'interventions, une seule récolte suffit. Il y a peu de problèmes de conservation si le tassement a été bien exécuté. Il faut cependant tenir compte de son impact environnemental. Si la culture est mal conduite, cela peut entraîner des risques d'érosion du sol et de pollution des eaux par les produits phytosanitaires (leur utilisation est beaucoup plus fréquente qu'en prairies). Le sol nu ou un grand interligne augmente le risque de ruissellement.

Il y a aussi des risques de sur-fertilisation azotée du maïs et donc plus de risques de pertes azotées. La culture du maïs se pratique partout en Région wallonne, mais à faible échelle en Ardenne et Haute Ardenne, où les conditions climatiques sont moins propices à l'obtention d'un maïs de qualité satisfaisante. Le temps de culture y 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 ; en cas de gel, en automne, la teneur en MS peut apparaître suffisante (30 %), alors que les teneurs en amidon sont relativement faibles.

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Les facteurs influençant la qualité de l'ensilage de maïs :

- La variété et la densité (une densité trop élevée diminue le nombre de carottes et de grains de maïs)
- Le stade de végétation au moment de la récolte
- Le stade de maturité des grains au moment de la récolte

Les différents types d'ensilage (plante entière récoltée à différentes hauteurs et différents stades de maturité, épi broyé, grain humide) présentent des compositions chimiques et des caractéristiques nutritionnelles spécifiques (voir tableau 9).

77

Tableau 9 : Rendement, composition chimique et valeurs nutritionnelles de l'ensilage de maïs plante entière, épi broyé et grain humide (adapté de données du Centre Indépendant de Promotion Fourragère et de données personnelles)

	Plante entière (10-15 cm)	Plante entière sur maturité	Plante entière sur maturité – coupe 50 cm	Épi broyé	Grain humide
MS (%)	34,9	39,7	42,4	54,9	61,8
Rendement MS (t/ha)	19,5	18,8	18,3	11,7	10,3
Amidon (%)	35,5	36,6	40,0	56,2	81,8
Digestib. MO (%)	77,7	78,3	80,0	92,6	96,3
VEM/kg MS	949	955	989	1154	1272
Rendement KVEM (/ha)	18 519	17 948	18 151	13 516	13 093
MAT (%)	7,5	7,2	7,5	8,0	7,9
DVE (g/kg MS)	46,4	45,7	47,5	66,2	81,5
OEB (g/kg MS)	-25,4	-27,7	-25,4	-41,0	-38,5

D'une façon générale, retenons que l'ensilage de maïs est un fourrage riche en énergie et pauvre en azote et en minéraux. 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.

- **Ensilage de maïs plante entière**

Il faut privilégier le stade pâteux (grains s'écrasant difficilement, rayables à l'ongle) comme stade de végétation à la récolte pour un bon ensilage de maïs plante entière. La teneur en MS à ce stade se situe entre 30 et 35%. Ce stade permet généralement une bonne conservation du silo, un tassement plus facile et moins de pertes par écoulement des jus. Il faut faire attention à l'éclatement des grains : s'ils ne sont pas broyés, ils échappent à la digestion du rumen. Ils seront partiellement fermentés dans le gros intestin, mais l'animal ne pourra pas en faire une utilisation optimale.

Chez la vache viandeuse, on limitera les apports à maximum 3 kg de matière fraîche/100 kg de poids vif. Pour une vache gestante, il est recommandé de ne pas dépasser une distribution de 15 kg de matière fraîche afin d'éviter qu'elle ne s'engraisse. Si l'ensilage de maïs est employé comme aliment de base dans une ration, celle-ci devra être complétée avec d'autres aliments plus riches en azote afin d'obtenir une ration équilibrée.

- **Les ensilages de maïs épi broyé** et de **maïs grain humide**, qui sont très riches en énergie, sont utilisés préférentiellement pour des animaux à besoins élevés (animaux à l'engraissement, vaches laitières).

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

Ces deux types d'ensilage sont des co-produits issus de l'industrie du sucre. L'extraction des sucres hors des cossettes de betteraves sucrières donnent en effet d'un côté le jus riche en sucre, et de l'autre, les pulpes. Après une 1^{ère} pression, on obtient des pulpes humides, qui peuvent éventuellement retourner en exploitation pour y être ensilées. Les pulpes humides peuvent également subir une 2^{ème} pression, qui permettra d'obtenir des pulpes surpressées, qui peuvent elles aussi retourner en exploitation pour être ensilées, ou subir une déshydratation qui permettra d'obtenir des pulpes séchées. Le pressage des pulpes est généralement facilité par l'ajout d'adjuvants. En Belgique, on utilise du gypse (sulfate de calcium), ce qui a pour effet d'enrichir les pulpes en calcium.

D'un point de vue composition chimique et valeurs nutritionnelles (tableau 10), ces deux ensilages se caractérisent par des teneurs en MS faibles, mais par des teneurs en fibres et en calcium assez élevées. On considère que les pulpes de betteraves, qu'elles soient ensilées humides, ensilées pressées ou sèches (pulpes séchées) sont des aliments sources de Ca. Par ailleurs, il faut noter que les fibres présentes dans l'ensilage de pulpes humides ou de pulpes surpressées sont surtout de la cellulose (21% dans la MS), de l'hémicellulose (27% dans la MS), mais aussi des pectines (23% dans la MS), qui sont des glucides acidogènes du fait de leur rythme

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

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. Leur teneur en sucres solubles est réduite en raison du processus d'ensilage (3%). Enfin, précisons que ces deux ensilages, tout comme les pulpes séchées, ont des valeurs faibles en MAT. Cependant, leur faible dégradabilité dans le rumen

explique leurs valeurs extrêmes en termes de DVE et d'OEB : une teneur élevée en DVE associée à un OEB fortement négatif.

Les quantités distribuées sont à adapter en fonction de la composition de la ration et ne devraient pas excéder 8 kg de matière fraîche, soit 1,75 kg MS, par vache.

Il existe aussi des co-produits de l'industrie de la chicorée, commercialisés sous forme de drêches ou de pulpes surpressées, qui peuvent être utilisés en alimentation animale.

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

	Ensilage de pulpes humides	Ensilage de pulpes surpressées	Ensilage de maïs plante entière
MS (%)	12	21	35
VEM (/kg MS)	920	1010	955
DVE (g/kg MS)	101	100	46
OEB (g/kg MS)	-66	-65	-26
Calcium (g/kg MS)	8,4	8,9	2,4

Les céréales et les protéagineux récoltés au stade immatures

Les céréales immatures sont intéressantes dans les régions où la culture de maïs est non rentable ou en agriculture biologique. Lorsque des céréales ne peuvent être récoltées au stade mature en raison des conditions climatiques, la récolte au stade immature constitue une alternative. Cette culture permet de produire un

fourrage convenant à des animaux avec des besoins moyens. Si la récolte est plus tardive, les grains présentent une certaine quantité de glucides et sont donc un bon complément énergétique aux ensilages d'herbe.

L'association de céréales et de protéagineux, aussi appelée meteil, est particulièrement appréciée en agriculture biologique. Elle présente plusieurs avantages :

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

- Les céréales peuvent servir de tuteur aux protéagineux comme le pois qui est sensible à la verse
- Les protéagineux fixent l'azote atmosphérique et les céréales disposent de l'azote du sol
- L'association couvre bien le sol et laisse peu de place aux adventices

De plus, leur itinéraire cultural est simple : ils demandent peu d'intrants et offrent une grande souplesse d'exploitation. Le livret sur l'autonomie (Tosar et Faux, 2021) donne des informations sur les mélanges qui peuvent être implantés en Wallonie.

Il faut distinguer, en fonction du stade de récolte de la plante, d'une part la céréale fauchée en vert, avant épiaison, 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 du grain, 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, 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 le moment de la floraison du pois est indéterminé, il y a au même moment des gousses à différents stades. Ce n'est donc pas un bon indicateur de stade de récolte. 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.
- 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.

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 des céréales immatures ensilées, en comparaison à celles de l'ensilage de maïs et de l'ensilage d'herbe.

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Un des avantages de la culture de céréales immatures est son rendement relativement constant, garantissant une certaine sécurité alimentaire. Précisément, le rendement atten-

du 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.

Tableau 11: Caractéristiques nutritionnelles des céréales immatures ensilées, de l'ensilage de maïs et de l'ensilage d'herbe (adapté BDD Requasud Licence A02/2022, Cremer et al, 2016 et données personnelles)

	Céréales immatures ensilées	Maïs ensilé plante entière	Herbe ensilée
Composition chimique			
VEM (/kg MS)	700 à 850	833 à 957	747 à 902
DVE (g/kg MS)	35 à 60	29 à 46	46 à 80
OEB (g/kg MS)	-60 à - 4	-28 à 9	8 à 98

IV.1.1.2. Les fourrages secs

Les fourrages secs comprennent les foin 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 foin, 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 foin de légumineuses (luzerne et trèfle) seront ainsi plus riches en MAT et en calcium que les foin de graminées.

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Cependant les opérations de fanage doivent être menées de manière appropriée car ces plantes perdent facilement leurs feuilles.

Vu la variabilité de la qualité du foin, une analyse en laboratoire est toujours conseillée

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 souvent inférieure aux teneurs que l'on peut obser-

ver 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 quasiment absents dans les ensilages d'herbe. Le tableau 12 compare «ces teneurs pour un foin et un ensilage d'herbe de bonne qualité et de l'herbe fraîche de 1^{er} cycle au stade tallage».

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

	Foin de prairie	Ensilage d'herbe préfanée	Herbe 1^{er} cycle stade tallage
MS (%)	86	45	18
MAT (g/kg MS)	100 – 140	130 – 190	180 – 210
Sucres solubles	++	0 à +	++
Vitamine A (UI)	4 000	0	20 000
VEM (/kg MS)	650 – 750	747 – 902	900 – 1050
DVE (g/kg MS)	40 – 70	46 – 80	80 – 110
OEB (g)	-30 – -10	8 – 98	50 – 100

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

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

D'un point de vue technique, de l'air chaud est pulsé via un ventilateur situé à la base d'une cellule de stockage. L'air circule donc de bas en haut à travers le tas de foin reposant sur un caillebotis en bois. Après 2 à 3 semaines, on obtiendra un fourrage complètement sec, fort appétant pour les animaux et présentant une très bonne qualité nutritionnelle. Il n'est pas nécessaire d'attendre que la 1^{ère} 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 les fauches de surfaces *réduites* et 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.

Un essai mené par le CRA-w a montré que la capacité d'ingestion de vaches BBB et croisées d'un foin séché en grange (13% MAT, 9-10% de sucres solubles et 28% de fibres brutes) *était relativement importante, de l'ordre de 1,9 kg de MS par 100 kg de poids vif* (Decruyenaere, 2020).

La paille

La paille a une valeur alimentaire faible. Elle présente une teneur en fibres très élevée et des teneurs en protéines et énergie faibles. L'intérêt de la paille dans l'alimentation est la stimulation de la mastication et de la rumination. Elle permet de ralentir les fermentations et donc permet de lutter contre l'acidose du rumen.

La luzerne

La luzerne est une légumineuse qui peut être semée soit en culture pure, soit en association avec une graminée (dactyle, fétuque élevée). Cette culture peut fournir entre 3 à 5 coupes par an (fenaison toutes les 5 semaines) et peut produire pendant 3 à 5 ans. En tant que légumineuse, la luzerne fixe l'azote atmosphérique, l'apport d'azote minéral ou organique est généralement inutile voir dommageable.

La luzerne est la culture qui permet le meilleur rendement en protéines : là où une culture de soja produit 900 kg de protéines par an et par ha, la luzerne en produit jusqu'à 2 400 kg.

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*).

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 tampon²⁸ 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 suffisamment de couches de plastique pour éviter que les tiges ne le percent. Les 2^{ème} et/ou 3^{ème} coupes pourront, si le climat le permet, être récoltées en foin.

Les opérations de fanage sont à réaliser de façon à ne pas perdre les feuilles. Selon Arvalis (2012), il est conseillé :

²⁸ Le pouvoir tampon d'un fourrage dépend des teneurs en MAT et en minéraux. Il conditionne sa capacité à résister à un abaissement du pH.

- d'utiliser une rotative classique ou une faucheuse conditionneuse à rouleaux,
- de faucher le matin et de retourner le fourrage encore humide juste après la fauche et ensuite le matin à la rosée.
- d'andainer le matin en regroupant les andains,
- de presser dès que la rosée s'est retirée en utilisant de préférence un filet pour lier les ballots.

Laisser fleurir la luzerne une fois par an permet d'assurer sa pérennité. Une dernière coupe doit être réalisée fin septembre ou en 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.

IV.1.1.3. *Les racines et tubercules et leurs dérivés*

En alimentation animale, ce sont surtout les racines de betterave sucrière et fourragère, de chicorée, les navets, les carottes et les tubercules de pomme de terre et de topinambour qui sont utilisés dans nos régions.

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 particu-

larité 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.

Les betteraves

Les betteraves ont une teneur élevée en sucre, ce qui les rend très savoureuses pour les bovins. Il existe deux grands types de betteraves : sucrière et fourragère. Au niveau des betteraves fourragères, trois catégories sont distinguées (Semae, 2021) selon leur taux de MS. Voici à titre indicatif ces catégories classées selon leur taux moyen de MS²⁹ et les indications d'utilisations correspondantes :

- Betteraves fourragères moyennement riches en MS ($< 16\%$ de MS). Ces betteraves peuvent être employées de manière polyvalente : distribuées en entier, en morceaux ou encore pâturées.
- Betteraves fourragères riches en MS (de 17 à 20 % de MS environ). Elles sont plus productives et se conservent mieux. La distribution en morceaux est recommandée.

²⁹ Les teneurs en MS peuvent varier selon les conditions climatiques.

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

- Betteraves fourragères très riches en MS (au moins 18 % de MS). Leur production est très élevée et elles sont riches en saccharose. Leur distribution doit être raisonnée en fonction des autres aliments composant la ration. Il est préférable de les distribuer en morceaux.

Les betteraves fourragères (tableau 13) se distinguent des sucrières selon leur taux de MS et de sucres solubles élevés. Les betteraves sucrières contiennent plus de 24% de MS, 15 à 21% de sucre dans la matière fraîche (environ 70% de la MS) alors que les betteraves fourragères en contiennent 5 à 10% (environ 50% de la MS).

Les betteraves fourragères se cultivent comme les sucrières. Elles sont cependant moins exi-

geantes en termes de qualité de sol, de sorte qu'on peut les cultiver partout, y compris en Ardenne. Elles sont relativement peu sensibles à la sécheresse. 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). Tout comme le maïs, il s'agit d'une culture, sensible au ruissellement érosif en début de cycle, qui nécessite de nombreux intrants chimiques, et qui est donc, 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.

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

Atouts	Inconvénients
Très grande productivité (70-100 T de racines/ha soit 15 à 20 T de MS/ha)	Technicité - désherbage
Sécurité de rendement, même lors de mauvaise année climatique	Sensible au ruissellement érosif
Adaptation à toutes les régions climatiques	Tare-terre
Mécanisation intégrale de la culture	Pierres
Stabilité de la qualité, non liée à un stade impératif de récolte	Stockage - distribution
Bonne valorisation des apports de fumures organiques tels que lisier et fumier → peu de résidus azotés après la récolte	Calcul de ration nécessaire (teneur en sucres solubles élevée)
Teneur énergétique élevée (1 056 VEM/kg MS)	
Aliment frais de très grande appétence	

Du point de vue de la composition chimique et de la valeur nutritionnelle, retenons que les betteraves fourragères ont une teneur en MS faible, inférieure à 20 %, 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 quantité distribuée doit être réservée à des vaches en lactation et des animaux à l'engraissement et limitée au maximum à 5 kg de betterave/100 kg de poids vif, soit 0,8 à 1 kg de MS/100 kg³⁰.

Les pommes de terre

Les pommes de terre sont riches en énergie, elles contiennent environ 70% d'amidon, mais ont un déficit relatif en protéines. Cela en fait un complément aux rations pauvres en énergie. Les pommes de terre ont une très haute digestibilité (94%). La teneur en vitamines et minéraux liposolubles (en particulier le calcium et le phosphore) est faible. En raison de leur valeur énergétique élevée, les pommes de terre sont une matière première particulièrement adaptée aux bovins à l'engraissement. Elles peuvent constituer un appoint énergétique alimentaire en élevage viandeux en fonction d'une opportunité de marché. Les quantités distribuées devront cependant être limitées et adaptées à la ration vu le risque d'engraissement rencon-

tré avec ce type d'aliment.

Les pommes de terre contiennent des glyco-alcaloïdes (tels que la solanine et la chaconine) qui peuvent être dangereux pour les animaux à court terme si de grandes quantités (> 200 mg / kg) sont absorbées. En cas d'excès, l'animal peut souffrir d'éruptions cutanées, de troubles nerveux et / ou digestifs. La concentration de glyco-alcaloïdes dans les pommes de terre peut varier considérablement. Ils sont principalement présents à l'extérieur de la pomme de terre et se trouvent principalement dans les pommes de terre exposées à la lumière et colorées en vert. La distribution de ces pommes de terre est à éviter. Pour éviter l'étouffement, il est conseillé de réduire la taille des pommes de terre, en les hachant ou en les incorporant dans une ration mélangée avec une mélangeuse distributrice. Une administration en fin de repas permet de réduire les accidents, les animaux se montrant moins gloutons.

Différents coproduits 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 coproduits, selon le processus à partir duquel ils sont obtenus : les écarts de triage, les coproduits crus et les coproduits cuits. Nous citons à la page suivante ceux utilisés fréquemment dans l'alimentation des bovins :

³⁰ Davantage d'informations sont disponibles sur le site : <https://www.betterave-fourragere.org/alimentation-ration.html>

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

- Les *écarts de triage* correspondent aux tubercules non conformes, déformés ou sous calibrés, issus du tri sur le marché du frais ;
- Les coproduits 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 coproduits 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).

Le tableau 14 reprend la composition chimique et la valeur nutritionnelle des co-produits de la pomme de terre.

Tableau 14: Composition chimique et valeur nutritionnelle des différents co-produits de la pomme de terre (adapté de Decruyenaere et al, 2005; Comité National des Co-produits, 2000)

	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)
Écarts de triage (tubercule frais)	Avril à septembre	19	110	642	27	1090	76	-12
Co-produits crus								
Screenings	Toute l'année	20	103	723	30	1120	65	-25
Pulpes de pommes de terre	Septembre à janvier	19	55	406	186	1010	72	-71
Co-produits cuits								
Epluchures à la vapeur*	Toute l'année	10-15	150-190	200	90	1040	107	-10
Déchets de purée	Toute l'année	26	80	725	30	1112	73	-14

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

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 coproduits crus tels que les screenings et les pulpes fraîches de pommes de terre peuvent également être ensilés ;
- Les épluchures à la vapeur, qui se pré-

sentent 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 coproduits. Elles peuvent aussi couvrir un ensilage de maïs ;

- Les déchets de purée et les pulpes surprises de pommes de terre se conservent sous forme d'ensilage, avec un lissage et un recouvrement à l'aide d'une bâche plastique ;
- Les pulpes déshydratées de pommes de terre se conservent quant à elles en vrac, en sac ou en silo.

Les apports recommandés de pomme de terre pour une vache viandeuse en phase d'élevage sont de 2 kg de matière fraîche/100 kg de poids vif. Pour un animal à l'engraissement, cette quantité peut atteindre 3,5 à 4,5 kg de matière fraîche/100 kg de poids vif.

IV.2. Les concentrés

Les caractéristiques principales des concentrés sont les teneurs en MS et en énergie qui sont élevées. Les protéagineux et les oléagineux sont également riches en protéines.

On distingue deux types d'aliments concentrés :

- Les aliments concentrés simples, tels que les graines de céréales et leurs coproduits, les graines de protéagineux, les graines

d'oléagineux et leurs coproduits, les tourteaux, et les pulpes séchées. Ces aliments concentrés simples sont donc des matières premières.

- Les aliments concentrés composés, résultant d'un mélange d'aliments concentrés simples.

On utilise des concentrés pour équilibrer une ration en azote (protéines) et en énergie, dans ce cas-là, on les appelle souvent « correcteurs ».

On peut ajouter à une ration de base équilibrée des concentrés de « production » afin de la compléter ou de booster la production de viande.

IV.2.1. Les aliments concentrés simples

Les céréales et leurs coproduits

Les céréales sont riches en énergie mais pauvres en protéines et ont un rapport Ca/P plus petit que 1 alors que le rapport visé dans les rations sera de 1,2 à 2. Elles sont caractérisées par une proportion élevée d'amidon rapidement dégradé dans le rumen. La vitesse de dégradation de l'amidon dans le rumen diffère selon les céréales. Ainsi, l'amidon du froment est presque totalement fermenté dans le rumen et produit une grande quantité d'acide propionique. Celui du maïs est partiellement fermenté dans le rumen tandis que l'amidon résiduel est digéré par voie enzymatique dans l'intestin grêle.

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Une concentration trop élevée de ces glucides rapidement dégradables dans la ration en combinaison avec une teneur en fibres trop faible peut conduire à une acidification du rumen. Il est préférable de limiter la distribution de céréales à maximum 3 kg par jour et par vache en production dans la ration tout en veillant à en assurer une bonne structure.

Toutes les céréales se caractérisent en outre par des teneurs négatives en OEB, le maïs présentant la valeur la plus négative (tableau 15).

Des coproduits de céréales peuvent être utilisés en alimentation animale. Leurs principales caractéristiques sont décrites ci-dessous :

- *Le son et le rebulet* : ce sont des co-produits de meunerie. 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

Tableau 15: Composition chimique, valeur nutritionnelle et caractéristiques de l'amidon de quelques céréales et co-produits de céréales (INRAE CIRAD, 2021 ; base de données du service de Nutrition, FMV, ULiège)

	Froment	Orge/ Escourgeon	Epeautre	Seigle	Maïs	Son	Rebulet
MS (%)	87,5	87,4	87,8	87,4	87,0	87,0	87,0
MAT (g/kg MS)	126	124	130	98	88	176	179
Fibres brutes (g/kg MS)	27	54	180	23	26	105	79
Amidon (g/kg MS)	691	599	317	620	739	223	322
Dégradabilité de l'amidon dans le rumen (%)	90	86	ND	89	61	89	89
Calcium (g/kg MS)	0,7	0,9	0,8	0,7	0,3	1,1	1,3
Phosphore (g/kg MS)	3,6	4,0	4,0	3,5	3,5	7,5	9,5
VEM (/kg MS)	1178	1093	940	1180	1264	894	985
DVE (g/kg MS)	98	87	86	92	93	72	81
OEB (g/kg MS)	-26	-28	-12	-49	-46	407	40

ND : Non déterminé

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 généralement le son et le rebulet en un seul produit, présenté sous forme de pellet brunâtre. En termes de composition chimique et de valeur nutritionnelle, 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 ruminales³¹.

- *Les drêches* :
 - co-produits de la brasserie. Lors de la production d'alcool (la bière), il y a production de deux co-produits : les levures et les drêches. Quantitativement, 100

kg d'orge permettent de produire entre 100 et 350 litres de bière et approximativement 60 kg de drêches. A l'opposé des céréales et des autres coproduits de céréales que nous venons de voir, les drêches sont des aliments humides (± 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 drêches en fait un aliment protéique intéressant en vue d'une complémentation d'une ration riche en énergie, comme par exemple une ration contenant de l'ensilage de maïs. Leur taux d'incorporation doit être raisonné et rester dans des limites acceptables chez une vache viandeuse d'élevage — jusqu'à 300 g/100 kg de poids vif. Les drêches possèdent cependant des propriétés complémentaires intéressantes, telles que la régulation du transit et un effet inhibiteur sur la diarrhée, ainsi qu'un effet positif sur la fertilité. Les drêches étant des aliments frais, elles doivent être distribuées en l'espace de quelques jours. Et s'il n'est pas possible d'avoir un approvisionnement régulier, les drêches peuvent être ensilées.

³¹ Le son et le rebulet peuvent être distribués à des animaux qui ont souffert de problèmes digestifs, par exemple en raison d'une transition alimentaire trop brutale ou qui ont ingéré peu d'aliments à la suite d'une maladie.

- Coproduits de l'industrie des biocarburants (fabrication du bioéthanol) : les drêches de blé et drêches de maïs. Dans certaines rations, les drêches pourraient 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.

Les protéagineux

Les principaux protéagineux utilisés sont le pois, la féverole et le lupin (bleu et blanc). Pour les rations qui manquent de protéines, les protéagineux se révèlent être une bonne alternative au soja comme protéine végétale en vue de

promouvoir une autonomie protéique et une durabilité des systèmes de production.

Les graines de protéagineux sont toutes à la fois riches en protéines et en énergie (tableau 16). 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 matière grasse (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: Composition chimique et caractéristiques nutritionnelles du pois, de la féverole et du lupin blanc (à partir de Froidmont et al, 2006)

	Pois	Féverole	Lupin blanc
MS (g/kg)	86,3	85,2	89,5
MAT (g/kg MS)	239	297	343
Amidon (g/kg MS)	510	440	10-20
MG (g/kg MS)	14	15	100
VEM (/kg MS)	1177	1158	1268
DVE (g/kg MS)	114	116	144
OEB (g/kg MS)	73	129	150

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Chez la vache viandeuse, leur utilisation sera à raisonner en fonction des autres aliments apportés à la ration. Ils seront réservés plutôt à des animaux à l'engraissement.

Les protéagineux présentent les caractéristiques communes suivantes :

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

Les oléagineux

Les principales graines oléagineuses sont le lin, le soja, le colza et le tournesol. Ces graines servent à produire de l'huile ; le coproduit de l'extraction d'huile est 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 d'exemple, 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 : on les appelle également protéo-oléagineux. Cependant, les teneurs en MAT sont moindres que celle du tourteau correspondant : la graine de lin possède ainsi une teneur en MAT qui représente 68 % de celle du tourteau de lin.

Leur utilisation en alimentation animale est en outre conditionnée à l'application de traitements technologiques préalables, permettant d'éliminer d'une part la coque qui entoure la graine, et, d'autre part, les facteurs antinutritionnels. Réalisés dans de bonnes conditions, les traitements technologiques permettent également d'améliorer la valeur nutritionnelle des graines. Ainsi, certains traitements, tels que l'extrusion, le tannage ou le toastage permettent d'accroître la résistance des protéines à la dégradation microbienne dans le rumen. De cette façon, une plus grande partie des protéines de l'aliment arrive dans l'intestin grêle sans avoir été modifiée (on parle de *protéines by-pass*).

Elles sont peu utilisées pour l'alimentation de la vache viandeuse, hormis pour la préparation d'animaux à certains concours. A noter

que le profil en acides gras de la viande peut être modifié quand les animaux reçoivent ces graines : par exemple, la teneur en acide linoléique (acide gras $\omega 3$) peut être augmentée dans la viande lorsque les animaux reçoivent des graines de lin dans leur alimentation.

Les tourteaux

La composition chimique et la valeur nutritionnelle des tourteaux (tableau 17) dépendent de plusieurs facteurs :

- La nature de la graine dont ils sont issus : soja, colza, lin, ... ;
- 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 *schroot* (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 toasting.

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 coproduits de céréales, sont des aliments riches en P. Chez la vache viandeuse, ils sont utilisés dans les aliments composés.

Les aliments et leur utilisation chez la vache viandeuse

Tableau 17: Comparaison de la composition chimique et de la valeur nutritionnelle des tourteaux expeller et déshuilé de soja, de colza et de lin (INRAE CIRAD, 2021 ; base de données du Service de Nutrition, FMV, ULiège)

	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
MS (%)	88,5	87,0	89,1	87,9	89,2	90,1
MAT (g/kg MS)	477	546	391	394	353	357
Amidon (g/kg MS)	80	22	73	26	71	34
MG (g/kg MS)	73	19	128	24	107	39
VEM (/kg MS)	1295	1154	1055	914	1056	973
DVE (g/kg MS)	242	272	145	147	174	178
OEB (g/kg MS)	192	229	169	166	114	112

Les pulpes séchées

Les pulpes séchées sont des coproduits 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 10 mm.

En termes de composition chimique et de valeur nutritionnelle, 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 vu précédemment, 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).

Chez la vache viandeuse en phase d'élevage, les quantités distribuées sont à adapter en fonction de la composition de la ration et ne devraient pas excéder 0,5 kg/100 kg de poids vif.

La luzerne déshydratée

La déshydratation est énergivore mais permet la conservation d'un fourrage jeune et la production d'un aliment riche en éléments nutritifs pouvant être administré en période hivernale. La luzerne déshydratée 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. Par rapport aux autres aliments concentrés, elle présente l'avantage de contenir des carotènes. Ceux-ci peuvent être convertis en vitamine A. Donner 1,5 kg de luzerne déshydratée par vache dans des rations hivernales permet de couvrir les besoins en vitamine A des vaches gestantes.

Pendant l'allaitement, la distribution de 1 kg par vache contribue à une bonne fécondité.

IV.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 farine ou de granulés.

De tels aliments peuvent être achetés dans le commerce. La composition chimique et la valeur nutritionnelle des mélanges dépendent de leur composition en matières premières. Les étiquettes précisent ces informations. Les teneurs qui y sont indiquées sont exprimées dans l'aliment frais, et non pas dans la matière sèche. Ainsi, si la teneur en énergie d'un aliment est de 950 VEM, on peut calculer, sur une base d'une teneur en MS de 90% de l'aliment, qu'elle est de 1 055 VEM/kg MS.

IV.3. Les mélanges minéraux vitaminés

Le but de ces mélanges est de compléter une ration de base en macro-éléments (Ca, P, Na, ...), en oligo-éléments (Se, Zn, Cu, ...) et en vitamines. On les caractérise le plus souvent en fonction de leur teneur en Ca et P.

IV.3.1. Le choix du mélange minéral vitaminé

Le choix du mélange minéral doit se faire selon cette démarche :

1. Évaluer les besoins de l'animal
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.

IV.3.2. Comment distribuer le mélange minéral vitaminé ?

Les mélanges minéraux vitaminés se présentent sous des formes variables : poudre, granulés, pierres ou bassines à lécher. La poudre, si elle est distribuée seule, est moins facilement consommée que les granulés, car elle est moins préhensible 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 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.

On utilise souvent des pierres à lécher pour apporter du sel (NaCl). Les bovins autorégulent leur consommation de sel, il est donc facile de le fournir en libre-service.

Pour les autres macro-éléments et oligo-éléments, la distribution de ces mélanges dans la ration sous forme de pellets ou de poudre sécurise leur ingestion par rapport à des pierres ou des bassines à lécher. L'usage de ces dernières peut s'envisager au pâturage mais ne garantit pas que les animaux ingèrent les minéraux dont ils ont besoin.

V. Le calcul de ration

V.1. La distribution des rations

Il existe différents modes de distribution de la ration. On peut ainsi schématiquement distinguer la **ration complète** et la **ration semi-complète**.

V.1.1. La ration complète

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

Par contre, la ration complète étant élaborée en tenant compte des besoins pour un animal moyen du troupeau, certains animaux peuvent être sur-alimentés tandis que d'autres sont sous-alimentés. Il est donc souvent nécessaire de prévoir plusieurs types de rations mélangées afin d'obtenir une meilleure efficacité et de maîtriser les coûts.

V.1.2. La ration semi-complète

S'il n'a pas de mélangeuse distributrice, l'éleveur distribue les aliments séparément. Avec cette technique, des rations différentes peuvent être distribuées selon les lots d'animaux. Par exemple, la distribution de concentré peut être réservée à certains lots qui ont des besoins plus élevés comme des vaches allaitantes en fin de gestation ou des animaux en croissance.

V.2. Rations

Nous présentons les calculs relatifs à l'équilibre de l'énergie (VEM) et de l'azote (DVE et OEB) pour quelques exemples de rations. Ces rations sont présentées pour des animaux de race Blanc Bleu Belge. Elles sont calculées avec le système d'expression des unités pour les besoins et les apports néerlandais qui est utilisé en Belgique. Pour des animaux de races françaises, des rations calculées avec le système d'unité français sont disponibles dans la presse agricole ou sur des sites français dédiés à l'élevage. Le « guide sur l'alimentation de la vache allaitante » peut aussi être consulté à ce sujet (référence donnée à la fin du livret).

Les rations décrites ici peuvent aussi être appliquées aux animaux de race française. Il faut toutefois tenir compte que leur capacité d'ingestion est supérieure à celle des animaux de race Blanc Bleu Belge, surtout en fin de gestation. Dès lors, l'exigence des animaux de race française en

Le calcul de la ration

termes de valeur alimentaire des aliments est moindre et ils peuvent se contenter de fourrages de qualité plus faible.

Les besoins sont calculés avec les formules données au tableau 3 pour une vache en deuxième gestation de 750 kg. Ils évoluent en fonction du cycle de production de la vache. La période de vêlage correspond habituellement à la période hivernale. La figure 27 indique l'évolution des besoins énergétiques en fonction du cycle de reproduction pour une vache allaitante. Pour une vache gestante, les besoins augmentent les

deux derniers mois avant le vêlage. Les besoins d'une vache en lactation qui donne 7-8 litres de lait sont équivalents à ceux d'une vache en fin de gestation. Ils sont maximaux pendant la période qui précède le vêlage et pendant les 4 premiers mois de lactation. Si le veau est enlevé dès la naissance, comme pratiqué dans certains élevages, les besoins de la vache sont faibles. Les besoins pour la cicatrisation de la césarienne de la vache sont à prendre en compte : on considère que les besoins d'entretien peuvent être augmentés de 10 % le mois suivant le vêlage.

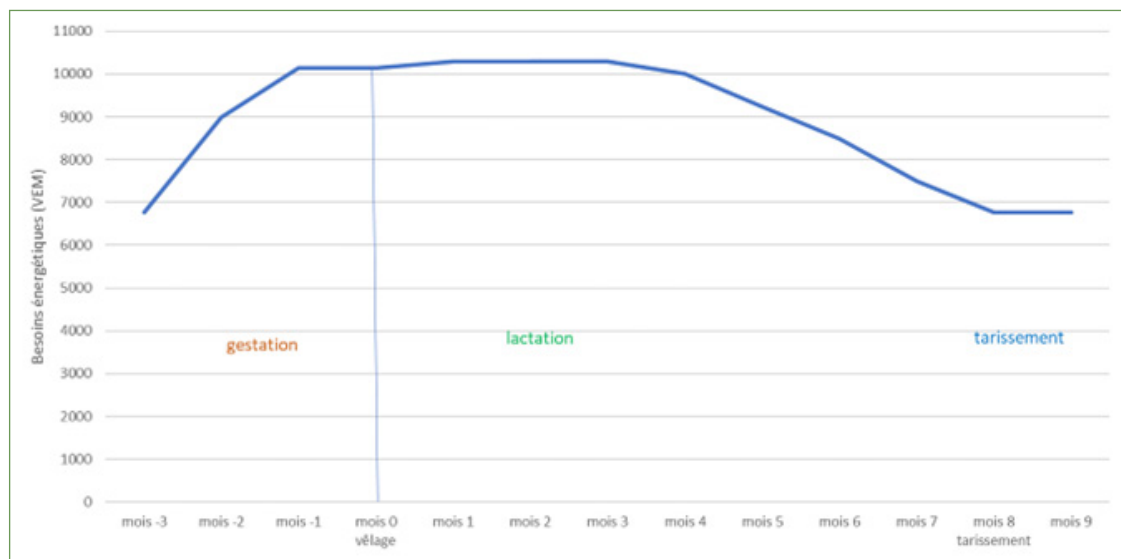


Figure 27: Evolution des besoins énergétiques d'une vache blanc bleu belge allaitante au cours d'une année. Les besoins ont été calculés à l'aide des formules du tableau 3.

Les rations seront prévues pour 2 périodes, la période hivernale et la période de pâturage. En période hivernale, 3 situations correspondant aux principales étapes du cycle de production sont envisagées :

- une vache à l'entretien
- une vache en fin de gestation
- une vache en lactation avec une production quotidienne de lait fixée à 8 litres.

En période de pâturage, 2 situations sont considérées :

- une vache à l'entretien
- une vache en lactation avec une production quotidienne de lait fixée à 8 litres/jour ou en fin de gestation

Afin d'alléger le texte, les calculs relatifs à l'équilibre des minéraux et des vitamines sont présentés uniquement pour la première ration.

La composition des aliments qui sont utilisés dans les rations proposées est reprise au tableau 18.

V.2.1. Rations en stabulation

Vache à l'entretien

Les besoins de cette vache, à laquelle on a retiré le veau dès sa naissance, sont faibles et faciles à combler.

Etape n°1 : évaluer les besoins de l'animal

Les formules du tableau 19 sont utilisées. D'un point de vue énergétique et sur base de la capacité d'ingestion théorique, la vache peut se contenter d'une ration avec une densité d'environ 600 VEM/kg de MS; cette valeur est facilement atteinte avec la majorité des fourrages.

Etape n°2 : évaluer les apports de la ration

La ration proposée est composée d'ensilages d'herbe et de céréales immatures. Les quantités d'aliments et les apports nutritionnels sont indiqués au tableau 20.

Le calcul de la ration

Tableau 18: Composition des aliments utilisés dans les rations pour la vache en stabulation

	MS (%)	VEM (/kg MS)	DVE (/kg MS)	OEB (g/kg MS)	Ca (g/kg MS)	P (g/kg MS)	Na (g/kg MS)	Mg (g/100 Kg MS)	Vit A (UI)
Ensilage d'herbe	34,6	840	58	24	6,2	4,1	2,7	1,9	0
Ensilage de céréales immatures	35,0	760	35	-4	7,0	3,2	0,2	1,8	0
Ensilage de maïs	34,7	920	42	-38	2,4	2,3	0,3	1,0	0
Paille	86,0	400	3	-30	2,0	1,0	0,1	1,0	0
Foin	86,0	700	64	-20	6,3	4,0	2,1	1,5	4 000
Orge	87,4	1130	94	-23	0,9	0,4	0,5	1,2	0
Pulpes séchées	90,2	960	111	-67	12	1,2	1,1	2,0	0
Concentré 14%	90,0	1070	98	10	8,3	5,5	2,5	2,5	11 000
Concentré 15%	90,0	1070	102	28	8,3	5,5	2,5	2,5	11 000
Concentré 26%	90,0	1070	156	78	8,3	5,5	2,5	2,5	11 000
Herbe pâturée	17,0	988	95	48	5,9	37,0	0,7	1,9	20 000

Le calcul de la ration

Tableau 19: Besoins journaliers en VEM et DVE d'une vache Blanc Bleu belge de 750 kg ayant vêlé 2 fois

	Formules de besoins	Besoins pour une vache de 750 kg
Capacité d'ingestion (kg MS/J)	0,085 x PM	12,2
VEM		
entretien	6,45 x PV + 1265	6 100
croissance	660	660
Total		6 760
DVE		
entretien	PV/10 + 54	128
croissance	37	37
Total		165
Ca	5 x PV/100	37,5
P	3 x PV/100	22,5
Na	2 x PV/100	15,0
Mg	1,6 x PV/100	12,0
Vit A	1000 x PV/100	75 000

Tableau 20: Apports nutritionnels journaliers de la ration pour une vache Blanc Bleue Belge de 750 kg à l'entretien

	MS de l'aliment (%)	Quantité d'aliment en frais (kg)	Quantité d'aliment en matière sèche (kg MS)	VEM	DVE (g)	OEB (g)	Ca (g)	P (g)	Na (g)	Mg (g)
Ensilage d'herbe	34,6	15	5,2	4 360	301	125	32,2	21,3	14,0	9,9
Ensilage de céréales immatures	32,0	10	3,2	2 430	112	-13	22,4	10,2	0,6	5,8
Total		25	8,4	6 790	413	112	54,6	31,5	17,7	15,6

Le calcul de la ration

Etape n°3 : comparer les apports de la ration et les besoins la vache

Couvrir les besoins énergétiques de la vache est le but premier de ce calcul de rationnement. Les besoins en énergie et en protéines sont couverts facilement par les apports alimentaires vu les besoins faibles de la vache à l'entretien (tableau 21).

Cette ration apporte assez de minéraux pour couvrir les besoins de l'animal. En revanche, il n'y a pas assez d'oligo-éléments et pas de vitamine A. Un complexe minéral vitaminé peut combler ces insuffisances. Il est choisi d'utili-

ser un complexe minéral vitaminé 15/15 afin d'atteindre un rapport Ca/P de la ration proche de 1,5. Les quantités distribuées sont à limiter à ce qui est nécessaire tant pour des raisons économiques que sanitaires et environnementales. Dans ce cas, l'ajout de 100 gr de ce complexe est suffisant. A noter qu'il est nécessaire de mettre une pierre de sel à disposition des animaux, cet élément étant souvent déficitaire dans les rations. Les teneurs élevées en Na dans l'ensilage d'herbe utilisé pour cette ration s'explique par l'ajout de sel lors de la confection du silo.

Tableau 21: Comparaison des besoins journaliers de la vache et des apports par la ration

	Besoins pour une vache de 750 kg	Apports par la ration	Apports par la ration + 100 g de complexe de minéraux et de vitamines
Capacité d'ingestion (kg MS)	12,2	8,4	8,5
VEM	6 760	6 790	6 790
DVE (g)	165	413	413
Ca (g)	37,5	54,6	69,6
P (g)	22,5	31,5	46,5
Na (g)	15	17,7	19,2
Mg (g)	12	15,6	19,6
Vit A (UI)	75 000	0	100 000

Etape n°4 : critique de la ration

Il n'est pas nécessaire d'ajouter d'autres aliments car les besoins en énergie et protéines de cette vache à faibles besoins sont couverts par la ration. Elle est constituée de 100 % de fourrages qui peuvent être produits à la ferme et répond à des objectifs d'autonomie en fourrages et en protéines. La capacité d'ingestion n'est pas atteinte ; soit on distribue de 10 à 15% en plus des apports calculés de manière à assurer une marge de sécurité (apports recommandés) ou de la paille (ou du foin) est mise à disposition au niveau du râtelier. La paille apporte peu d'énergie et permet de rassasier l'animal. Les quantités distribuées doivent aussi tenir compte de l'état de l'animal.

Alternatives

Une ration constituée de bon **foin**, à raison de 10 kg et d'un kg d'aliment concentré, peut suffire à combler les besoins de cette vache. Le foin contient de la cellulose et de l'hémicellulose ainsi que des sucres solubles s'il a été fait dans de bonnes conditions. Bien conservé, il constitue un apport non négligeable de vita-

mine A. Une pierre à lécher et un complexe minéral vitaminé, 70 g dans ce cas, sont à mettre à disposition des animaux. Le complexe peut être distribué avec un peu de céréales pour permettre une ingestion aisée.

Une ration constituée **d'ensilages d'herbe et de maïs** peut aussi être distribuée. Avec les ensilages repris au tableau 18, 4,8 kg de MS d'ensilage d'herbe (14 kg de matière fraîche) et 2,8 kg de MS d'ensilage de maïs (8 kg de matière fraîche) complété avec 100 g de complexe minéral vitaminé comblent les besoins des animaux. Un apport de foin ou de paille dans un râtelier permet de les rassasier. Cette ration contient 63 % d'ensilage d'herbe et 37 % d'ensilage de maïs. Si la ration contenait une proportion d'ensilage de maïs plus importante, un apport de concentré correcteur serait nécessaire afin de couvrir les besoins en protéines.

Une ration à base de **céréales immatures** peut aussi être envisagée comme indiqué dans le tableau 22. Ce tableau reprend aussi des exemples de rations pour une vache allaitante ou en fin de gestation de 750 kg pendant la période hivernale.

Le calcul de la ration

Tableau 22 : Exemples de rations journalières à donner à une vache Blanc Bleu Belge à l'entretien, allaitante et en fin de gestation

Besoins en VEM et en DVE (g)	Ensilage d'herbe	Foin	Ensilage de céréales immatures	Ensilage de maïs	Concentré 15%	Concentré 26%	Céréales / pulpes séchées	Luzerne déshydratée	Paille	Complexe minéral vitaminé
Entretien VEM : 6 760 DVE : 165 g										
Ensilages herbe et céréales immatures	5,2 (62%)		3,2 (38%)						XX	100
Ensilages herbe et maïs	4,8 (63%)			2,8 (37%)						100
Bon foin		8,6				0,9			XX	75
Céréales immatures			7,7		0,9				XX	80
Allaitante VEM : 10 290 DVE : 547 g										
Ensilages herbe et céréales immatures	5,9 (58%)		4,8 (42%)		1,8		1,8		X	70-100
Bon foin		12				1,8				70
Ensilages herbe et maïs	7,3 (60%)			4,9 (40%)					X	100
Fin de Gestation VEM : 10 135 DVE : 515 g										
Ensilages herbe et maïs	5,9 (66%)			3,1 (34%)	2,7					160
Ensilages herbe et maïs	5,9 (66%)			3,1 (34%)			1,8	1,4		70
Bon foin		12				1,8		1,4		70

Les quantités d'aliments sont exprimées en kg de MS sauf les quantités de complexe minéral vitaminé données en g, les pourcentages d'ensilages en % (chiffre entre parenthèse)

Les chiffres inscrits en rouge indiquent que pour ces aliments, le choix est possible entre l'un ou l'autre. L'aliment composé intégrant généralement un complexe minéral vitaminé, il nécessitera un apport supplémentaire moindre en complexe minéral vitaminé.

L'apport de luzerne déshydratée permet de réduire l'apport en complexe minéral vitaminé de manière importante surtout grâce à son apport en vitamine A (via les carotènes). Pour la paille, X signifie que l'ajout de paille peut rassasier la vache : XX représente environ 2 kg et X 1 kg.

Vache produisant 8 litres de lait ou en fin de gestation

Les besoins en énergie et en protéines d'une vache qui produit 8 litres de lait ou qui est en fin de gestation sont indiqués au tableau 23. Les besoins en énergie et en protéines sont assez semblables.

Par rapport à la vache allaitante, la vache en fin de gestation a une capacité d'ingestion plus

faible car le fœtus occupe un volume important au niveau de l'abdomen. Par conséquent, les densités en énergie et en protéines de la ration doivent être supérieures chez cette vache par rapport à celles de la vache allaitante. Ainsi, la densité énergétique nécessaire est d'environ 950 VEM/kg MS pour une vache en fin de gestation et de 725 VEM/kg MS pour une vache allaitante.

Tableau 23: Besoins journaliers en énergie et en protéines d'une vache Blanc Bleu belge en fin de gestation ou allaitante de 750 kg ayant vêlé 2 fois

	Besoins	
	Fin de gestation	Production 8 litres de lait
Capacité d'ingestion (kg MS)	10,7	14,2
VEM		
entretien	6 100	6100
croissance	660	660
production	3 375	3 530
Total	10 135	10 290
DVE		
entretien	128	128
croissance	37	37
production	350	382
Total	515	547

Le calcul de la ration

• Ration pour une vache allaitante

La ration proposée contient des ensilages d'herbe et de céréales immatures (5,9 et 4,8 kg MS respectivement) et un concentré à 15% MAT. Le tableau 24 indique les apports et la couverture des besoins énergétiques et protéiques pour une vache allaitante. Les besoins énergétiques sont couverts. Les besoins en protéines le sont facilement. La valeur OEB de la ration est de 82 g et la teneur en MAT est de 14%.

Donnée avec un complexe minéral vitaminé à raison de 70 g, la ration répond aux besoins de cette vache. Il n'est donc pas nécessaire de compléter cette ration avec d'autres aliments si ce n'est de la paille pour la rassasier.

A noter que le concentré peut être remplacé par un mélange de céréales/pulpes séchées ou des céréales. Dans ce dernier cas, tous les composants sont produits sur l'exploitation. Le complexe minéral vitaminé est porté à 100 g.

Tableau 24: Apports alimentaires journaliers et couverture des besoins d'une ration pour vache allaitante

	MS de l'aliment (%)	Quantité d'aliment en frais (kg)	Quantité d'aliment en matière sèche (Kg MS)	VEM	DVE (g)	OEB (g)
Ensilage d'herbe	34,6	17	5,9	4 940	341	141
Ensilage de céréales immatures	32,0	15	4,8	3 640	168	-19
Concentré 15%	90,0	2	1,8	1 930	169	50
Total des apports		34	12,9	10 510	678	172
Besoins			14,6	10 290	547	
Couverture (%)			88	102	124	

D'autres rations peuvent être proposées (tableau 22) :

- à base d'ensilages d'herbe et de maïs : 6,2 kg de MS d'ensilage d'herbe (18 kg de matière fraîche), 4,9 kg de matière sèche d'ensilage de maïs (14 kg de matière fraîche) et 1 kg de concentré à 26% avec 70 g de com-

plexe minéral vitaminé.

- À base d'un bon foin à raison de 14 kg et de 2 kg de concentré.

Ces quantités sont calculées de manière à couvrir les besoins de la vache. En pratique, la quantité distribuée doit tenir compte de la marge de sécurité et de l'état de l'animal.

• Ration pour une vache gestante

La particularité de la ration pour une vache Blanc Bleu Belge en fin de gestation réside dans son exigence en termes de densité en énergie (950 VEM/Kg de MS) difficilement atteignable avec une ration à base de fourrages. Dans ce cas, l'ensilage de céréales immatures n'est pas utilisé, car il est trop peu dense en énergie (760 VEM/Kg de MS). L'ensilage de maïs peut être choisi car il est riche en énergie. Pour couvrir les besoins énergétiques, un concentré de production est nécessaire (tableau 25). La composition du complexe minéral vitaminé est à vérifier afin de s'assurer que les apports en

minéraux et vitamines sont bien couverts. Pour une vache gestante, 150 g sont habituellement nécessaires. Cet apport est utile surtout chez les vaches en fin de gestation afin de couvrir les besoins en oligo-éléments, en particulier en Se, I et Zn (cfr. VII.3). Le complexe minéral vitaminé comprend également des vitamines A indispensables pour le développement du fœtus et pour la qualité du colostrum. A noter que la distribution de 1,5 kg de luzerne déshydratée permet de réduire l'apport de complexe minéral vitaminé et offre l'avantage d'apporter des caroténoïdes bénéfiques à la fertilité.

Tableau 25: Apports alimentaires journaliers et couverture des besoins d'une ration pour vache en fin de gestation

	MS de l'aliment (%)	Quantité d'aliment en frais (kg)	Quantité d'aliment en matière sèche (Kg MS)	VEM	DVE (g)	OEB (g)
Ensilage d'herbe	34,6	15	5,2	4 360	301	125
Ensilage de maïs	35,0	9	3,1	2 880	131	-119
Concentré 15%	90,0	3	2,7	2 890	253	76
Total des apports		30	11,1	10 130	686	82
Besoins			10,7	10 135	515	
Couverture (%)			104	100	143	

Nous voyons que les quantités calculées dépassent la capacité théorique d'ingestion. La capacité d'ingestion dépend de la qualité des aliments : plus ceux-ci sont digestibles, plus leur ingestion sera grande. De plus, des dif-

férences individuelles existent. On voit ici la nécessité de disposer pour ces animaux de fourrages d'excellente qualité. En pratique, par sécurité, on distribue 10 à 15 % de plus que la quantité calculée pour couvrir les besoins.

Le calcul de la ration

Signalons qu'un foin de bonne qualité peut être utilisé comme base de la ration. La distribution de 12 kg de foin avec 2 kg de concentré à 26% et 1,5 kg de luzerne complétée avec une faible quantité de complexe minéral vitaminé comblent les besoins de la vache (tableau 22).

Enfin, mettre une pierre de sel à disposition des animaux est suffisant pour couvrir leurs besoins en Na.

V.2.2. Rations au pâturage

Les rations pour la période de pâturage ont été calculées avec une herbe dont la valeur alimentaire est donnée au tableau 18³². Vu sa richesse en énergie, proche de 1 000 VEM/Kg de MS en protéines et la haute valeur de digestibilité, cette herbe est très appétente. Par conséquent, il n'est pas nécessaire de tenir compte de la capacité d'ingestion pour des vaches viandeuses.

Vache à l'entretien

Pour une vache au pâturage, on estime que les besoins énergétiques sont augmentés de 15% par rapport à une alimentation distribuée à l'étable car la vache dépense de l'énergie pour se déplacer et pâturer. Les besoins énergétiques d'une vache à l'entretien (tableau 26) sont facilement couverts par une herbe pâturée de bonne qualité. Dans le cas présent, 40 kg de matière fraîche d'herbe suffisent ; en pratique, la vache

peut en ingérer davantage. Avec 40 kg de matière fraîche, l'apport en DVE est excédentaire et la valeur OEB élevée. Par conséquent, en cas de complémentation d'une ration à base d'herbe pâturée, par exemple en cas de manque d'herbe ou de chargement de pâturage élevé, il convient de donner des aliments riches en énergie et pauvres en protéines afin d'équilibrer la ration. On peut ainsi donner des céréales, des pulpes séchées, de l'ensilage de maïs ou un aliment composé avec peu de protéines (10 ou 14 % MAT³³). Ces aliments en diminuant la valeur OEB de la ration permettent de diminuer les rejets azotés.

Le déficit en Na peut être corrigé par l'ajout d'une pierre de sel placée dans un endroit facilement accessible et, de préférence, au sec.

Des carences en oligo-éléments et en particulier en Se ont été mises en évidence dans les troupeaux de race Blanc Bleu Belge. Si l'apport d'oligo-éléments est facile en période de stabulation, il n'en est pas de même chez des animaux nourris exclusivement à l'herbe (cfr VII.3). La situation peut devenir problématique en fin de saison de pâturage d'autant que les symptômes de subcarence ou de carence ne sont pas évidents à déceler (cfr annexe 1). Un apport via des bolus intra-ruminaux peut constituer une possibilité de solution pour certains éléments.

³² Les autres composants de l'herbe sont : cendre brute : 107 g/kg MS ; MAT : 202 g/kg MS ; CB : 226 g/kg MS ; NDF : 473 g/kg MS ; ADF : 262 g/kg MS ; lignine : 31 g/kg MS ; Sucres solubles 114 g/kg MS ; digestibilité : 82%.

³³ Il existe aussi des aliments composés appelés « concentrés énergétiques » à 10-11% MAT, disponibles sur demande ou faisant partie de la gamme d'aliments des négociants.

Tableau 26: Calcul des besoins journaliers (entretien, croissance) d'une vache Blanc Bleue Belge pesant 750 kg au pâturage et apports théoriques de l'herbe pâturée en énergie, protéines, minéraux et vitamine A pour couvrir les besoins

	Besoins	Apports théoriques 40 kg herbe fraîche, 6,9 kg MS
VEM		
entretien	7 015	
croissance	660	
Total	7 675	7 760
DVE		
entretien	128	
croissance,	37	
Total	165	739
OEB		380
Ca	37,5	46,7
P	22,5	29,3
Na	15,0	5,5
Mg	12,0	15,0
Vit A	75 000	158 400

Vache produisant 8 litres de lait ou en fin de gestation

Les calculs des besoins en VEM et DVE sont détaillés au tableau 27.

La valeur OEB élevée de la ration indique un excédent d'azote dégradable par rapport à l'énergie. Si une complémentation est nécessaire, un aliment apportant de l'énergie est à préférer afin de diminuer les rejets azotés dans les urines.

Les besoins en minéraux sont couverts par l'herbe pâturée, hormis ceux en Na qui peuvent être couverts en mettant à disposition une pierre de sel.

Un apport de complexe minéral vitaminé est utile surtout chez les vaches en fin de gestation afin d'assurer la couverture en oligo-éléments, en particulier en Se, I et Zn (cfr. VII.3). Il peut être distribué avec un peu de céréales afin de faciliter son ingestion si les animaux rentrent à

Le calcul de la ration

l'étable. Des seaux à lécher contenant un complexe minéral vitaminé constituent une alternative, mais il n'y a pas de garantie quant à l'ingestion de la quantité nécessaire pour chaque animal.

Le lait des vaches allaitantes au pâturage risque de contenir trop peu d'oligo-éléments

pour couvrir les besoins des veaux qui augmentent rapidement. Un aliment contenant un complexe minéral vitaminé peut être apporté dans une trémie, inaccessible aux vaches, pour soutenir leur croissance et apporter les oligo-éléments nécessaires.

110

Pourquoi donner un aliment concentré aux veaux en prairie ?

Cet apport d'aliment constitue un supplément énergétique utile pour soutenir la croissance des veaux en cas de manque d'herbe (chargement élevé, conditions climatiques défavorables) ou pour obtenir une croissance plus élevée en vue de vendre des animaux mâles plus chers ou de mettre des femelles à la reproduction précocement.

L'efficacité en gain de poids par rapport au concentré distribué dépend des quantités et de la qualité de l'herbe offerte : elle varie ainsi de 70 g de gain de poids par kg de concentré avec une herbe abondante et de bonne qualité à 230 g de poids par kg de concentré en cas de conditions défavorables (Dufrasne, 1994 ; Guide de l'alimentation du troupeau allaitant, 2014).

L'aliment peut être un concentré de production à 14% ou 16% MAT composé de céréales principalement, de son, de luzerne déshydratée, de pulpes séchées et de tourteaux. Des aliments concentrés produits à la ferme, constitués de céréales aplaties (orge, triticale, froment) pour 50 à 60% et de pois ou de féverole, pour le reste, peuvent aussi être distribués. L'homogénéité du mélange est à contrôler afin d'éviter le tri.

La distribution de ces aliments et en particulier ceux qui contiennent beaucoup d'amidon doit être surveillée et limitée en quantité afin d'éviter les risques d'acidose et d'entérotoxémie. Incorporer dans l'aliment concentré 15 à 20% d'épeautre, de luzerne déshydratée ou de pulpes séchées, pour les veaux de plus de 3 mois, permet de diminuer ces risques car ces aliments apportent des fibres.

L'apport de l'aliment concentré doit se faire dans une trémie (ou nourrisseur) inaccessible aux vaches. Celle-ci sera placée dans un endroit sec et orientée de manière à abriter les aliments des intempéries. Dans un premier temps, il est nécessaire d'attirer les veaux en distribuant un

peu d'aliment tous les jours. Ensuite, quand ils sont habitués, la trémie peut être remplie régulièrement : l'accès permanent à l'aliment permet d'éviter une ingestion trop élevée après une période de manque qui peut entraîner des pathologies digestives. Il est important de quantifier les quantités distribuées : pour des veaux allaités par leur mère, si l'ingestion est supérieure à 3 kg d'aliment par jour, la production de lait de la mère est faible ou l'ingestion d'herbe réduite. Le sevrage peut être effectué. A défaut, pour apporter suffisamment de fibres, du foin peut aussi être mis à disposition dans la trémie. Les veaux doivent pouvoir s'abreuver facilement et en permanence.

Un plan raisonné de lutte contre les verminoses contribue aussi à la bonne croissance des veaux au pâturage.



Le calcul de la ration

Tableau 27: Calcul des besoins journaliers d'une vache Blanc Bleue Belge au pâturage pesant 750 kg en fin de gestation ou produisant 8 L de lait et apports de théoriques de l'herbe pâturée en énergie, protéines, minéraux et vitamine A pour couvrir les besoins

	Besoins		Apports théoriques 58 kg herbe fraiche, 11,5 MS
	Fin de gestation	Production 8 litres de lait	
VEM			
entretien	7 015	7 015	
croissance	660	660	
production	3 375	3 530	
Total	11 050	11 205	11 250
DVE			
entretien	128	128	
croissance	37	37	
production	350	382	
Total	515	547	1 091
OEB			551
Ca	52,5	61,5	67,8
P	31,5	38,5	42,5
Na	20,0	23,0	8,0
Mg	17,0	16,0	21,8
Vit A	175 000	83 000	229 680

Et si l'herbe est insuffisante ?

Il peut arriver qu'il n'y ait pas assez d'herbe pour nourrir les animaux lorsqu'ils sont en prairie, soit en raison de conditions climatiques défavorables (canicule par exemple) ou soit parce que le chargement est trop élevé.

Si l'herbe ne couvre que la moitié des besoins énergétiques, le choix des aliments se portera sur des aliments apportant de l'énergie et peu de protéines comme des céréales, des pulpes de betteraves, un foin récolté tardivement, de l'ensilage de maïs ou un aliment concentré contenant peut de MAT. En effet, quand l'ingestion d'herbe permet de couvrir 50% des besoins, nous voyons, dans le tableau ci-dessous, que les besoins en DVE sont couverts. Une analyse d'herbe est utile pour vérifier la qualité nutritionnelle.

Si les animaux sont en état, pendant une période de restriction alimentaire, comme décrit plus haut, ils peuvent mobiliser leurs réserves graisseuses et ainsi supporter que leurs besoins ne soient pas couverts entièrement pendant une période assez courte. En fin de gestation, cette situation est cependant à éviter.

Les quantités de complément à distribuer pour ces périodes transitoires sont indiquées ci-dessous à titre indicatif (quantité en kg d'aliment exprimée en matière fraîche MF) :

	Vache à l'entretien	Vache allaitante ou en fin de gestation
Ingestion herbe (réduite de moitié par rapport aux besoins)	18 – 22 kg MF	27 – 31 kg MF
- Apport en VEM (% des besoins)	3 880 (50%)	5 625 (50%)
- Apport en DVE (% des besoins)	369 (220%)	545 (100%)
Quantité d'aliment complémentaire à apporter au choix :		
- Foin	5 – 6 kg MF	7 – 8* kg MF
- Ensilage de maïs	8 – 10 kg MF	15 – 16 kg MF
- Ensilage de céréales immatures	12 – 14 kg MF	18 – 20 ** kg MF

Le calcul de la ration

*foin de bonne qualité

**pour une vache en fin de gestation, la capacité d'ingestion limitée pourrait avoir comme conséquence une ingestion réduite de l'ensilage de céréales immatures et entraîner un risque de ne pas couvrir les besoins.

De l'**ensilage d'herbe** peut aussi être apporté : les quantités varieront entre 8 et 14 kg pour un ensilage à 35% de MS pour une vache à l'entretien et de 15 - 20 kg pour une vache en lactation selon qu'il soit de bonne ou de médiocre qualité.

La distribution de **concentré**, de **pulpes séchées** ou d'**orge** (ou d'un mélange de pulpes séchées et d'orge) peut aussi être envisagée en cas de manque de fourrages ; la quantité est à limiter à 3 kg par animal autant pour des raisons économiques que pour éviter des problèmes digestifs. En pratique, il faut s'assurer tous les animaux du lot puissent ingérer leur part. Vu la teneur élevée en MAT de l'herbe, un concentré à 14% est suffisant.

Dans les rations avec des ensilages ou des aliments concentrés, un apport en complexe minéral vitaminé peut être effectué facilement : on apporte 60 g pour une vache à l'entretien ou allaitante et 100 - 125 g pour une vache en gestation.

Rappelons qu'une transition alimentaire doit être effectuée afin d'habituer progressivement les animaux aux aliments apportés en complément.

VI. L'évaluation de la ration et de ses déséquilibres

Aucune ration calculée ne correspond en pratique tout à fait à ce qu'une vache mange. Par conséquent, le point de départ de l'alimentation doit toujours être le calcul de ration, mais il doit être suivi par une évaluation sur le terrain. Une bonne gestion de troupeau implique donc d'**observer régulièrement les animaux** et d'être réceptif aux signes émis par ceux-ci. L'objectif de ce chapitre est précisément de voir quels sont les signes émis par la vache qui indiquent un déséquilibre de la ration.

VI.1. Les indicateurs à observer

Quels sont les signes extérieurs de la vache qui indiquent une bonne gestion de l'alimentation ? Certains signes extérieurs constituent des indicateurs importants d'une bonne ou d'une mauvaise efficacité alimentaire. Repérer ces signes est donc important car cela peut permettre de corriger certaines erreurs dans la conduite de l'alimentation de l'animal ou du troupeau.

VI.1.1. La note d'état corporel

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

Pour évaluer l'état corporel, la méthode suivante peut être appliquée : en se mettant à droite de la vache, avec la main gauche, on palpe le ligament sacro-ischiatique et avec la paume de la main droite, on sent les 2 dernières côtes (figure 28).

Par convention, on note le score d'état corporel de 0 à 5 ; 0 est attribué à une vache très maigre et 5 à une vache très grasse (tableau 28).

L'évaluation de la ration et des ses déséquilibres

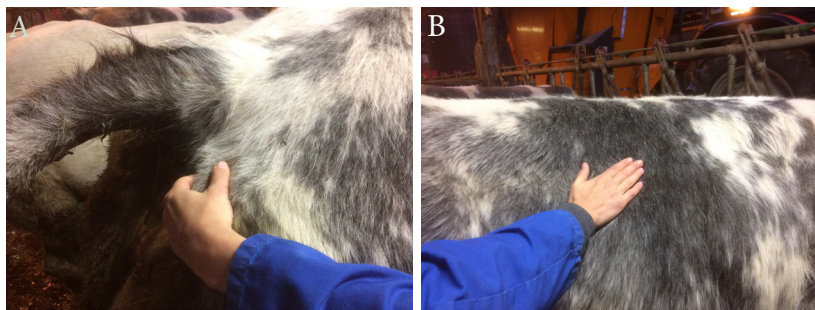


Figure 28: Evaluation de l'état corporel chez la vache viandeuse. A. palpation du ligament sacro-ischiatique, B : palpation des 2 dernières côtes

Tableau 28: Grille de note d'état corporel (NEC) (adapté de C. Dudouet, 2010)

NEC		Palpation du ligament sacro-ischiatique (photo 28A)	Palpation des deux dernières côtes (photo 28B)
0	Vache maigre	Peau adhérente – Pincement difficile	Peau tendue collée sur les côtes – Côtes sèches
1		Peau tendue - Pincement possible	Peau tendue collée sur les côtes qui sont clairement perceptibles
2	Etat moyen	Peau se décolle – Léger dépôt de gras	Peau souple - Côtes encore bien distinctes
3		Peau souple – Poignée de gras	Peau « roule » entre la main et l'os – Dépression intercostale
4	Vache grasse	Peau souple - Bonne poignée de gras	Plus de dépression intercostale
5		Peau rebondie – Pleine poignée de gras	Un épais « matelas » recouvre les côtes

VI.1.2. Le score de remplissage du rumen

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

La mesure s'effectue en se plaçant à l'arrière de l'animal, côté gauche. Le score de remplissage du rumen est évalué sur une échelle de 1 à 5, 1 correspondant à un flanc gauche très creux, et 5, à un rumen trop plein avec une continuité entre le flanc et les côtes (figure 29).

L'évaluation de la ration et de ses déséquilibres

Le score de 3 ou 4 est habituellement rencontré. Un score de 2 peut être rencontré chez une vache qui vient de vêler.



Figure 29: Scores de remplissage du rumen de 3

VI.1.3. La rumination

Le temps de rumination est un indicateur de la fibrosité de la ration. Il doit être au moins égal à 8 heures/jour environ. Concrètement, la méthode d'évaluation de la rumination repose sur une observation du troupeau : au moins 50 %

des vaches couchées doivent ruminer. Ce taux doit par ailleurs atteindre 90 % 2 heures après l'affouragement. Si on observe des valeurs inférieures, la ration manque de fibrosité. Dans des conditions normales, le nombre de coups de mâchoires pour mâcher un bol de rumination varie de 55 à 65.

L'évaluation de la ration et des ses déséquilibres

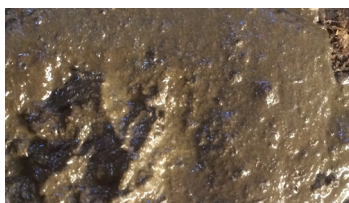
VI.1.4. Les matières fécales

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

A l'échelle individuelle, l'éleveur peut évaluer la fraction fécale non digérée. Cette méthode consiste à recueillir les matières fécales

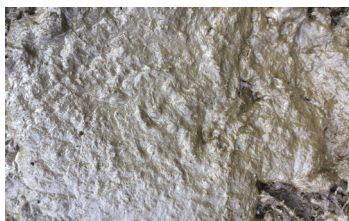
fraîches de l'animal et à réaliser une inspection visuelle et manuelle, visant à détecter la présence de restes non digérés. En principe, en effet, quasiment tous les éléments de la ration doivent avoir été digérés. La fraction fécale non digérée s'évalue sur une échelle de 1 à 5 (figure 30), 1 correspondant à des matières fécales dans laquelle aucun élément non digéré n'est visible, et 5, à des matières fécales au sein desquelles des éléments non digérés sont facilement reconnaissables.

118



Score 1

Matières fécales brillantes, avec une consistance homogène. Aucun élément non digéré n'est visible ou palpable. Très bonne digestibilité de la ration



Score 2

Matières fécales brillantes, avec une consistance homogène. Quelques éléments non digérés sont visibles et palpables.

Score acceptable.



Score 3

Matières fécales légèrement mates, avec une consistance hétérogène. Des fibres non digérées collent aux doigts.

Score acceptable pour des génisses pleines et des vaches tarées.

L'évaluation de la ration et de ses déséquilibres



Score 4

Matières fécales mates, avec des éléments non digérés clairement visibles.

Score inadéquat, nécessitant une révision de la ration.



Score 5

Matières fécales mates, avec des particules grossières facilement reconnaissables.

Score inadéquat, nécessitant une révision de la ration.

Figure 30: Fraction fécale non digérée

Une analyse plus fine peut être réalisée en passant au tamis les matières fécales provenant de 4 ou 5 vaches d'un groupe et en les lavant à l'aide d'un jet d'eau claire. Le résidu du tamis est ensuite pressé à la main. Il représente la fraction non digérée. Il peut être examiné qualitativement. Il est possible d'objectiver cette mesure en pesant les quantités de matières fécales avant et après tamisage. Plus la digestibilité de la ration est élevée, moins il y aura de résidu au niveau du tamis. En termes de poids, la quantité résiduelle devrait être inférieure à 40 % par rapport à la quantité de matières fécales de départ. Si elle est plus élevée, la ration est composée majoritairement d'aliments peu digestibles ou mal équilibrée. Dans ce cas, il est nécessaire de la corriger pour améliorer son efficacité et diminuer les pertes d'éléments

nutritifs pour l'animal. La récolte de fourrages à un stade de maturité correct et leur bonne conservation sont des éléments importants en vue d'une bonne valorisation.

L'efficacité de la modification de la ration peut être vérifiée de nouveau par tamisage des matières fécales en tenant compte que 2 semaines sont nécessaires à l'adaptation de la flore du rumen. Réaliser régulièrement le tamisage des matières fécales permet de suivre l'évolution de la valorisation de la ration par les animaux.

Il existe des tamis adaptés à cette mesure qui se composent d'un tamis avec des mailles de 5 mm superposé à un tamis avec des mailles de 2 mm (figure 31). Un tamis de cuisine peut également être réservé à cet usage.

L'évaluation de la ration et des ses déséquilibres

120



A.



B.



C.

Figure 31

A. Tamis superposés destinés à mettre en évidence les résidus non digérés dans les matières fécales

B. Résidu du tamis de 5 mm : quelques grains de maïs et des brins d'ensilage d'herbe sont visibles

C. Résidu du tamis de 2 mm : il n'y a pas de grains et les fibres sont plus courtes

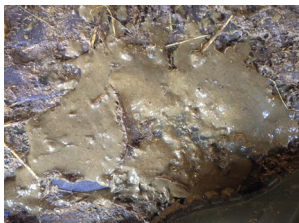
Exemple : pour un poids de l'échantillon des matières fécales avant lavage de 870 g

	Poids et proportion des résidus restant dans le tamis après lavage		Valeurs recommandées
	g	%	%
Tamis 5 mm	160	18	< 20%
Tamis 2 mm	80	10	< tamis 5 mm et < 15%
Total	240	28	< 35 - 40%

L'évaluation de la ration et de ses déséquilibres

A l'échelle du troupeau, on peut également évaluer la consistance des matières fécales, c'est-à-dire la MS des bouses qui est liée à la vitesse du transit (figure 32). Cette méthode repose simplement sur l'observation des

matières fécales fraîches au niveau des couloirs de raclage ou de la litière. Le piétinement des matières fécales avec des bottes permet d'affiner l'évaluation.



Score 1

Matières fécales très liquides qui s'étalent comme de l'eau. Il s'agit des matières fécales d'un animal malade.



Score 2

Matières fécales liquides, qui produisent des éclaboussures sur un sol dur. Chez des vaches qui reçoivent une ration hivernale, il s'agit des matières fécales d'une ration mal équilibrée. Par contre, elles sont fréquentes et normales chez des vaches qui pâturent une prairie jeune et riche.



Score 3

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



Score 4

Matières fécales épaisses, d'une hauteur d'un doigt ou plus. Elles gardent leur forme et s'entassent en anneaux. En les piétinant avec la botte, l'empreinte reste bien marquée. Cette consistance est acceptable chez des vaches tarées ou des génisses.



Score 5

Matières fécales ressemblant aux crottins de cheval. Ces matières fécales sont souvent observées chez des animaux qui reçoivent une ration déséquilibrée qui doit être revue.

Figure 32 : Consistance des matières fécales

VII. Les principales pathologies d'origine nutritionnelle et leur prévention

VII.1. 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. Néanmoins, il est possible de rencontrer cette pathologie chez les vaches viandeuses dans certains cas : par exemple, en cas de mauvaise transition alimentaires (changement de lot à la suite du vêlage, sevrage des veaux) ou de distribution de quantités importantes de concentrés riches en énergie tels que des céréales, qui contiennent une part importante d'amidon³⁴. 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 qui conduisent à une chute du pH ruminal, et donc à une augmentation du risque d'acidose. Ce risque est d'autant plus élevé que la transition entre une ration riche en fibres et peu énergétique et une ration hautement énergétique aura été brutale.

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 (surfaces de couchage réduites ou inconfortables).

Le diagnostic de l'acidose subaigüe est complexe. La mesure du pH ruminal 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, ...) et l'analyse de la fréquence de certaines pathologies dans le troupeau (boiteries, fourbures, ...) permettent d'orienter le diagnostic.

Des défauts de cicatrisation de la plaie de césarienne, des problèmes de fertilité ou encore des diarrhées blanches chez les veaux peuvent également être des signes de rations trop riches en énergie.

³⁴ Certaines variétés de céréales sont plus acidogènes que d'autres. Ceci est lié à leurs teneurs en amidon, qui peut varier d'une céréale à l'autre, mais aussi à la structure de l'amidon présent, qui influence fortement sa vitesse de dégradation dans le rumen. Les teneurs et les taux de dégradation de l'amidon sont donnés au tableau 15.

VII.2. L'acétonémie

Cette pathologie, que l'on appelle également **cétose**, touche principalement les vaches laitières à forte production, mais elle peut être rencontrée chez les vaches allaitantes quand la ration n'est pas adaptée. Schématiquement, on peut résumer le mécanisme de l'acétonémie de la façon suivante : l'animal mobilise ses réserves corporelles, c'est-à-dire ses graisses, pour combler le déficit énergétique. En fin de gestation chez les vaches viandeuses, **un certain déficit énergétique est fréquent**, 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. Un certain amaigrissement s'opère donc en fin de gestation. Si le déficit en énergie est fort important, par exemple lors de l'administration d'une ration très peu énergétique, la mobilisation graisseuse est massive et entraîne la formation de corps cétoniques. Ces derniers sont utilisés comme source d'énergie par la vache, mais 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. L'expression de cette cétose est moins marquée chez une vache viandeuse que chez une vache laitière. On peut cependant noter une baisse de l'appétit et un manque de tonus.

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 autour du vêlage. Chez ces vaches « grasses », la mobilisation des graisses corporelles est telle qu'elle provoque une surcharge graisseuse du foie qui perturbe son bon fonctionnement. Le métabolisme de graisses et des glucides est modifié avec une hyperglycémie fréquente³⁵. La vache est abattue, son appétit est diminué et elle maigrit rapidement. Cette situation peut se produire avec des rations à base d'ensilage de maïs.

Dans tous les cas, la prévention passe par une alimentation adaptée qui couvre les besoins de la vache en évitant de l'engraisser. L'évolution de la note d'état corporel autour du vêlage constitue un indicateur précieux pour la gestion de l'alimentation.

VII.3. Problèmes liés aux minéraux, oligo-éléments et vitamines

L'alimentation dans les troupeaux viandeux se caractérise par une recherche d'autonomie. Le recours aux aliments composés du commerce est assez réduit, de même que l'emploi de complexes minéraux vitaminés dans certaines exploitations. Dès lors, il n'est pas rare que les vaches viandeuses soient carencées en certains éléments. Les symptômes de carence ont été synthétisés dans le tableau en annexe 1. Les problèmes les plus fréquents sont expliqués en page suivante.

³⁵ Cette situation est analogue au diabète de type II chez l'homme.

Des **déséquilibres minéraux** peuvent entraîner des conséquences importantes chez la vache. Des troubles relatifs au calcium et au magnésium peuvent apparaître autour du vêlage. Chez la vache laitière, on connaît les épisodes de fièvre de lait lié à une hypocalcémie clinique *peripartum*. Il s'agit d'une chute importante de la concentration sanguine en calcium qui se produit au moment du vêlage et en tout début de lactation. Cette hypocalcémie résulte de l'incapacité de l'animal à mobiliser ses réserves de calcium pour faire face aux besoins accrus de la lactation. Chez la vache viandeuse, cette hypocalcémie peut exister aussi ; elle entraîne l'apparition de signes cliniques moins marqués que chez la vache laitière, mais qui ont un impact sur la santé et la reproduction. Ces signes sont les suivants : prolapsus du vagin, vêlage se déroulant lentement, rétention placentaire, métrite, retard d'involution utérine, mauvaise cicatrisation au niveau de la plaie de la césarienne. Le risque de certaines pathologies, telles que les mammites, est augmenté. Tout comme chez la vache laitière, cette hypocalcémie est liée à un apport en certains minéraux inadéquat. Le calcul de la BACA (balance alimentaire anion cation) de la ration des vaches en fin de gestation est utile si de tels problèmes sont observés au vêlage³⁶. Des rations riches en potassium sont à éviter pen-

dant les 2 à 3 semaines précédant le vêlage. Certaines races semblent plus sensibles. Ainsi, selon Buron et al (2014), les vaches Limousines sont sensibles aux métrites et aux expulsions de matrice ; pour les préserver, il est conseillé de ne pas les exposer à un excès de potassium (ex : éviter les parcelles fertilisées juste avant le vêlage). Des carences en magnésium ont été rapportées et peuvent perturber le bon déroulement du vêlage car le magnésium assure une bonne tonicité utérine. Dans les élevages de Blondes d'Aquitaine, des éleveurs rencontrent des problèmes dû à des carences en minéraux et en oligo-éléments qui peuvent entraîner des vêlages laborieux, des rétentions placentaires ou un démarrage difficile du veau.

Au niveau des **oligo-éléments**, pour les animaux de race Blanc-Bleu Belge, on considère que les besoins en sélénium et en **vitamine E** sont plus élevés que chez les animaux des autres races vu leur grand développement musculaire. Il a été mis en évidence que les teneurs en Se dans le sang des vaches des troupeaux Blanc Bleu Belge étaient trop faibles : seulement 4% des vaches et 11% des jeunes animaux atteignaient des niveaux suffisants (Mehdi et al, 2014). Une autre étude a également fait état que de faibles teneurs en Se et en I dans le sang de vaches de race Blanc Bleu Belge qui peuvent expliquer certaines patho-

³⁶ Le calcul de la BACA fait intervenir différents minéraux (K, Na, Cl et S) et est exprimé en milliéquivalent. En pratique, les quantités de chacun de ces minéraux dans les différents aliments sont cumulées et l'équation suivante est appliquée : $BACA = (K + Na) - (Cl + S)$

logies dans les troupeaux (Guyot et al, 2009). Une carence en Se peut entraîner une résistance réduite et des problèmes de fertilité chez les vaches, des problèmes musculaires chez les veaux (maladie des muscles blancs), des naissances de veaux mort-nés ou faibles. Ces veaux faibles ou « mous » souffrent d'acidose métabolique, présentent des symptômes de détresse respiratoire, n'ont pas de réflexe de succion. La situation est encore aggravée en cas de carence en vitamine E et en iode. L'iode est un oligo-élément nécessaire à la synthèse des hormones thyroïdiennes qui interviennent dans les mécanismes de thermorégulation.

Les besoins en Se sont évalués à 0,3 mg/kg de MS dans la ration et à 0,5 mg en fin de gestation, alors que dans les produits issus de l'herbe, les teneurs en sélénium sont inférieures à 0,1 mg/kg de MS. Cela signifie qu'une vache au pâturage qui ingère 12 kg de MS d'herbe devrait recevoir 100 g de complexe minéral vitaminé par jour, contenant 50 mg Se/kg MS pour couvrir ses besoins. A noter que l'emploi d'engrais azoté contenant du Se minéral a pour effet de tripler les teneurs en Se dans les plantes. De plus, via cette voie, le Se métabolisé dans les plantes est présent sous forme organique et pas sous forme minérale. Cette forme permet un stockage plus efficace de Se chez l'animal, et présente, de ce fait, un

avantage nutritionnel³⁷. Pendant la saison de pâturage, il est aussi possible de mettre à disposition des seaux à lécher contenant des minéraux et des oligo-éléments. Cependant, les animaux ne sont pas capables de régler leur consommation en oligo-éléments par rapport à leurs besoins. Il n'est pas garanti que tous les animaux en ingèrent suffisamment et certains pourraient en ingérer des quantités trop élevées surtout si les seaux à lécher contiennent des constituants destinés à augmenter l'appétence. Des bolus intra-ruminaux contenant des oligo-éléments et se délitant progressivement sont une solution envisageable pour la saison de pâturage.

En cas de suspicion de carences en minéraux ou oligo-éléments, après avoir contrôlé la ration, le vétérinaire de l'élevage peut effectuer un bilan sanguin. Du sang est prélevé sur plusieurs animaux qui ont un stade physiologique similaire. A partir de ces échantillons, une analyse sera effectuée au laboratoire. Les résultats permettent de diagnostiquer d'éventuelles carences et de les corriger, si nécessaire ; les pratiques alimentaires peuvent aussi être revues en fonction des spécificités de l'élevage afin d'éviter des situations de carence préjudiciables à la reproduction et à la santé des animaux.

³⁷ Dans un complexe minéral vitaminé, le Se peut être apporté sous forme minérale (sélénite de sodium) ou sous forme organique (levures, sélénométhionie). Les formes organiques permettent le stockage du Se dans les muscles.

VIII. L'incidence de la composition de la ration sur l'environnement

VIII.1. L'impact de l'alimentation du bétail

Le principal impact de l'alimentation sur l'émission des gaz à effet de serre (GES) en élevage bovin est la production de méthane. En effet, le méthane est principalement généré au moment de **la digestion des aliments riches en cellulose dans le rumen**. Sa production représente un coût environnemental et économique car il constitue une perte d'énergie (pouvant atteindre 12%) pour l'animal.

Il faut aussi prendre en compte la **fabrication et le transport des concentrés** (déforestation, transport, process industriel, etc.). Ceux-ci entraînent une émission de CO₂ lié à l'alimentation. Des aliments produits à la ferme ont moins d'impact que ceux achetés.

Les autres GES proviennent de la **gestion des déjections des animaux**. La nitrification et la dénitrification de l'azote contenu dans les déjections animales produit du protoxyde d'azote lors du stockage et du traitement en condition aérobie. Une partie de l'azote des déjections animales se transforme aussi en ammoniac ou en NOx avec une possible formation de protoxyde d'azote.

VIII.2. Leviers d'action en alimentation

Les **prairies** jouent un rôle important pour l'alimentation et pour l'environnement. Elles ont un rôle de puits de carbone³⁸ et permettent de **séquestrer du carbone dans les sols**. Elles permettent aussi de préserver la **biodiversité**. Pour des animaux qui pâturent exclusivement, il n'y a pas de coûts (économiques ou environnementaux) liés à l'alimentation à l'étable, ni à l'épandage de leurs déjections. La composition prairiale peut d'ailleurs influencer les émissions de méthane. Plus l'herbe est facile à digérer et riche en protéine (herbe jeune), moins il y aura de production de méthane. Les prairies riches en trèfle blanc permettent de réduire la production de méthane par rapport aux prairies composées essentiellement de graminées.

La qualité des fourrages conservés a aussi un impact sur les émissions de méthane. Par exemple, les émissions de méthane par kg de MS ingéré sont significativement plus élevées pour un ensilage d'herbe récolté tardivement par rapport à un ensilage récolté à un stade précoce (Warner et al, 2017).

Selon plusieurs études, les émissions de mé-

³⁸ Grâce à la photosynthèse réalisée par les plantes, le carbone de l'air est fixé dans la matière organique. Dans les prairies permanentes, le carbone reste dans le sol puisqu'il n'est pas retourné.

thane produites au niveau du rumen peuvent être réduites en augmentant la part de concentrés dans la ration. En effet, en augmentant la part de concentré dans la ration, on diminue la quantité de fibres prisées par les bactéries méthanogènes du rumen. Cette stratégie comporte cependant des limites importantes. En effet, les bovins ont besoin de fibres en quantité suffisante pour faire fonctionner correctement le rumen. De plus, il faut tenir compte de la fabrication et du transport des concentrés qui impactent les émissions de CO₂. Les concentrés sont également plus chers que les fourrages et ne seront financièrement intéressants que s'ils permettent un gain de production substantiel. La diminution des achats d'aliments à l'extérieur de l'élevage, permet donc de réduire les coûts économiques mais aussi environnementaux. Elle implique une mise en relation du nombre d'animaux et de la surface disponible de l'élevage.

On peut aussi augmenter l'apport de graisse dans la ration. Récemment, le projet Life Dairy-clim mené dans plusieurs pays européens a démontré qu'un apport de graisse dans la ration

des vaches laitières diminue bien les émissions de méthane par litre de lait produit pour autant qu'il n'y ait pas d'impact négatif sur les fermentations ruminales.

L'utilisation d'additifs agissant au niveau de la méthanogénèse ou améliorant le fonctionnement du rumen constitue aussi une piste intéressante pour diminuer les émissions de méthane.

En ce qui concerne les émissions d'azote, la réduction de la teneur en MAT de la ration de 1%, permet de diminuer les émissions ammoniacales et de N₂O qui en découlent. Il faut donc couvrir les besoins des animaux en évitant les excès de MAT dans la ration qui sont coûteux d'un point de vue environnemental et économique.

La valorisation des engrais de ferme pour la fertilisation est à privilégier par rapport aux engrais chimiques. De bonnes pratiques concernant leur stockage, leur manipulation et leur épandage permettent d'augmenter leur efficacité et de diminuer les pertes en azote dans l'environnement.

Références

ARVALIS, 2012. Luzerne : une légumineuse délicate à récolter. [En ligne]. <https://www.arvalis-infos.fr/luzerne-une-legumineuse-delicata-a-recolter-@/view-11957-arvarticle.html>

BURON M. H., BOUQUIAUX J. M, MARSIN J. M , 2014. Blanc Bleu Belge, Blonde d'Aquitaine, Charolaise, Limousine, les 4 races viandeuses les plus répandues en Wallonie. Editeurs SPW Bilans et perspectives, pp 140.

CELAGRI, 2019. L'alimentation des bovins. [En ligne]. <https://www.celagri.be/wp-content/uploads/2020/10/CELAGRI-dossier-alimentation-des-bovins.pdf>,

COMITE NATIONAL DES CO-PRODUITS, 2000. Saisir l'opportunité des coproduits de l'industrie de la pomme de terre pour l'alimentation des ruminants. pp 8

CREMER S., BERNES A. et KNODEN D., 2016. Cultiver des céréales immatures. [En ligne]. Fourrages Mieux : https://www.fourragesmieux.be/autres_cultures_cer_imm.html

CREMER S., KNODEN D. Influence du stade de développement des plantes sur la qualité des fourrages récoltés [En ligne]. https://www.fourragesmieux.be/prairie_exploitation_fauche.html

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

DECRUYENAERE V. Une capacité d'ingestion journalière de 12 kg de foin séché en grange. [En ligne]. <https://www.sillonbelge.be/art/d-20200122-3YEXGM>

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. Journée d'étude Pomme de terre - CRA-W Gembloux, 23/11/2005. [En ligne]. <https://www.cra.wallonie.be/fr/valorisation-des-co-produits-de-la-pomme-de-terre-en-production-animale-2005>

DUDOUE C., 2010. La production des bovins allaitants. Editions Guides France Agricole, 3ème édition, pp 414.

DUFRASNE I., GIELEN M., LIMBOURG P., BRUNDSEAUX C., ISTASSE L., 1995. Production bovine allaitante en Belgique : effets de l'intensification et de la complémentation des veaux au pâturage. *Fourrages*, 141, 91-104

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

FOURRAGES-MIEUX, 2003. La betterave fourragère chez vous ? 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. [En ligne]. https://www.fourragesmieux.be/autres_cultures_betterave.html

FOURRAGES-MIEUX, 2022. Conservateurs d'ensilage : utiles ? Parfois, mais pas n'importe quand... Le Sillon Belge, 17/03/2022, p.20-21.

ILVO, 2013. Voeding van runderen van het Belgisch Witblauwe ras. Technische brochure, D/2013/3241/264, pp 94. [En ligne]. https://lv.vlaanderen.be/nl/voorlichting-info/publicaties/dier_runderen-vleesvee/voeding-van-runderen-van-het-belgisch-witblauwe

INRAE CIRAD AFZ, 2021. Feedtables. [En ligne]. <https://feedtables.com/fr/content/table-dry-matter>

JARRIGE R., RUCKEBUSCH Y., DEMARQUILLY C., FARCE M.H., JOURNET M. Nutrition des ruminants domestiques. Ingestion et digestion. INRA Editions: Paris, 1995, pp 921.

GUYOT H., SAEGERMAN C., LEBRETON P., SANDERSEN C., Rollin F., 2009. Epidemiology of trace elements deficiencies in Belgian beef and dairy cattle herds. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 23:116-123.

GUIDE DE L'ALIMENTATION DU TROUPEAU ALLAITANT, 2010. Editions Collections les incontournables, Institut de l'Élevage, pp 340.

MEHDI Y., CABARAUX J. F., HORNICK J. L., ISTASSE L., DUFRASNE I., 2014. Selenium status in cattle herds in Wallonia (Belgium): overview and health management. *Veterinary World*, 7(12): 1144-1149. [En ligne]. <http://www.veterinaryworld.org/Vol.7/December-2014/22.html>

MESCHY F. Nutrition minérale des ruminants. Quae Editions : Versailles, Collection Savoir-Faire, 2010, pp 208.

Références

SEMAE, 2021. La betterave fourragère. [En ligne]. <https://www.semae.fr/communiquel/la-betterave-fourragere-une-qualite-assuree-meme-en-annee-complicee/>.

STILMANT D., SEUTIN Y., KNODEN D., LUXEN P., NIHOUL P., 2005. 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, SPW, n°10. [En ligne]. <https://ediwall.wallonie.be/les-livrets-de-lagriculture-no-10-les-cereales-immatures-une-source-denergie-alternative-pour-les-ruminants-dans-des-zones-peu-aptas-a-la-culture-du-mais-numerique-080927>

TOSAR V., FAUX, A.-M., 2021. L'autonomie alimentaire, un enjeu actuel complexe. Centre wallon de Recherche agricole, éditeur. Poismans R., pp 64. [En ligne]. <https://www.cra.wallonie.be/fr/lelevage-bovin-en-agriculture-biologique-lautonomie-alimentaire-un-enjeu-actuel-complexe>

VANDERMEULEN S., RAMIREZ-RESTREPO C. A., MARCHE C., DECRUYENAERE V., BECKERS Y., BINDELLE J., 2016. Behaviour and browse species selectivity of heifers grazing in a temperate silvopastoral system. *Agroforest Syst*, p12, DOI 10.1007/s10457-016-0041-x

WARNER D., BANNINCK A., HATEW B., VAN LAAR H., DIJKSTRA J., 2017. Effects of grass silage quality and level of feed intake on enteric methane production in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science*, 95, (8), 3687-3699. DOI:10.2527/jas2017.1459

ANNEXE 1

Rôles, besoins, symptômes en cas d'excès ou de carence, apports par les principaux aliments pour les minéraux et les oligo-éléments (d'après Meschy, 2010, et données personnelles) :

a) minéraux

	Rôles principaux	Excès	Carence	Apports alimentaires	
Phosphore	Minéralisation des os, fonctionnement des micro-organismes du rumen. Impliqué dans les réactions métaboliques Influence sur le taux de fertilité	Animaux peu sensibles à un excès, mais un excès entraîne une excrétion dans l'environnement (eutrophisation)	Plutôt rare, peut entraîner une chute de l'appétit, une diminution de la production laitière, une faiblesse après vêlage, de l'infertilité	Aliments	Teneur
				Prairies naturelles	± 3,0 g/kg MS
				Légumineuses	± 2,7 g/kg MS
				Graminées	± 3,0 g/kg MS
				Maïs ensilé	± 1,8 g/kg MS
				Céréales	± 6,0 g/kg MS
				Coproduits de céréales	± 9,0 g/kg MS
				Tourteaux	± 15,0 g/kg MS
Coproduits divers	± 15,0 g/kg MS				
Calcium	Minéralisation des os Contraction des muscles Coagulation sanguine	Accélération du transit, diminution de l'absorption d'autres minéraux et vitamines. Effet tampon trop important	Risque en début de lactation : rétention d'arrière-faix, métrites, souci de cicatrisation, infertilité, risque de mammites	Aliments	Teneur
				Prairies naturelles	± 6,0 g/kg MS
				Légumineuses	± 14,0 g/kg MS
				Graminées	± 4,7 g/kg MS
				Maïs ensilé	± 2,0 g/kg MS
				Céréales	± 0,2 g/kg MS
				Coproduits de céréales	± 1,7 g/kg MS
				Tourteaux	± 0,6 g/kg MS
Coproduits divers	± 3,1 g/kg MS				

	Rôles principaux	Excès	Carence	Apports alimentaires																		
Magnésium	Fonctionnement des os et des muscles Intervient dans les réactions chimiques du métabolisme	Au-delà de 14 g/kg MS, risque de légère diarrhée, de diminution d'appétit et une érosion du rumen	<p>Une carence modérée peut entraîner une diminution de l'appétit et de la digestibilité, un risque de rétention d'arrière-faix et de mauvaise cicatrisation de la plaie de césarienne.</p> <p>Une chute brutale du Mg dans le sang peut entraîner des tétanies chez les veaux au pis et chez les vaches au pâturage en cas de conditions climatiques défavorables (temps froid) et/ou de transition alimentaire mal gérée.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Aliments</th> <th>Teneur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prairies naturelles</td> <td>± 2,3 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Légumineuses</td> <td>± 2,7 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Graminées</td> <td>± 1,6 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Maïs ensilé</td> <td>± 1,2 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Céréales</td> <td>± 1,3 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Coproduits de céréales</td> <td>± 2,5 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Tourteaux</td> <td>± 4,3 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Coproduits divers</td> <td>± 1,6 g/kg MS</td> </tr> </tbody> </table>	Aliments	Teneur	Prairies naturelles	± 2,3 g/kg MS	Légumineuses	± 2,7 g/kg MS	Graminées	± 1,6 g/kg MS	Maïs ensilé	± 1,2 g/kg MS	Céréales	± 1,3 g/kg MS	Coproduits de céréales	± 2,5 g/kg MS	Tourteaux	± 4,3 g/kg MS	Coproduits divers	± 1,6 g/kg MS
				Aliments	Teneur																	
Prairies naturelles	± 2,3 g/kg MS																					
Légumineuses	± 2,7 g/kg MS																					
Graminées	± 1,6 g/kg MS																					
Maïs ensilé	± 1,2 g/kg MS																					
Céréales	± 1,3 g/kg MS																					
Coproduits de céréales	± 2,5 g/kg MS																					
Tourteaux	± 4,3 g/kg MS																					
Coproduits divers	± 1,6 g/kg MS																					
Potassium	Fonctionnement des cellules Intervention dans des réactions du métabolisme	A partir de 0,58 g/kg PV (soit environ 30 g/kg MS), apparition potentielle de nervosité, de tremblements musculaires et hypersalivation. Cela peut interférer avec le métabolisme du Ca et du Mg et aggraver le risque de tétanie.	Peu probable. Cela peut entraîner une diminution de l'appétit, de la consommation d'eau, de la production laitière et une chute de croissance.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Aliments</th> <th>Teneur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Prairies naturelles</td> <td>± 25,0 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Légumineuses</td> <td>± 24,0 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Graminées</td> <td>± 25,0 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Maïs ensilé</td> <td>± 9,0 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Céréales</td> <td>± 6,0 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Coproduits de céréales</td> <td>± 9,0 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Tourteaux</td> <td>± 15,0 g/kg MS</td> </tr> <tr> <td>Coproduits divers</td> <td>± 15,0 g/kg MS</td> </tr> </tbody> </table>	Aliments	Teneur	Prairies naturelles	± 25,0 g/kg MS	Légumineuses	± 24,0 g/kg MS	Graminées	± 25,0 g/kg MS	Maïs ensilé	± 9,0 g/kg MS	Céréales	± 6,0 g/kg MS	Coproduits de céréales	± 9,0 g/kg MS	Tourteaux	± 15,0 g/kg MS	Coproduits divers	± 15,0 g/kg MS
Aliments	Teneur																					
Prairies naturelles	± 25,0 g/kg MS																					
Légumineuses	± 24,0 g/kg MS																					
Graminées	± 25,0 g/kg MS																					
Maïs ensilé	± 9,0 g/kg MS																					
Céréales	± 6,0 g/kg MS																					
Coproduits de céréales	± 9,0 g/kg MS																					
Tourteaux	± 15,0 g/kg MS																					
Coproduits divers	± 15,0 g/kg MS																					

	Rôles principaux	Excès	Carence	Apports alimentaires	
Sodium	Lié au chlore (NaCl : sel) Fonctionnement des cellules Intervention dans des réactions du métabolisme	Rare lorsque l'animal a un accès à de l'eau non salée	Très fréquente car les aliments sont pauvres en sel. Risque de diminution de l'appétit. L'animal va chercher le sel (pica) : consommation d'urine, léchage des congénères, ingestion de terre ou de litière souillée. A long terme, diminution de la production et regard terne. Facilement réglable avec des blocs de sel.	Aliments	Teneur
				Prairies naturelles	± 1,8 g/kg MS
				Légumineuses	± 0,4 g/kg MS
				Graminées	± 0,5 g/kg MS
				Maïs ensilé	± 0,2 g/kg MS
				Céréales	± 0,2 g/kg MS
				Coproduits de céréales	± 1,7 g/kg MS
				Tourteaux	± 0,6 g/kg MS
				Coproduits divers	± 3,1 g/kg MS
Chlore	Lié au sodium (NaCl : sel) Rôle dans la digestion (en particulier pour les protéines)	Rare lorsque l'animal a un accès à de l'eau non salée	La carence en chlore n'est pas observée en conditions naturelles d'élevage	Aliments	Teneur
				Prairies naturelles	± 6,4 g/kg MS
				Légumineuses	± 4,8 g/kg MS
				Graminées	± 8,3 g/kg MS
				Maïs ensilé	± 2,9 g/kg MS
				Céréales	± 0,9 g/kg MS
				Coproduits de céréales	± 1,7 g/kg MS
				Tourteaux	± 1,2 g/kg MS
				Coproduits divers	± 5,2 g/kg MS
Soufre	Présent dans tous les tissus du corps Composant de nombreuses protéines et hormones	Peut perturber l'utilisation du Cu et du Se Si dépassement de 3,5 à 4,0 g/kg MS, cela entraîne des troubles digestifs, neurologiques et respiratoires (mais relativement rare)	Une carence modérée peut survenir avec des rations à base d'ensilage de maïs et entraîner une diminution de l'ingestion et une mauvaise efficacité des fermentations ruménales.	Aliments	Teneur
				Prairies naturelles	± 2,9 g/kg MS
				Légumineuses	± 1,4 g/kg MS
				Graminées	± 1,9 g/kg MS
				Maïs ensilé	± 0,7 g/kg MS
				Céréales	± 1,6 g/kg MS
				Coproduits de céréales	± 2,5 g/kg MS
				Tourteaux	± 3,9 g/kg MS
				Coproduits divers	± 3,7 g/kg MS

Annexe

b) oligo-éléments

	Rôles principaux	Besoins	Excès
Cobalt	Présent dans les os, le foie et les reins Lié à la vitamine B12	0,1 mg/kg MS 0,3 mg/kg MS en fin de gestation	Quasi inexistant
Cuivre	Rôle dans de nombreuses réactions métaboliques Système sanguin, nerveux et immunitaire	L'apport alimentaire recommandé est de 10 mg/kg MS	L'intoxication se déroule en deux étapes : <ul style="list-style-type: none">- La première étape « silencieuse » où on peut observer une légère baisse d'appétit et une anémie chronique. Elle peut durer de quelques semaines à plusieurs mois.- La deuxième étape est soudaine, la mort. Les symptômes précédents la mort sont une urine brunâtre, une jaunisse généralisée et une nécrose rénale. L'intoxication par le cuivre est souvent accidentelle et survient avec une dose de 30 à 40 mg/kg MS. Les veaux sont plus sensibles que les adultes car l'absorption est beaucoup plus efficace.
Iode	Hormones thyroïdiennes	Vache en lactation : 0,5 mg/kg MS Autres : 0,4 à 0,5 mg/kg MS	Peu probable sauf en cas de distribution de médicaments oraux.

Carence	Apports alimentaires																		
<p>Entraine une carence en vitamine B12. Cela peut entrainer un dysfonctionnement des fermentations dans le rumen</p>	<p>Les fourrages verts contiennent approximativement 0,1 mg/kg MS et de 0,2 mg/kg MS pour les aliments concentrés</p>																		
<p>Chez le nouveau-né : risque d'une ataxie enzootique (peut causer la mort mais généralement, paralysie totale de l'arrière-train)</p> <p>Chez les adultes : troubles d'ossification, décoloration des poils, anémie, troubles cardiaques, baisse de l'appétit et de la production, troubles digestifs, baisse des performances de reproduction, ...</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="773 429 1125 471">Aliments</th> <th data-bbox="1125 429 1381 471">Teneur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="773 471 1125 514">Fourrages verts</td> <td data-bbox="1125 471 1381 514">+/- 6 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 514 1125 556">Légumineuses</td> <td data-bbox="1125 514 1381 556">+/- 7 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 556 1125 598">Graminées</td> <td data-bbox="1125 556 1381 598">+/- 5,5 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 598 1125 641">Maïs ensilé</td> <td data-bbox="1125 598 1381 641">+/- 4,2 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 641 1125 683">Céréales et leurs coproduits</td> <td data-bbox="1125 641 1381 683">+/- 10 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 683 1125 725">Tourteaux (sauf tournesol)</td> <td data-bbox="1125 683 1381 725">+/- 20 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 725 1125 768">Tourteaux tournesol</td> <td data-bbox="1125 725 1381 768">+/- 60 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 768 1125 810">Levures de brasserie</td> <td data-bbox="1125 768 1381 810">30 à 40 mg/kg MS</td> </tr> </tbody> </table>	Aliments	Teneur	Fourrages verts	+/- 6 mg/kg MS	Légumineuses	+/- 7 mg/kg MS	Graminées	+/- 5,5 mg/kg MS	Maïs ensilé	+/- 4,2 mg/kg MS	Céréales et leurs coproduits	+/- 10 mg/kg MS	Tourteaux (sauf tournesol)	+/- 20 mg/kg MS	Tourteaux tournesol	+/- 60 mg/kg MS	Levures de brasserie	30 à 40 mg/kg MS
Aliments	Teneur																		
Fourrages verts	+/- 6 mg/kg MS																		
Légumineuses	+/- 7 mg/kg MS																		
Graminées	+/- 5,5 mg/kg MS																		
Maïs ensilé	+/- 4,2 mg/kg MS																		
Céréales et leurs coproduits	+/- 10 mg/kg MS																		
Tourteaux (sauf tournesol)	+/- 20 mg/kg MS																		
Tourteaux tournesol	+/- 60 mg/kg MS																		
Levures de brasserie	30 à 40 mg/kg MS																		
<p>Chez les nouveaux-nés et les jeunes : apparition d'un goitre, altération de la pilosité, manque de vivacité, difficultés pour téter et sensibilité aux agents infectieux. Syndrome respiratoire aigu du nouveau-né (associé à un problème de surfactant pulmonaire et de myopathie)</p> <p>Chez les animaux plus âgés : influence négative sur la reproduction</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="773 942 1125 984">Aliments</th> <th data-bbox="1125 942 1381 984">Teneurs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="773 984 1125 1027">Graminées</td> <td data-bbox="1125 984 1381 1027">0,1 à 0,3 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 1027 1125 1069">Légumineuses</td> <td data-bbox="1125 1027 1381 1069">0,2 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 1069 1125 1111">Maïs ensilé</td> <td data-bbox="1125 1069 1381 1111">0,1 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 1111 1125 1154">Céréales et leurs coproduits</td> <td data-bbox="1125 1111 1381 1154">0,1 à 0,2 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 1154 1125 1196">Tourteaux</td> <td data-bbox="1125 1154 1381 1196">0,2 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 1196 1125 1238">Coproduits de sucrerie</td> <td data-bbox="1125 1196 1381 1238">0,1 à 0,2 mg/kg MS</td> </tr> </tbody> </table>	Aliments	Teneurs	Graminées	0,1 à 0,3 mg/kg MS	Légumineuses	0,2 mg/kg MS	Maïs ensilé	0,1 mg/kg MS	Céréales et leurs coproduits	0,1 à 0,2 mg/kg MS	Tourteaux	0,2 mg/kg MS	Coproduits de sucrerie	0,1 à 0,2 mg/kg MS				
Aliments	Teneurs																		
Graminées	0,1 à 0,3 mg/kg MS																		
Légumineuses	0,2 mg/kg MS																		
Maïs ensilé	0,1 mg/kg MS																		
Céréales et leurs coproduits	0,1 à 0,2 mg/kg MS																		
Tourteaux	0,2 mg/kg MS																		
Coproduits de sucrerie	0,1 à 0,2 mg/kg MS																		

	Rôles principaux	Besoins	Excès
Manganèse	Présence dans le foie, les tissus osseux, le pancréas, les reins et les organes reproducteurs	Les apports journaliers recommandés varient de 50 à 60 mg/kg MS	Hautement improbable
Sélénium	Présence dans tout l'organisme, en particulier reins et foie	Les recommandations d'apports de sélénium sont comprises entre 0,1 et 0,3 mg/kg MS et pour les vaches de race Blanc Bleu belge, on conseille des apports de 0,3 mg/kg MS. En raison de la toxicité du sélénium, il y a une réglementation stricte de son incorporation dans les aliments de bétail.	Le sélénium est un des minéraux essentiels les plus toxiques. Les zones à risque sont celles présentant des sols riches en sélénium, généralement alcalins. En cas d'intoxication au sélénium, on peut observer des troubles locomoteurs, pousse rapide d'onglons mous et fragiles, et une dépilation.
Zinc	Fonction dans les réactions métaboliques Présent dans de nombreuses protéines	Entre 50 et 60 mg/kg MS de la ration totale	Risque quasi nul
Chrome	Présent dans tous les tissus du corps	Il n'y a aucune recommandation pratique	Rarement observé
Molybdène	Présent dans tous les tissus du corps (en particulier les reins et le foie) Rôle dans les activités métaboliques	Il faut un minimum de 0,1 mg/kg MS de la ration	Rarement observé. Un excès dans les fourrages peut provoquer une diminution de l'absorption d'autres oligo-éléments comme le cuivre.

Carence	Apports alimentaires																			
Rare. Cela peut avoir des répercussions sur les performances de reproduction, raccourcissement des os des membres, veaux arqués	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="773 216 1125 252">Aliments</th> <th data-bbox="1133 216 1372 252">Teneur</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="773 260 1125 296">Prairies naturelles</td> <td data-bbox="1133 260 1372 296">± 110 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 304 1125 340">Légumineuses</td> <td data-bbox="1133 304 1372 340">± 40 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 348 1125 384">Graminées</td> <td data-bbox="1133 348 1372 384">± 88 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 392 1125 428">Maïs ensilé</td> <td data-bbox="1133 392 1372 428">± 25 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 435 1125 471">Céréales</td> <td data-bbox="1133 435 1372 471">± 35 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 479 1125 515">Coproduits de céréales</td> <td data-bbox="1133 479 1372 515">± 50 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 523 1125 559">Tourteaux</td> <td data-bbox="1133 523 1372 559">± 50 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 567 1125 603">Coproduits divers</td> <td data-bbox="1133 567 1372 603">± 35 mg/kg MS</td> </tr> </tbody> </table>		Aliments	Teneur	Prairies naturelles	± 110 mg/kg MS	Légumineuses	± 40 mg/kg MS	Graminées	± 88 mg/kg MS	Maïs ensilé	± 25 mg/kg MS	Céréales	± 35 mg/kg MS	Coproduits de céréales	± 50 mg/kg MS	Tourteaux	± 50 mg/kg MS	Coproduits divers	± 35 mg/kg MS
Aliments	Teneur																			
Prairies naturelles	± 110 mg/kg MS																			
Légumineuses	± 40 mg/kg MS																			
Graminées	± 88 mg/kg MS																			
Maïs ensilé	± 25 mg/kg MS																			
Céréales	± 35 mg/kg MS																			
Coproduits de céréales	± 50 mg/kg MS																			
Tourteaux	± 50 mg/kg MS																			
Coproduits divers	± 35 mg/kg MS																			
<p>La plupart du temps, en Wallonie, on constate une carence en sélénium dans les fourrages et des apports complémentaires sont nécessaires.</p> <p>Chez les jeunes : myopathie, dégénérescence, sensibilité aux infections,</p> <p>Chez l'adulte : diminution des performances zootechniques et de reproduction, problème de qualité du colostrum</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="773 603 1125 639">Aliments</th> <th data-bbox="1133 603 1372 639">Teneurs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="773 647 1125 683">Fourrages verts</td> <td data-bbox="1133 647 1372 683">0,07 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 691 1125 727">Maïs ensilé</td> <td data-bbox="1133 691 1372 727">0,02 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 735 1125 771">Céréales</td> <td data-bbox="1133 735 1372 771">0,2 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 779 1125 815">Tourteaux</td> <td data-bbox="1133 779 1372 815">0,2 à 0,4 mg/kg MS</td> </tr> </tbody> </table>		Aliments	Teneurs	Fourrages verts	0,07 mg/kg MS	Maïs ensilé	0,02 mg/kg MS	Céréales	0,2 mg/kg MS	Tourteaux	0,2 à 0,4 mg/kg MS								
Aliments	Teneurs																			
Fourrages verts	0,07 mg/kg MS																			
Maïs ensilé	0,02 mg/kg MS																			
Céréales	0,2 mg/kg MS																			
Tourteaux	0,2 à 0,4 mg/kg MS																			
Plus probable chez le jeune que chez l'adulte avec pour conséquences, une prise alimentaire irrégulière, une baisse d'appétit, des dépilations, des ulcères, des onglons mous et fragiles et baisse des performances reproductrices	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="773 906 1125 942">Aliments</th> <th data-bbox="1133 906 1372 942">Teneurs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="773 950 1125 986">Graminées</td> <td data-bbox="1133 950 1372 986">25 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 994 1125 1030">Légumineuses</td> <td data-bbox="1133 994 1372 1030">34 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 1038 1125 1074">Prairies naturelles</td> <td data-bbox="1133 1038 1372 1074">40 mg/Kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 1081 1125 1117">Maïs ensilé</td> <td data-bbox="1133 1081 1372 1117">20 mg/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 1125 1125 1161">Céréales et leurs coproduits</td> <td data-bbox="1133 1125 1372 1161">10 à 30 ppm/kg MS</td> </tr> <tr> <td data-bbox="773 1169 1125 1205">Tourteaux</td> <td data-bbox="1133 1169 1372 1205">50 à 60 ppm/kg MS</td> </tr> </tbody> </table>		Aliments	Teneurs	Graminées	25 mg/kg MS	Légumineuses	34 mg/kg MS	Prairies naturelles	40 mg/Kg MS	Maïs ensilé	20 mg/kg MS	Céréales et leurs coproduits	10 à 30 ppm/kg MS	Tourteaux	50 à 60 ppm/kg MS				
Aliments	Teneurs																			
Graminées	25 mg/kg MS																			
Légumineuses	34 mg/kg MS																			
Prairies naturelles	40 mg/Kg MS																			
Maïs ensilé	20 mg/kg MS																			
Céréales et leurs coproduits	10 à 30 ppm/kg MS																			
Tourteaux	50 à 60 ppm/kg MS																			
Rarement observé	Les apports alimentaires se situent entre 0,01 et 4,2 mg/kg MS (les céréales étant les plus pauvres et les légumineuses, les plus riches)																			
Rarement observé	Les céréales et les pailles présentent une teneur comprise entre 0,2 et 0,5 mg/kg MS, les graminées entre 0,2 et 0,8 mg/kg MS et les légumineuses entre 0,5 et 1,5 mg/kg MS.																			



Éditeur responsable : Bénédicte Heindrichs
14, Chaussée de Louvain
5000 Namur

ISSN 2795-6911 (P) - 2795-692X (N)

ISBN 978-2-8056-0455-3

Dépôt légal D/2022/11802/138