

Alimentation des bovins, ovins et caprins

Besoins des animaux – Valeurs des aliments

Tables Inra 2007



Alimentation des bovins, ovins et caprins

Besoins des animaux – Valeurs des aliments

Tables Inra 2007, mise à jour 2010

Éditions Quæ
c/o Inra, RD 10, 78026 Versailles Cedex

© Éditions Quæ, 2010

ISBN : 978-2-7592-0874-6

ISSN : 1952-2770

Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Sommaire

Remerciements	5
Avant-propos	7
1 – Principes de rationnement des ruminants	
Caractéristiques de l’animal et besoins alimentaires	9
Caractéristiques des aliments concentrés et des fourrages	10
Méthode de rationnement	11
2 – Alimentation des vaches laitières	
Les bases du calcul des rations des vaches laitières	23
Les stratégies d’alimentation des vaches laitières	31
3 – Alimentation des vaches allaitantes	
Besoins alimentaires	60
Capacité d’ingestion	62
Apports alimentaires recommandés	62
Alimentation des veaux sous la mère	66
La vache allaitante au pâturage	67
4 – Alimentation des veaux et génisses d’élevage	
Veaux d’élevage	77
Génisses d’élevage	79
5 – Alimentation des bovins en croissance et à l’engrais	
Les principaux types de production de viande bovine	91
Les besoins des bovins en croissance et à l’engrais	93
Capacité d’ingestion et quantités ingérées	99
Apports alimentaires recommandés	100
Calcul de rations en stabulation	102
Alimentation au pâturage	107

6 – Alimentation des ovins	
Besoins et recommandations	123
Exemples de calcul de rations	128
7 – Alimentation des caprins	
Les dépenses et besoins des chèvres laitières	139
L'ingestion	144
Les réponses marginales multiples aux apports d'aliments concentrés	145
L'alimentation en lots	146
Le pâturage et le parcours	146
Les autres caprins	147
Le calcul des rations	147
8 – Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières : tables et prévision	
Les constituants organiques et leur digestibilité	154
La détermination de la digestibilité de la matière organique	158
La détermination de la teneur en énergie nette des aliments	160
La détermination de la valeur azotée des aliments	161
La détermination de la valeur d'encombrement des fourrages	165
Les minéraux majeurs, phosphore (P) et calcium (Ca), et leurs coefficients d'absorption réelle (CAR)	167
9 – Les tables de la valeur des aliments	
Classement des aliments	185
Signification des abréviations	186
Définition des stades de végétation des fourrages	187
Tableaux de la valeur des aliments	188
Annexes	281
Liste des abréviations	291
Lexique	295
Liste des auteurs	309

Remerciements

Cet ouvrage n'aurait pas pu être réalisé sans la contribution efficace d'un très grand nombre de personnes que les auteurs tiennent à remercier vivement :

Le personnel des unités et installations expérimentales ou des services techniques qui ont permis le suivi des vaches laitières, allaitantes, brebis, chèvres, animaux à l'engrais, la gestion et le traitement des données expérimentales : Le Pin au Haras, Marcenat, Les Monts Dore, La Fage, Méjusseau-Le Rheu, Grignon, Montpellier, Theix, Lusignan.

Les différents lecteurs auxquels les versions provisoires ont été soumises et qui par leurs remarques critiques ont permis de les amender :

- J.-B. Coulon, C. Agabriel, C. Sibra pour le chapitre 1 ;
- C. Agabriel, N. Bareille, J.-B. Coulon, J. Flament, J.-L. Peyraud, C. Philippeau, B. Rémond pour le chapitre 2 ;
- F. Blanc, A. Lamadon pour le chapitre 3 ;
- J.-Y. Porhiel, C. Sibra pour le chapitre 4 ;
- R. Dumont, M.-P. Oury pour le chapitre 5 ;
- F. Blanc, C. Buisson, B. Drux, C. Vacaresse pour le chapitre 6 ;
- Y. Lefrileux, P. Morand-Fehr, A. Pommaret pour le chapitre 7 ;
- L. Delaby et J.-B. Coulon pour le chapitre 8.

Enfin nous voulons remercier particulièrement M.-H. Farce pour ses propositions constructives sur l'écriture des documents et leur présentation, M.-O. Nozières pour son investissement au lancement du projet, D. Bollot, J. Veltz et V. Mary pour la mise en forme de l'ouvrage final.

Avant-propos

J. AGABRIEL

Près de vingt ans après, le livre rouge de l'« Alimentation des bovins, ovins et caprins » proposé par l'Inra sous la direction de R. Jarrige, il est apparu nécessaire d'actualiser les connaissances des principes du rationnement des ruminants, sur la base des acquis récents de la recherche en matière d'alimentation et de nutrition.

Les animaux, les fourrages et les aliments ont en effet évolué au cours de ces années, et parallèlement les conditions d'environnement économique de l'exploitation d'élevage, et le métier d'éleveur se sont radicalement transformés. Si la mécanisation de l'exploitation, la taille des troupeaux et les niveaux de production ont continué d'augmenter, en revanche la recherche de la production maximale a fait place à la volonté d'atteindre un triple optimum biologique, technique et économique selon le milieu dans lequel l'élevage est conduit.

L'alimentation des animaux et des troupeaux est considérée comme un point clé de cet équilibre à la fois par son importance économique, et la charge de travail qu'elle engendre. Chaque année de nombreux éleveurs et techniciens s'interrogent sur l'optimisation des rations avec des fourrages dont les valeurs alimentaires sont par nature toujours très variables.

Pour aider à l'alimentation des ruminants dans ces conditions évolutives, les travaux des équipes de recherches situées sur les centres Inra de Clermont-Ferrand-Theix, Rennes-Saint-Gilles, Montpellier et Paris-Grignon ont permis au cours de cette période de progresser aussi bien sur la caractérisation de la valeur des fourrages et des matières premières, que sur l'estimation des besoins et des apports recommandés. Au-delà des recommandations statiques, focalisées sur l'objectif de satisfaire les besoins des différents types d'animaux, nous proposons des lois de réponses aux pratiques alimentaires qui permettent de mieux s'adapter à la diversité des situations.

Le développement de l'informatique introduit de nouvelles méthodes de travail. La maîtrise quasi généralisée des « tableurs » permet maintenant à chacun de calculer rapidement et de faire aisément des essais simples de rationnement. Pour faciliter cela, nous avons donc décrit une méthode de calcul qui s'applique à toutes les productions et quand cela était possible, proposé des équations qui permettent d'estimer aisément valeur des aliments, besoins alimentaires et apports recommandés à partir des nombreuses variables explicatives décrites.

Cet ouvrage propose à la fois des nouveautés que nous estimons suffisamment validées et des reprises de l'édition précédente afin de présenter ensemble les « tables de la valeur des aliments » et « les recommandations alimentaires Inra » pour toutes les productions de ruminants. Un cédérom vient également au secours des éditeurs qui ne peuvent pas sur une même ligne indiquer aisément les 50 critères qui composent la valeur nutritionnelle d'un aliment. Pour intégrer tous ces apports, nous n'avons donc pas eu à « faire la révolution », mais simplement à nous positionner dans le prolongement des travaux antérieurs, ce qui a été rendu possible par le socle robuste et validé que nous ont laissé nos prédécesseurs.

En complément, le logiciel de référence INRAtion, outil de calcul de rations associé à ces recommandations, connaît une nouvelle évolution. Il est proposé à l'utilisateur dans une nouvelle version, accompagné de l'outil PrévAlim qui permet de réaliser des prévisions de la valeur des aliments.

Cet ensemble permet ainsi de mieux analyser la diversité des solutions face à un problème de rationnement, d'en détailler les divers résultats, et amène une série d'outils complémentaires : rendements marginaux, rationnement de groupes d'animaux, calcul de rejets azotés, rationnement complémentaire à la pâture...

1

Principes de rationnement des ruminants

J. AGABRIEL, D. POMIÈS, M.-O. NOZIÈRES, P. FAVERDIN

Le rationnement a pour objectif de calculer les quantités d'aliments à distribuer à un animal pour lui permettre d'assurer au mieux la couverture de ses besoins d'entretien et de production en énergie, azote, minéraux, oligo-éléments et vitamines.

Dans certains cas, il n'est pas possible ou il n'est pas nécessaire de couvrir complètement les besoins : l'animal peut prélever transitoirement dans ses réserves corporelles les nutriments qui lui manquent et adapter sa production. Les recommandations alimentaires proposées dans cet ouvrage par l'Inra tiennent compte des déficits tolérables et prévoient leur compensation ultérieure.

La méthode de rationnement présentée ici, commune à tous les ruminants, est calquée sur la méthode utilisée dans le logiciel INRAtion. Elle est réalisable manuellement ou avec l'aide d'une calculatrice ou d'un tableur. Elle vise à satisfaire les recommandations correspondant à un objectif de production en maximisant l'apport de fourrages, sans tenir compte du coût global de la ration.

Dans un premier temps, le rationnement nécessite de préciser les caractéristiques de l'animal pour lequel la ration est élaborée, puis la nature et les caractéristiques du (ou des) fourrage(s) de base et des autres aliments de cette ration. On considère ici que l'eau de boisson est de bonne qualité et disponible en quantité suffisante.

Caractéristiques de l'animal et besoins alimentaires

La première étape du rationnement consiste à renseigner, pour l'animal considéré, un certain nombre de caractéristiques zootechniques : son espèce (bovin, ovin, caprin), son type de production (lait, viande, élevage), sa race, son sexe, son âge, son poids, son gain de poids et son état corporel. Pour les animaux laitiers, il faut également renseigner les indicateurs de la lactation : le stade, le potentiel laitier, la quantité et la composition du lait produit (taux butyreux et protéique).

Ces informations permettent d'évaluer, en se reportant au chapitre correspondant de cet ouvrage, les besoins en énergie (exprimés en unités fourragères, ou UF), en protéines (exprimés en grammes de protéines digestibles au niveau de l'intestin, ou PDI) et en minéraux (exprimés en grammes de calcium et de phosphore absorbables) et la capacité d'ingestion (CI) de l'animal (exprimée en unité d'encombrement, ou UE).

Exemple 1 – Vache laitière adulte en pleine lactation (16^e semaine), multipare âgée de 40 mois, pesant 700 kg, de note d'état d'engraissement 2,5, dont le potentiel laitier est de 41 kg au pic de lactation et donc avec une production potentielle de 34 kg de lait (tableau 2.1) à 40 g/kg de taux butyreux et 32 g/kg de taux protéique.

Ces caractéristiques permettent de calculer, à l'aide des équations du chapitre 2, la capacité d'ingestion et les besoins alimentaires de l'animal :

Capacité d'ingestion (CI)	19,8 UEL/j	(équation 2.3)
Besoins énergétiques	20,7 UFL/j	(équation 2.7)
Besoins azotés	2 146 g PDI/j	(équation 2.8)
Besoins en calcium absorbable Ca_{abs}	63 g/j	(équation 2.16)
Besoins en phosphore absorbable P_{abs}	51 g/j	(équation 2.17).

Le besoin physiologique (énergie, azote, minéraux) correspond à l'apport de nutriments nécessaire pour couvrir les dépenses d'entretien et de production.

Le besoin d'entretien est une notion qui permet d'exprimer à la fois la dépense d'énergie pour le métabolisme basal (la conservation de l'organisme, sa survie dont la thermogenèse) et l'énergie nécessaire pour que l'animal adulte conserve sa masse corporelle en quantité et qualité (composition tissulaire et chimique). Pour un animal en croissance, le besoin d'entretien est une estimation calculée par régression de la dépense qui correspondrait à une croissance nulle. Le besoin d'entretien intègre les dépenses pour l'ingestion et la digestion des rations, et les dépenses pour l'activité physique notamment le déplacement de l'animal au pâturage. Proportionnel à la surface du corps, il s'exprime généralement en fonction du poids métabolique (poids vif élevé à la puissance 0,75, soit $P^{0,75}$).

Le besoin de production correspond aux dépenses nécessaires à la fixation de la masse corporelle pour un animal qui gagne du poids, à la conception et au développement du fœtus puis à la lactation pour une femelle au cours de son cycle de production.

Dans les chapitres suivants, les besoins des animaux des différentes espèces sont détaillés par production. Ils déterminent le plus souvent les apports recommandés, mais pour les animaux adultes faiblement productifs, le niveau d'apport peut être inférieur aux besoins sans risque pour la santé et les productions. On distingue alors les apports alimentaires recommandés des stricts besoins physiologiques.

Caractéristiques des aliments concentrés et des fourrages

La seconde étape du rationnement consiste à rassembler les caractéristiques des différents fourrages et des autres aliments dits « concentrés » (céréales, tourteaux, sous-produits, aliments du commerce...) disponibles pour constituer la ration.

Dans le système de rationnement français proposé par l'Inra, l'aptitude de chaque aliment à être ingéré est caractérisée par sa valeur d'encombrement digestif ou de rassasiement métabolique exprimée en unité d'encombrement (UE). La valeur UE d'un aliment conditionne son ingestion par l'animal et varie en fonction du type de ruminant considéré. Trois valeurs UE ont ainsi été définies : la valeur UEM pour les ovins, la valeur UEL pour les chèvres et les vaches laitières et la valeur UEB

pour les autres bovins¹. Les aliments concentrés ont un effet d'encombrement variable si bien qu'ils n'ont pas de valeur UE fixée *a priori*. Celle-ci résulte du calcul de la situation énergétique de la ration considérée. La valeur UE d'un aliment concentré dépend de sa proportion dans la ration et de la valeur d'encombrement du fourrage qui lui est associée.

La valeur énergétique d'un aliment est exprimée en unité fourragère (UF), unité arbitraire qui correspond à l'équivalent énergétique d'un kg d'orge standard. Elle prend en compte la transformation de cette énergie en viande ou en lait (concept d'énergie nette). Deux valeurs énergétiques ont été définies : les UFL pour les femelles laitières ou les ruminants ayant des besoins proches de l'entretien et les UFV pour les ruminants à forte croissance.

La valeur protéique d'un aliment est exprimée en grammes de protéines digestibles au niveau de l'intestin (PDI). Elle se caractérise par deux valeurs associées, PDIN et PDIE, qui prennent en compte l'apport en protéines pour couvrir les besoins du ruminant et l'apport en azote dégradable pour couvrir les besoins des microbes dans le rumen. Chacune de ces valeurs PDIN et PDIE est la somme des protéines potentiellement digestibles au niveau de l'intestin et non dégradées dans le rumen, et des protéines microbiennes produites dans le rumen et digestibles au niveau de l'intestin. Enfin, les aliments sont également caractérisés par leurs teneurs en minéraux majeurs absorbables (Ca_{abs} et P_{abs} en g/kg MS).

Ces informations sont disponibles, pour des aliments types et des fourrages récoltés à des stades « repères », dans les tables de la valeur nutritive des fourrages et dans les tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage². Si l'on dispose d'analyses de la composition chimique, l'estimation des valeurs peut être affinée avec les outils informatiques correspondants (logiciel PrévAlim). Le tableau 1.1 indique les informations nécessaires au rationnement pour quelques aliments types.

Exemple 2 – Ensilage de dactyle 1^{er} cycle, 1 semaine avant épiaison, brins courts, avec conservateur.

Cet aliment porte le numéro FE3550 dans les tables du chapitre 9, avec les valeurs suivantes (par kg MS) :

Valeurs d'encombrement :	1,22 UEM	1,05 UEL	1,06 UEB
Valeurs énergétiques :	0,94 UFL	0,88 UFV	
Valeurs azotées :	112 g PDIN	75 g PDIE	
Valeurs minérales :	1,6 g P_{abs}	1,3 g Ca_{abs}	

Méthode de rationnement

Comme signalé précédemment, le calcul de ration vise à couvrir les besoins nutritionnels associés à un objectif de production en maximisant la quantité de fourrage ingérée, ce qui ne signifie pas obligatoirement une ration au « moindre coût », bien que ce soit souvent le cas.

1. Jarrige R. (dir.), 1988. *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Paris, Inra, 471 p.

2. Sauvant D., Perez J.-M., Tran G. (éds.), 2002. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. AFZ-Inra Éditions, 301 p.

La méthode manuelle de calcul présentée ici (encadré 1.1 et, en exemple pour une vache laitière, encadré 1.2) permet de combiner un fourrage (ou un mélange de fourrages de base en proportions constantes) et deux aliments concentrés, pour subvenir aux besoins de l'animal. Cette méthode reprend, en la simplifiant, celle qui est utilisée dans le logiciel INRAtion. Si le nombre d'aliments est supérieur ou si l'on veut simuler rapidement plusieurs combinaisons possibles, les calculs deviennent lourds et compliqués et il est vivement recommandé d'utiliser ce logiciel. D'autres méthodes de simplification existent, mais elles sont souvent adaptées à une espèce particulière, ou à la validation d'observations de rations en ferme.

Dans ce chapitre, il faut préciser que toutes les valeurs des aliments (fourrages et concentrés) sont toujours exprimées par rapport à leurs matières sèches (kg MS).

Couverture des besoins énergétiques

Les apports en énergie vont dépendre essentiellement des quantités ingérées de chaque aliment et de leurs valeurs énergétiques.

Quantité de fourrages dans la ration

Dans un premier temps, il est utile de tester si le fourrage seul (ou une combinaison connue de fourrages) est capable de subvenir aux besoins énergétiques de l'animal. Pour cela, il est nécessaire de comparer la densité énergétique minimale de la ration (DER_m) à la densité énergétique du fourrage (DEF).

Si l'on utilise un mélange de fourrages en quantités proportionnelles (70 % d'ensilage de maïs + 30 % de foin par exemple), les valeurs du mélange sont les combinaisons linéaires des valeurs de chaque fourrage (en UE, UF, PDI...).

$$DER_m = \frac{\text{besoin énergétique (UFL ou UFV)}}{\text{capacité d'ingestion de l'animal (UEM, UEL ou UEB)}}$$

$$DEF = \frac{\text{teneur du fourrage en énergie (UFL ou UFV)}}{\text{valeur d'encombrement du fourrage (UEM, UEL, UEB)}}$$

Si DEF est supérieur ou égal à DER_m, le fourrage peut à lui seul satisfaire les besoins énergétiques de l'animal. La quantité Q_{I_F} de fourrage à distribuer (ou du mélange de fourrages en proportions fixées) se calcule ainsi :

$$Q_{I_F} = \text{besoins énergétiques de l'animal} / \text{valeur UF du fourrage (ou du mélange)}.$$

On peut alors directement vérifier que les apports azotés couvrent les besoins (p. 15).

Si DEF est inférieur à DER_m, le fourrage ne peut pas à lui seul, même offert à volonté, satisfaire les besoins énergétiques de l'animal. L'apport de concentré est alors nécessaire.

Exemple 3 – Pour la vache laitière de l'exemple 1, DER_m = 1,05 (soit 20,7 UFL/19,8 UEL) et pour l'ensilage de l'exemple 2, DEF = 0,90 (soit 0,94 UFL/1,05 UEL). L'ensilage ne peut donc couvrir à lui seul les besoins de l'animal.

Calcul de la quantité d'aliments concentrés à apporter

Le système des unités d'encombrement permet de calculer les quantités ingérées, car si l'un des aliments est offert à volonté, la somme des valeurs d'encombrement de tous les aliments doit être égale à la capacité d'ingestion de l'animal. Les quantités de matière sèche de fourrage, notée QI_F , et de concentré, notée QI_C , que l'animal est capable d'ingérer se calculent en utilisant l'équation suivante :

$$CI = (QI_F \times VE_F) + (QI_C \times VE_C) \quad (1.1)$$

où CI est la capacité d'ingestion de l'animal, VE_F la valeur d'encombrement du fourrage (en UEM, UEL ou UEB en kg de MS) et VE_C la valeur d'encombrement du concentré.

Les aliments concentrés n'ont pas de valeur d'encombrement fixe caractérisant chaque matière première. Ils présentent néanmoins une valeur UE (VE_C) qui varie en fonction de la ration suivant l'équation :

$$VE_C = Sg \times VE_F \quad (1.2)$$

où Sg est défini comme le taux de substitution global.

En effet, lorsque l'on augmente la quantité d'aliment concentré QI_C d'une ration, l'animal réduit la quantité de fourrage qu'il consomme : il y a substitution de l'un par l'autre. C'est la substitution qui a fait l'objet d'une modélisation pour chaque espèce car on peut réaliser facilement des expériences qui permettent de la mettre en évidence et de la calculer. Dans ces conditions expérimentales, on observe que la substitution fourrage/concentré n'est pas constante et dépend de la valeur d'encombrement du ou des fourrages associés, de la quantité de concentré distribuée (en proportion de la ration) et, pour la vache laitière, de la couverture de ses besoins énergétiques. La valeur de Sg varie le plus souvent entre 0 et 1. Lorsqu'on dispose d'un ordinateur, elle est calculée automatiquement par itérations successives jusqu'à satisfaire un double système d'équations — encombrement et énergie — à deux inconnues, qui sont respectivement les quantités de fourrage et d'aliment concentré (encadré 1.1). Manuellement, on utilise le taux de substitution *moyen* par type d'animal et par type de fourrage, dont les valeurs pour les bovins figurent dans le tableau 1.2 ou, plus précisément pour chaque espèce, dans les tableaux des chapitres suivants. La quantité QI_F de fourrage et la quantité QI_C de concentré sont alors calculées une première fois de *manière approximative*.

Pour trouver l'équilibre en énergie de la ration, il faut que la somme des apports énergétiques soit égale aux besoins de l'animal :

$$[(QI_F \times UF_F) + (QI_C \times UF_C)] - E = \text{BesUF} \quad (1.3)$$

E représente le coefficient de correction des apports énergétiques. Lorsque cela est nécessaire, cette correction permet de tenir compte des interactions digestives et métaboliques qui réduisent la valeur énergétique de la ration totale. Elles surviennent à des niveaux d'ingestion élevés et pour des rations comportant des proportions importantes d'aliments concentrés. C'est le cas en particulier pour les vaches laitières : pour déterminer la nécessité, l'importance et la valeur de ce coefficient de correction, il faut se reporter au tableau 2.6. E est rarement supérieur à 2,0 UFL et ne dépasse pas 2,5 UFL. Pour les chèvres laitières, E est intégré directement aux besoins.

On peut ensuite transformer facilement les équations 1.1, 1.2 et 1.3 définies ci-dessus, pour calculer les quantités d'aliments concentrés QI_C à apporter, ainsi que

Encadré 1.1

Formalisation mathématique simple du calcul d'une ration à base d'un fourrage et de deux concentrés respectivement riche en énergie (C1) et riche en azote (C2) classés par le rapport PDIE/UFL (ou UFV).

NB : les noms des variables se réfèrent au texte.

Étape 1 – Calcul des densités énergétiques de la ration objectif et du fourrage disponible

$$DER_m = \text{BesUF} / \text{CI}$$

$$\text{DEF} = \text{UF}_F / \text{VE}_F.$$

Si $\text{DEF} = \text{DER}_m$, le fourrage couvre à lui seul les besoins énergétiques et $\text{QI}_F = \text{BesUF} / \text{UF}_F$. Aller alors à l'étape 3.

Étape 2 – Couverture des besoins énergétiques, calcul du concentré nécessaire

Les quantités QI_F et QI_{C1} se calculent en considérant un système de deux équations à deux inconnues que l'on peut poser ainsi :

$$\begin{cases} \text{CI} = (\text{QI}_F \times \text{VE}_F) + (\text{QI}_{C1} \times \text{VE}_C) \\ \text{BesUF} = (\text{QI}_F \times \text{UF}_F) + (\text{QI}_{C1} \times \text{UF}_{C1}) - E \end{cases}$$

avec $\text{VE}_C = \text{Sg} \times \text{VE}_F$ et $\text{CI} = \text{VE}_F \times [\text{QI}_F + (\text{QI}_{C1} \times \text{Sg})]$.

La solution s'exprime ainsi :

$$\begin{cases} \text{QI}_{C1} = [(\text{BesUF} + E) - (\text{CI} \times \text{DEF})] / [(\text{UF}_{C1} - (\text{Sg} \times \text{VE}_F \times \text{DEF}))] \\ \text{QI}_F = [\text{CI} - (\text{QI}_{C1} \times \text{Sg} \times \text{VE}_F)] / \text{VE}_F. \end{cases}$$

Étape 3 – Couverture des besoins protéiques, calcul du ou des concentrés nécessaires

$$\text{Apports PDIE} = (\text{QI}_F \times \text{PDIE}_F) + (\text{QI}_{C1} \times \text{PDIE}_{C1})$$

Si apports PDIE = BesPDI, aller à l'étape 4 ; sinon calculer QI_{C2} .

$$\text{Si } \text{QI}_{C1} = 0, \text{QI}_{C2} = \text{BesPDI} - \text{apports PDIE} / [\text{PDIE}_{C2} - (\text{Sg} \times \text{PDIE}_F)].$$

$$\text{Si } \text{QI}_{C1} \neq 0 \text{ et } \text{UF}_{C1} \text{ peu différent de } \text{UF}_{C2},$$

$$\text{QI}_{C2} = \text{BesPDI} - \text{apports PDIE} / (\text{PDIE}_{C2} - \text{PDIE}_{C1}).$$

Alors $\text{QI}_{C1} = \text{QI}_C - \text{QI}_{C2}$.

Si $\text{QI}_{C1} \neq 0$ et $\text{UF}_{C1} \neq \text{UF}_{C2}$, résoudre le double système à deux inconnues QI_{C1} et QI_{C2} .

On pose $\text{BesUF}_{\text{cor}} = \text{BesUF} + E$.

$$\begin{cases} \text{BesUF}_{\text{cor}} - (\text{QI}_F \times \text{UF}_F) = (\text{QI}_{C1} \times \text{UF}_{C1}) + (\text{QI}_{C2} \times \text{UF}_{C2}) \\ \text{BesPDI} - (\text{QI}_F \times \text{PDIE}_F) = (\text{QI}_{C1} \times \text{PDI}_{C1}) + (\text{QI}_{C2} \times \text{PDI}_{C2}). \end{cases}$$

Ce système n'a qu'une solution.

Étape 4 – Vérification du bon fonctionnement du rumen :

calcul du rapport $(\text{PDIN} - \text{PDIE}) / \text{UF}$

$$\text{Apports UF} = (\text{QI}_F \times \text{UF}_F) + (\text{QI}_{C1} \times \text{UF}_{C1}) + (\text{QI}_{C2} \times \text{UF}_{C2})$$

$$\text{Apports PDIE} = (\text{QI}_F \times \text{PDIE}_F) + (\text{QI}_{C1} \times \text{PDIE}_{C1}) + (\text{QI}_{C2} \times \text{PDIE}_{C2})$$

$$\text{Apports PDIN} = (\text{QI}_F \times \text{PDIN}_F) + (\text{QI}_{C1} \times \text{PDIN}_{C1}) + (\text{QI}_{C2} \times \text{PDIN}_{C2})$$

$$\text{Rmic} = (\text{apports PDIN} - \text{apports PDIE}) / \text{apports UF}.$$

Si $\text{Rmic} \approx$ seuil PDI, on conserve la solution $\text{QI}_F, \text{QI}_{C1}, \text{QI}_{C2}$.

Si Rmic est très positif ou si $\text{Rmic} <$ seuil PDI, on choisit d'autres aliments.

Étape 5 – Alimentation en phosphore et calcium

$$\text{Apports } P_{\text{abs}} = (QI_F \times P_{\text{abs } F}) + (QI_{C1} \times P_{\text{abs } C1}) + (QI_{C2} \times P_{\text{abs } C2})$$

$$\text{Apports } Ca_{\text{abs}} = (QI_F \times Ca_{\text{abs } F}) + (QI_{C1} \times Ca_{\text{abs } C1}) + (QI_{C2} \times Ca_{\text{abs } C2}).$$

Le rapport des déficits, exprimé en calcium et phosphore absorbable, est donc :

$$R_{\text{minéral}} = (\text{Bes}Ca_{\text{abs}} - \text{apports } Ca_{\text{abs}}) / (\text{Bes}P_{\text{abs}} - \text{apports } P_{\text{abs}})$$

et la formule Ca/P de l'aliment minéral est : $1,6 \times R_{\text{minéral}}$.

les quantités des fourrages QI_F qui seront consommées par le ruminant à l'aide des équations suivantes :

$$QI_C = \frac{[(\text{Bes}UF + E) - (CI \times DEF)]}{UF_C - (Sg \times VE_F \times DEF)} \quad (1.4)$$

$$QI_F = \frac{CI - (QI_C \times Sg \times VE_F)}{VE_F}. \quad (1.5)$$

Il est nécessaire, notamment dans le rationnement des bovins à l'engrais, de procéder à une vérification de la valeur du taux de substitution choisie initialement en se reportant au chapitre spécifique de l'espèce concernée. En considérant la valeur d'encombrement du fourrage et la quantité QI_C ou la proportion de concentré déjà déterminée de manière approximative, on note la valeur précise du taux de substitution dans le tableau applicable à ce type d'animal. Si cette valeur ne coïncide pas avec la valeur moyenne suggérée dans le tableau 1.2, les quantités de fourrages et de concentrés que l'animal est capable d'ingérer doivent être réestimées en utilisant cette nouvelle valeur de Sg dans les équations précédentes.

Apports protéiques de la ration

Après le calcul de l'énergie, il est nécessaire d'ajuster le niveau des apports protéiques. Comme décrit précédemment, chaque ration a deux valeurs azotées PDI : les PDIN sont les protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote de la ration et les PDIE sont les protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie de la ration. Ces deux valeurs permettent de prendre en compte les particularités de l'alimentation azotée des ruminants, à savoir équilibrer les apports protéiques en fonction des apports énergétiques, à la fois pour l'animal lui-même et pour son écosystème microbien qui fabrique une part importante des protéines utilisées par l'animal.

Une ration bien équilibrée en protéines doit avoir des apports PDIE égaux aux besoins PDI, et des apports PDIN égaux ou éventuellement supérieurs aux apports PDIE.

L'apport PDIE de la ration doit donc satisfaire l'équation suivante :

$$(QI_F \times PDIE_F) + (QI_C \times PDIE_C) = \text{BesPDI}. \quad (1.6)$$

Un apport PDIN de la ration plus faible que l'apport PDIE reflète un manque d'azote dégradable pour l'écosystème microbien qu'il faudra essayer de combler si l'écart est trop important. Un léger déficit peut en effet être toléré dans certaines situations qui seront précisées plus loin.

Couverture des besoins PDI par les apports PDIE

CAS OÙ LE FOURRAGE PEUT À LUI SEUL SATISFAIRE LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES DE L'ANIMAL

On vérifie que l'apport PDIE du fourrage ou du mélange ($Q_F \times$ valeur PDIE) est supérieur aux besoins protéiques des animaux.

Si c'est le cas, il suffit ensuite de vérifier que les besoins des microbes sont satisfaits (p. 17).

Si l'apport PDIE de la ration n'est pas suffisant, il faut ajouter au fourrage (ou au mélange de fourrages) un ou plusieurs aliments concentrés « correcteurs azotés » (aliments à forte valeur PDIE et/ou PDIN par kg) pour couvrir l'écart. Dans la grande majorité des cas, les apports énergétiques resteront satisfaits voire supérieurs aux besoins car les aliments concentrés ont des valeurs énergétiques supérieures à celles des fourrages.

La quantité d'aliments concentrés à apporter peut être calculée par la formule suivante :

$$Q_{I_C} = \frac{\text{BesPDI} - (Q_F \times \text{PDIE}_F)}{\text{PDIE}_C - (S_g \times \text{PDIE}_F)}. \quad (1.7)$$

Sg n'est pas simple à calculer. On peut prendre par défaut la valeur du tableau 1.2 sans commettre d'erreur importante.

CAS OÙ LE FOURRAGE NE PEUT SATISFAIRE À LUI SEUL LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES DE L'ANIMAL

En utilisant les quantités de fourrage Q_F et de concentré Q_C déterminées précédemment (p. 12), il est possible d'essayer de couvrir les besoins protéiques de l'animal en utilisant un ou plusieurs aliments concentrés.

Dans le cas simple où l'on ne souhaite distribuer qu'un seul aliment concentré, on peut calculer la valeur PDIE optimale de ce dernier en divisant le besoin protéique qui doit être couvert par le concentré, par la quantité d'aliment concentré nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques :

$$\text{PDIE}_C = \frac{\text{BesPDI} - (Q_F \times \text{PDIE}_F)}{Q_C}. \quad (1.8)$$

Il suffit ensuite de rechercher dans les tables ou dans les aliments du commerce un aliment concentré ayant une valeur proche de celle-ci.

Si l'on accepte d'utiliser un second aliment concentré (concentré 2), riche en protéines, en complément d'un premier aliment concentré de type énergétique (concentré 1), il est possible de calculer la quantité de ce second aliment en divisant le manque de protéines du régime avec le seul concentré 1 par l'écart de teneur en PDIE des deux aliments concentrés :

$$Q_{I_{C2}} = \frac{\text{BesPDI} - (Q_F \times \text{PDIE}_F) - (Q_{I_C} \times \text{PDIE}_{C1})}{\text{PDIE}_{C2} - \text{PDIE}_{C1}}. \quad (1.9)$$

Ce dernier viendra se substituer en totalité au premier aliment concentré pour les apports d'énergie, en faisant l'hypothèse souvent vérifiée que les aliments concentrés ont des valeurs énergétiques généralement proches (autour de 1 UF/kg) :

$$QI_C = QI_C - QI_{C2}$$

Si les valeurs énergétiques des concentrés sont trop différentes, il vaut mieux recalculer précisément les deux quantités à distribuer sur la base des déficits UF et PDI à combler une fois que l'on connaît l'apport de fourrage QI_F . Ceci peut encore se faire sur la base d'un système mathématique simple de deux équations à deux inconnues QI_C et QI_{C2} (encadré 1.1).

Après avoir calculé les besoins en PDIE nécessaires pour satisfaire les besoins du métabolisme protéique, il faut s'assurer du bon fonctionnement du rumen en utilisant également les valeurs PDIN.

Vérification du bon fonctionnement du rumen : l'équilibre PDIN-PDIE

Pour obtenir une synthèse des protéines microbiennes optimale et une digestibilité de la ration satisfaisante, la flore microbienne doit disposer en même temps d'une quantité minimale d'énergie fermentescible et de matières azotées dégradables dans le rumen, c'est-à-dire d'un apport PDIE égal à l'apport PDIN. Cet objectif est difficile à atteindre dans la pratique, mais il est possible de s'en approcher. Pour cela, il faut calculer le rapport $R_{mic} = (PDIN - PDIE)/UF$ sur l'ensemble de la ration et vérifier qu'il est supérieur à une valeur seuil, définie par type d'animal. La ration peut être légèrement déficitaire en PDIN (R_{mic} est négatif) car les microbes du rumen peuvent valoriser une certaine quantité d'azote ammoniacal recyclée sous forme d'urée apportée par la salive. Ce seuil de tolérance est d'autant plus proche de zéro que l'animal est sensible aux variations d'apports azotés, et donc que son niveau de production est élevé. Il est par exemple de - 22 g pour une vache allaitante en gestation et de seulement - 6 g pour un taurillon en début d'engraissement, qui dépose beaucoup de protéines musculaires. Le seuil acceptable pour l'écart $(PDIN - PDIE)/UF$ ou « seuil PDI » est précisé pour les différentes catégories d'animaux dans le tableau 1.3. Si la ration calculée ne le satisfait pas, il faut modifier la nature du concentré « correcteur azoté ».

Si $(PDIN - PDIE)/UF$ est supérieur ou égal au seuil PDI, la ration est considérée comme acceptable malgré le fait que le bilan ainsi calculé puisse être légèrement négatif.

Si $(PDIN - PDIE)/UF$ est inférieur au seuil PDI, il faut reconsidérer la ration avec trois possibilités :

- ajouter un aliment riche en azote fermentescible, de l'urée par exemple, pour équilibrer PDIN et PDIE. Avec de l'urée, il faut apporter 70 g d'urée pour 100 g d'écart entre PDIN et PDIE, sans excéder 250 g/j pour une vache laitière adulte (difficile à réaliser avec des fourrages secs, mais facile avec les ensilages de maïs) ;
- changer les aliments concentrés par des aliments avec un rapport PDIN/PDIE plus élevé et recommencer le calcul des quantités d'aliments concentrés avec les nouveaux aliments (par exemple changer un tourteau de colza par un tourteau de tournesol) ;
- introduire un nouveau fourrage plus riche en PDIN (ensilage d'herbe en complément d'un ensilage de maïs) pour mieux équilibrer le régime sans recourir à de nouveaux compléments.

Enfin, si $(PDIN - PDIE)/UF$ est très positif et donc très supérieur au seuil PDI, une quantité importante d'azote va être excrétée dans l'urine et peut être source de

rejets azotés excessifs. Cette situation peut être dommageable pour des raisons environnementales et économiques. Il convient alors d'étudier la possibilité de changer les aliments concentrés par des aliments avec un rapport PDIN/PDIE plus faible (tourteaux tannés par exemple).

Apports minéraux

Pour éviter les carences et leur conséquences, il est indispensable de réaliser le bilan minéral (besoins – apports) de la ration afin de déterminer les déficits éventuels qu'il conviendra de corriger par la distribution d'un aliment minéral adapté. Cet aliment peut être distribué en libre service ou introduit dans la ration dans des quantités déterminées. On se limitera ici aux apports de calcium (Ca) et de phosphore (P), même s'il est nécessaire d'adopter la même démarche pour tous les oligo-éléments et vitamines (dont les valeurs sont fournies dans le cédérom). Les apports de la ration se calculent par combinaison linéaire des teneurs de chaque aliment en différents minéraux, exprimées dans la même unité que celle des besoins, au *pro rata* des quantités ingérées (kg MS).

Besoins et apports s'expriment en grammes d'élément absorbable : phosphore absorbable (P_{abs}) et calcium absorbable (Ca_{abs}) selon les dernières propositions de l'Inra³. La formule de l'aliment minéral complémentaire doit permettre de combler les déficits entre apports et besoins et de rééquilibrer si nécessaire les apports en différents minéraux. Pour cela, après avoir calculé indépendamment les deux déficits P_{abs} et Ca_{abs} , on établit le rapport de leurs déficits (Ca_{abs}/P_{abs}).

Compte tenu des habitudes commerciales et de la réglementation, il est ensuite parfois plus commode pour le choix d'un aliment minéral de raisonner selon le rapport calculé sur les éléments totaux de la ration Ca/P. C'est possible de façon approximative en transformant les déficits de la ration exprimés en P_{abs} et Ca_{abs} en déficits de P et Ca à partir des estimations suivantes :

$$P = P_{abs}/0,65 \quad \text{et} \quad Ca = Ca_{abs}/0,40.$$

On a alors :

$$\text{déficit Ca/P} = 1,63 \times \text{déficit } (Ca_{abs}/P_{abs}). \quad (1.10)$$

Le rapport Ca/P de l'aliment minéral doit être le plus proche possible de celui des déficits. Une fois la formule Ca/P de l'aliment minéral retenue, la quantité à distribuer est obtenue en divisant le déficit en P par la teneur en P de l'aliment minéral. En effet, le phosphore est le minéral qui a le plus de risque d'être déficitaire notamment lorsque la ration est riche en fourrage.

Il faut ensuite vérifier la couverture des besoins pour les autres minéraux et vitamines et utiliser un aliment minéral dont la formule permet de couvrir l'ensemble des déficits sans créer d'excès sur les autres. Le logiciel INRation peut directement proposer une ou plusieurs formules d'aliment minéral complet, caractérisées par des rapports Ca/P parmi les plus couramment utilisés.

3. Meschy F., 2002. *Rencontres Recherches Ruminants*, (9) : 279-285 et Meschy F., Corrias R., 2005. *Rencontres Recherches Ruminants*, (12) : 221-224.

Encadré 1.2

Calcul de ration pour une vache laitière en pleine lactation

Animal. Vache laitière multipare de 700 kg, en pleine lactation, de l'exemple 1 (41 litres de production maximale potentielle, 34 litres produits par jour en 16^e semaine à 40 g/kg de taux butyreux et 32 g/kg de taux protéique). Besoins journaliers :

- capacité d'ingestion (CI) 19,8 UE
- besoins énergétiques (BesUF) 20,7 UFL
- besoins azotés (BesPDI) 2 146 g PDI
- besoins en phosphore absorbable (BesP_{abs}) : 51 g
- besoins en calcium absorbable (BesCa_{abs}) : 63 g.

Fourrage. Ensilage de dactyle 1^{er} cycle, 1 semaine avant épiaison, brins courts, avec conservateur (FE3550). Valeurs par kg de matière sèche :

- valeur d'encombrement 1,05 UEL
- valeur énergétique 0,94 UFL
- valeur azotée 112 g PDIN, 75 g PDIE
- valeur minérale P_{abs} = 1,6 g, Ca_{abs} = 1,3 g.

Concentré. Triticale en grain (CC0100). Valeurs par kg de matière sèche :

- valeur énergétique 1,16 UFL
- valeur azotée 72 g PDIN, 96 g PDIE
- valeur minérale P_{abs} = 3,0 g, Ca_{abs} = 0,5 g.

1. Le fourrage peut-il subvenir seul aux besoins énergétiques de l'animal ?

$$DERm = 20,7 \text{ UFL} / 19,8 \text{ UEL} = 1,05$$

$$DEF = 0,94 \text{ UFL} / 1,05 \text{ UEL} = 0,90.$$

Comme DEF < DERm, le fourrage ne peut pas à lui seul satisfaire les besoins énergétiques de l'animal. L'apport de concentré est nécessaire.

2. Quantités ingérées et couverture des besoins énergétiques

Pour les vaches laitières hautes productrices, les interactions digestives (coefficient E du tableau 2.6) sont de E = 1,0. Elles viennent en déduction des apports.

$$CI = 19,8 = (QI_F \times 1,05) + (QI_C \times Sg \times 1,05) \quad (\text{équation 1.1})$$

$$\text{BesUF} = 20,7 = [(QI_F \times 0,94) + (QI_C \times 1,16)] - 1,0. \quad (\text{équation 1.3})$$

Exemple avec un Sg approximatif de 0,38 (tableau 2.3) :

$$QI_C = [(20,7 + 1) - (19,8 \times 0,9)] / [1,16 - (0,38 \times 1,05 \times 0,9)] \\ = 4,8 \text{ kg MS} \quad (\text{équation 1.4})$$

$$QI_F = 19,8 - (4,8 \times 0,38 \times 1,05) / 1,05 = 17,0 \text{ kg MS.} \quad (\text{équation 1.5})$$

Dans ce cas, la proportion de concentré à apporter est de 22 %.

3. Couverture des besoins azotés

Besoins azotés de l'animal BesPDI = 2 146 g PDI.

Apports PDI de la ration :

$$\text{PDIN} = (17,0 \times 112) + (4,8 \times 72) = 2\,250 \text{ g}$$

$$\text{PDIE} = (17,0 \times 75) + (4,8 \times 96) = 1\,736 \text{ g, soit un déficit de 410 g.}$$

La valeur azotée effective de la ration est la valeur PDIE. Dans cette ration, l'énergie est le facteur limitant de la synthèse microbienne. Il est donc nécessaire, ici, de substituer une partie du triticale par un concentré plus riche en azote.

On choisit du tourteau de soja (CX0140). Valeurs par kg de MS :

- valeur énergétique : 1,21 UFL
- valeur azotée : 377 g de PDIN et 261 g de PDIE.

La valeur UFL de ce tourteau est peu différente de la valeur UFL du triticales. Pour déterminer la quantité à apporter, on calcule approximativement en divisant le déficit par l'écart de valeur PDIE du soja et du triticales :

$$Q_{C2} = 410 / (261 - 96) = 2,5 \text{ kg MS.} \quad (\text{équation 1.9})$$

Ainsi, la ration est composée de 17,0 kg MS d'ensilage, 2,3 kg MS de triticales et 2,5 kg MS de tourteau de soja.

4. Couverture des besoins minéraux

La ration apporte :

$$P_{\text{abs}} = (17,0 \times 1,6) + (2,3 \times 3,0) + (2,5 \times 5,0) = 47 \text{ g, soit un déficit de 4 g}$$

$$Ca_{\text{abs}} = (17,0 \times 1,3) + (2,3 \times 0,5) + (2,5 \times 2,1) = 29 \text{ g, soit un déficit de 34 g.}$$

Le déficit $Ca_{\text{abs}}/P_{\text{abs}}$ est de 8,5 et le déficit $Ca/P = 8,5 \times 1,63 = 13,9$. (équation 1.10)

Il faut donc choisir une formule d'aliment minéral qui apporte *13,9 fois plus de calcium* que de phosphore. Dans certaines situations, il ne sera pas possible de trouver un aliment minéral du commerce correspondant à ce rapport, il faudra alors distribuer un carbonate de calcium (craie broyée, maërl, 35-38 % de Ca) permettant de combler la totalité du déficit calcique.

Tableau 1.1. Caractéristiques intervenant dans la valeur alimentaire des fourrages et matières premières utilisées pour élaborer une ration.

Type	Caractéristiques
Fourrage vert	Espèce ou lieu d'origine pour les prairies permanentes, cycle, stade.
Fourrage conservé	Espèce ou lieu d'origine pour les prairies permanentes, cycle, stade. Mode de conservation, conditions de récolte, teneur en matière sèche.
Aliment concentré	Nature (concentration en protéines, en cellulose brute...).

Tableau 1.2. Taux de substitution moyen entre fourrage et concentré (Sg), par type de bovins, selon la qualité du fourrage.

Vaches laitières multipares

Densité énergétique du fourrage UFL/UFL	Production laitière (kg/j)		
	20	30	40
0,60	0,36	0,31	0,29
0,70	0,44	0,37	0,33
0,80	0,50	0,39	0,34
0,90	0,60	0,43	0,35
0,95	0,66	0,46	0,36
1,00	0,66	0,50	0,39

Bovins viande

Valeur d'encombrement du fourrage (UEB)	Pourcentage moyen de concentré dans la ration	
	Vache allaitante, bovin en croissance 15 %	Bovin en finition 40 % 60 %
0,95	0,52	0,76
1,00	0,45	0,70
1,05	0,38	0,64
1,10	0,31	0,58
1,15	0,24	0,53 0,70
1,20	0,18	0,48 0,66
1,25	0,11	0,48 0,62
1,30	0,05	0,48 0,58
1,40 (paille)	- 0,07	0,48 0,51

Tableau 1.3. Valeurs seuil du rapport $R_{mic} = (\text{apports PDIN} - \text{apports PDIE}) / \text{apports UF}$ selon le type de production et le facteur prépondérant à prendre en compte.

Vaches laitières	Niveau de production (kg)			
	15 à 25	25 à 35	> 35	
	- 8	- 4	0	
Bovins en finition	Stade de finition			
	Début	Milieu	Fin	
	Taurillons	- 6	- 9	- 13
	Bœufs, génisses	- 7	- 10	- 15
Vaches de réforme	- 10	- 12	- 15	
Bovins en croissance	Âge			
	- 1 an	1 à 2 ans	+ de 2 ans	
	Mâles, génisses	- 8	- 13	- 18
Vaches allaitantes	Stade physiologique			
	Gestation	Lactation		
	- 22	- 17		
Brebis allaitantes	Allaitement			
	Simple	Double		
	- 12	- 6		
Brebis laitières	Niveau de production (kg)			
	< 1	1 à 2	> 2	
	- 12	- 6	0	
Chèvres laitières	Niveau de production (kg)			
	< 1,5	1,5 à 3	> 3	
	- 14	- 7	0	

2

Alimentation des vaches laitières

P. FAVERDIN, R. DELAGARDE, L. DELABY, F. MESCHY

Ce chapitre présente les principes généraux du rationnement des vaches laitières. La première partie expose les bases et les équations nécessaires à l'application de la méthode générale décrite dans le chapitre 1. La deuxième partie décline les différentes pratiques de rationnement au sein d'un troupeau, en alimentation hivernale comme au pâturage, et propose des applications simplifiées de la méthode générale.

Les bases du calcul des rations des vaches laitières

La production de lait dépend à la fois de la capacité de synthèse de la mamelle et de la disponibilité en nutriments pour réaliser la synthèse du lait. Durant le cycle gestation-lactation, la mamelle possède un développement propre de son tissu sécréteur dont la quantité et l'activité déterminent ses aptitudes à produire du lait. Cette capacité de synthèse de la mamelle semble peu affectée par l'alimentation de la vache durant la lactation. À l'inverse, la production de lait dépend fortement de la quantité de nutriments disponibles liée aux quantités ingérées et à la composition de la ration, mais aussi à la possibilité de mobiliser les réserves corporelles.

En pratique, ceci signifie qu'à même ration, les quantités de MS volontairement ingérées et la production laitière seront d'autant plus élevées que le potentiel de production est élevé. Ainsi, pour calculer les besoins d'une vache laitière et les apports correspondants, il semble préférable, même si cette notion est imprécise, de partir de sa production de lait potentielle plutôt que de sa production observée. Ceci est particulièrement vrai si l'alimentation de la vache ne permet pas une pleine expression de ce potentiel de production.

La production de lait potentielle

La production de lait potentielle (PL_{Pot}) correspond à la quantité de lait synthétisée par la mamelle en fonction du potentiel génétique de l'animal, du rang de lactation, des stades de lactation et de gestation dans les conditions moyennes d'un élevage français. Cette production potentielle peut donc être estimée à partir de l'évaluation génétique, à partir des données obtenues dans le troupeau. La production de lait potentielle d'une semaine donnée est calculée à partir de la production potentielle au pic de lactation (PL_{MaxPot}) et des stades de lactation et de gestation. La PL_{MaxPot} peut être estimée en utilisant la production observée au pic si la vache reçoit une bonne ration en début de lactation. Autrement, elle peut être calculée à partir de la production potentielle au cours d'une lactation standardisée à 305 jours d'une vache issue des données du contrôle de performances. La valeur PL_{MaxPot} est alors calculée en divisant cette production d'une

lactation de 305 jours par 224 pour une vache multipare et par 259 pour une vache primipare.

Le tableau 2.1 propose des valeurs de production de lait potentielle pour une semaine de lactation (SemL) donnée en fonction de la production de lait potentielle au pic (PL_{MaxPot}) ou de la lactation totale potentielle calculée sur 305 jours. Ces valeurs sont issues d'un modèle dynamique relativement complexe, mais qui peut être simplifié en utilisant le modèle proposé par J.B.M. Wilmink (1987)¹ et en ajoutant un effet lié à la gestation :

– pour les primipares

$$PL_{Pot} = PL_{MaxPot} \times [1,084 - (0,7 \times e^{-0,46 \times SemL}) - (0,009 \times SemL) - (0,69 \times e^{-0,16 \times (45 - SemG)})] \quad (2.1)$$

– pour les multipares

$$PL_{Pot} = PL_{MaxPot} \times [1,047 - (0,69 \times e^{-0,90 \times SemL}) - (0,0127 \times SemL) - (0,50 \times e^{-0,12 \times (45 - SemG)})] \quad (2.2)$$

avec PL_{MaxPot} la production potentielle de lait au pic, SemL la semaine de lactation et SemG la semaine de gestation. $SemG = SemL - SemIAfec + 1$, avec SemIAfec la semaine de lactation au cours de laquelle a eu lieu l'insémination fécondante.

Les quantités ingérées

Calcul de la capacité d'ingestion

La capacité d'ingestion (CI), exprimée en unité d'encombrement (UEL), traduit l'aptitude et la motivation d'un animal à ingérer des aliments. Pour une vache laitière, elle s'accroît avec la production de lait potentielle (+ 0,15 UEL/kg de lait potentiel) et le format de l'animal (+ 0,015 UEL/kg de poids vif (PV)), mais elle diminue lorsque la note d'état corporel (NEC), échelle de 0 à 5) augmente (- 1,5 UEL/point). L'évolution du poids vif et de la note d'état corporel au cours de la lactation est donnée à titre indicatif au tableau 2.2. La capacité d'ingestion est modulée par l'âge de la vache et son stade physiologique. Les primipares ont une capacité d'ingestion proportionnellement plus faible que celle des multipares et ce, d'autant plus que l'âge au premier vêlage est précoce. De même, les vaches en début de lactation et en fin de gestation ont une capacité d'ingestion réduite. Le tableau 2.3 et les équations ci-dessous permettent de calculer la capacité d'ingestion d'une vache laitière en additionnant les effets du poids, de la production de lait et de l'état corporel, puis en multipliant cette somme par les trois coefficients de correction liés à la semaine de lactation (indice de lactation : IL), à la semaine de gestation (SemG) définie précédemment (indice de gestation : IG) et à l'âge (Âge) exprimé en mois (indice de maturité : IM). La figure 2.1 illustre l'effet des trois indices et l'évolution au cours des trois premières lactations de la capacité d'ingestion d'une vache d'un potentiel de 9 000 kg de lait en 3^e lactation.

$$CI = [13,9 + (0,015 \times (PV - 600)) + (0,15 \times PL_{Pot}) + (1,5 \times (3 - NEC))] \times IL \times IG \times IM \quad (2.3)$$

1. Wilmink J.B.M., 1987. Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Production Science*, 16 : 335-348.

avec : $IL = a + (1 - a) \times (1 - e^{-0,16 \times SemL})$, $a = 0,6$ pour les primipares et $a = 0,7$ pour les multipares. $IL = 1$ pour les vaches tarées ;

$$IG = 0,8 + 0,2 \times (1 - e^{-0,25 \times (40 - SemG)}) ;$$

$$IM = -0,1 + 1,1 \times (1 - e^{-0,08 \times \hat{Age}}).$$

L'ingestion totale d'aliments est limitée par cette capacité d'ingestion. L'encombrement de la ration est calculé en faisant la somme des valeurs d'encombrement des différents aliments pondérées de leur quantité ingérée (chapitre 1). Pour les fourrages, ces valeurs sont fixes et sont présentes dans les tables ou peuvent être calculées à l'aide des analyses de composition chimique en utilisant les équations de prévision de la valeur alimentaire ou le logiciel PrévAlim. Pour les aliments concentrés, la valeur d'encombrement est égale au produit de la valeur d'encombrement du fourrage et du taux de substitution global Sg entre aliments concentrés et fourrages ($VE_C = VE_F \times Sg$). La valeur de Sg dépend essentiellement de la situation énergétique de l'animal.

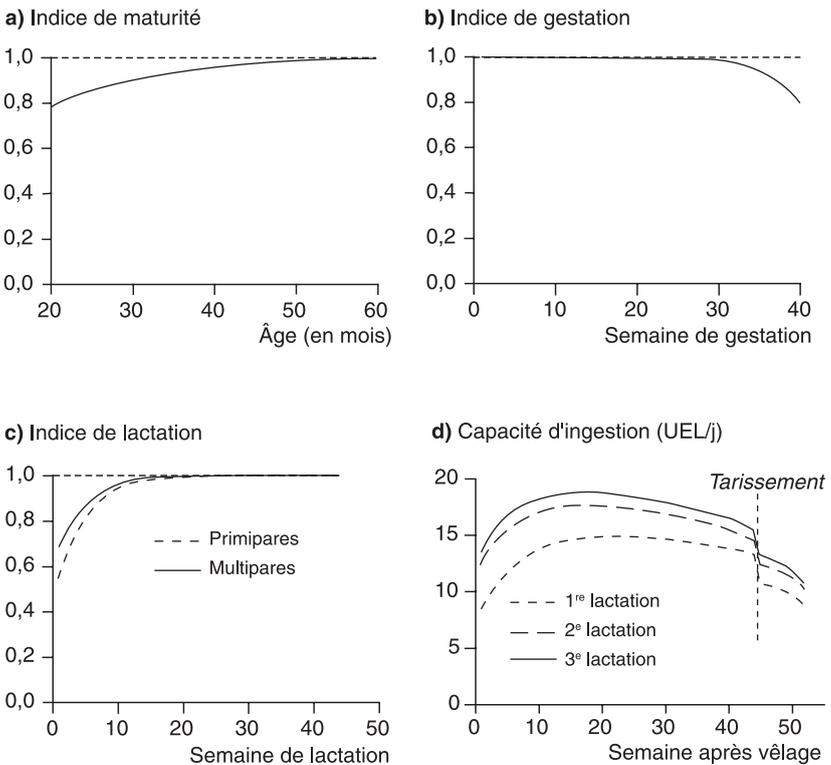


Figure 2.1. Évolution des différents indices d'ajustement de la capacité d'ingestion et variation de la capacité d'ingestion d'une vache laitière d'un potentiel de production de 9 000 kg de lait :

- a) effet de l'âge sur l'indice de maturité,
- b) effet du stade de gestation sur l'indice de gestation,
- c) effet du stade de lactation sur l'indice de lactation,
- d) capacité d'ingestion au cours des 3 premières lactations.

Calcul du taux de substitution Sg

Dans la plupart des essais comparant plusieurs niveaux d'apports d'aliments concentrés, il n'est possible de calculer qu'un taux de substitution marginal (Sm) entre deux niveaux d'aliments concentrés. La valeur de Sm est essentiellement fonction du bilan énergétique de la vache. Pour un fourrage donné (seul ou en mélange), Sm augmente avec la proportion d'aliments concentrés de la ration (C%) comparée à la proportion d'aliments concentrés qui permet de couvrir les besoins énergétiques correspondant à la production de lait potentielle (R%).

En milieu de lactation, lorsque le bilan énergétique est proche de 0, Sm présente des valeurs voisines de 0,55 indépendamment du régime. Plus le bilan énergétique est positif, plus la valeur de Sm est élevée jusqu'à une valeur théorique maximale (k) à laquelle l'ingestion d'énergie n'augmente plus. Sm est calculé par l'équation 2.4.

$$S_m = \frac{k}{1 + (d \times e^{b \times (R\% - C\%)})} \quad (2.4)$$

avec $k = \frac{UFL_C}{UFL_F}$, $d = \frac{k}{0,55} - 1$ et $b = 4,5 \times UFL_F$.

La figure 2.2 représente les variations de Sm en fonction de différentes rations à base d'ensilage de maïs, d'ensilage d'herbe et de foin pour différentes proportions d'aliments concentrés chez une vache produisant 25 kg de lait.

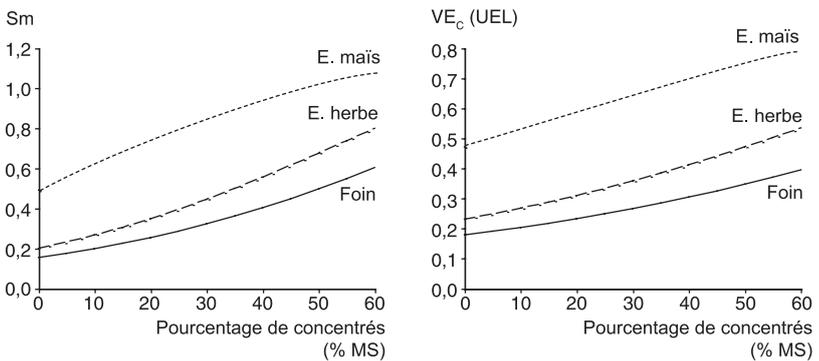


Figure 2.2. Évolution du taux de substitution marginal (Sm) et de la valeur d'encombrement des aliments concentrés (VE_C) en fonction du pourcentage d'aliments concentrés dans des rations à base d'ensilage de maïs (E. maïs), d'ensilage d'herbe (E. herbe) et de foin pour des vaches laitières multipares produisant 25 kg de lait.

Pour calculer le taux de substitution global Sg, il est alors nécessaire d'intégrer le modèle précédent entre les valeurs 0 et C%. La solution algébrique de cette intégrale qui permet de calculer directement Sg est donnée par l'équation 2.5.

$$S_g = k \times \left[1 + \frac{1}{(b \times C\%)} \times \ln \left(\frac{d \times e^{(b \times (R\% - C\%) + 1)}}{d \times e^{(b \times R\%) + 1}} \right) \right] \quad (2.5)$$

Le pourcentage de concentrés R% se calcule en résolvant l'équation suivante, où les apports énergétiques sont égaux aux besoins :

$$[(R\% \times UFL_C) + ((1 - R\%) \times UFL_F)] \times Ql - E + MPR = \text{BesUFL} \quad (2.6)$$

Dans cette formule, les apports d'énergie sont corrigés des interactions digestives (E, voir ci-après) et modulés par la mobilisation potentielle des réserves en début de lactation (MPR, voir ci-après). Pour calculer R%, il est nécessaire d'effectuer un calcul itératif, car la correction énergétique E dépend de la proportion d'aliments concentrés et des quantités ingérées totales (QI, en kg MS/j) qui dépendent du taux de substitution.

Ingestion au pâturage

Au pâturage, les calculs précédents ne sont pas suffisants pour estimer l'ingestion d'herbe pâturée. En effet, les conditions de pâturage, caractérisées par la disponibilité en herbe et par la disponibilité en temps pour pâturer, sont des facteurs limitants potentiels de l'ingestion qu'il faut considérer (figure 2.3). Des conditions de pâturage sévères limitent la capacité physique ou la motivation des vaches à récolter l'herbe.

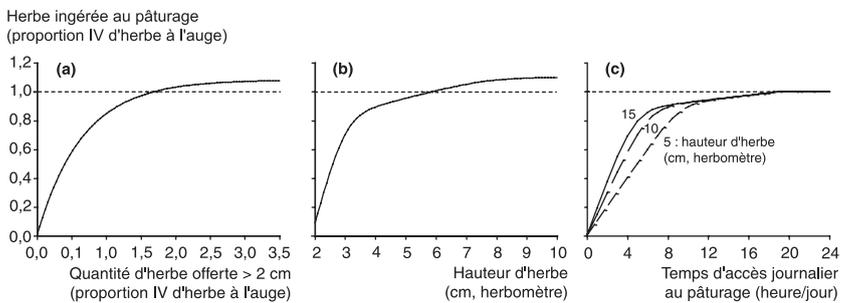


Figure 2.3. Relation entre la quantité d'herbe ingérée au pâturage, exprimée en proportion de l'ingestion volontaire (IV) d'herbe à l'auge et (a) la quantité d'herbe offerte par vache et par jour au-dessus de 2 cm du sol, exprimée en proportion de l'ingestion volontaire d'herbe à l'auge, pour le pâturage tournant, (b) la hauteur d'herbe, pour le pâturage continu, et (c) le temps d'accès journalier au pâturage, selon la hauteur d'herbe, pour les pâturages tournant et continu.

En pâturage tournant, l'ingestion d'herbe s'accroît de façon asymptotique avec la quantité d'herbe offerte. Cette quantité est calculée en kg MS par vache et par jour au-dessus de 2 cm du sol, puis exprimée en proportion de la quantité d'herbe volontairement ingérée à l'auge dans les mêmes conditions d'alimentation. Ce critère synthétique de disponibilité en herbe permet de décrire les effets connus de la quantité d'herbe offerte et de la biomasse (ou hauteur) sur l'ingestion d'herbe, quelle que soit la hauteur de mesure de la biomasse et de la quantité offerte (0 à 5 cm). En pâturage continu, l'ingestion d'herbe s'accroît de façon asymptotique avec la hauteur de l'herbe, seul critère prédictif de la disponibilité en herbe. Quel que soit le système de pâturage, tournant ou continu, l'ingestion d'herbe diminue lorsque le temps d'accès journalier à la parcelle est restreint. Lorsque le temps d'accès est supérieur à 10-12 h/jour, cette diminution est faible et indépendante de la hauteur d'herbe. Lorsque le temps d'accès est inférieur à 8-10 h/jour, cette diminution est forte et d'autant plus forte que l'herbe est basse, en raison d'une limitation de la vitesse d'ingestion d'herbe.

Dans les calculs, la valeur d'encombrement de l'herbe est divisée par ces coefficients de disponibilité en herbe et en temps, exprimés en proportion de l'ingestion volontaire d'herbe. Lorsque la disponibilité en herbe est pléthorique, l'ingestion au pâturage peut dépasser l'ingestion volontaire à l'auge en raison de la sélection

d'une herbe moins encombrante que celle récoltée pour alimenter les vaches à l'auge (asymptote > 1, figure 2.3a et b). Lorsque les vaches au pâturage sont complémentées, le taux de substitution du concentré est estimé initialement sans tenir compte des conditions de pâturage. Dans une seconde phase de calculs itératifs, ce taux de substitution est modulé en intégrant la disponibilité en herbe. La prise en compte d'un facteur « conditions de pâturage » dans les calculs conduit également à estimer un taux de substitution variable entre l'herbe pâturée et un fourrage complémentaire ingéré.

Les besoins

Les besoins nutritionnels d'une vache laitière sont fonction de l'ensemble de ses dépenses d'entretien, de croissance, de production et de gestation. Le tableau 2.4 indique les besoins en énergie (UFL), en protéines (PDI) et en minéraux absorbables (Ca_{abs} et P_{abs}) correspondant à ces différentes dépenses.

Besoins énergétiques

Le besoin d'entretien journalier ($BesUFL_{Ent}$) augmente avec le poids métabolique à raison de + 0,041 UFL/kg $PV^{0,75}$, soit une augmentation marginale d'environ + 0,006 UFL/kg PV. Ce besoin doit être augmenté de 10 % en stabulation libre avec aire d'exercice et de 20 % au pâturage (indice d'activité : I_{act}), avec $I_{act} = 1$ en stabulation entravée, 1,1 en stabulation libre et 1,2 au pâturage.

$$BesUFL_{Ent} = 0,041 \times PV^{0,75} \times I_{act} \quad (2.7)$$

Chez les primipares et plus généralement chez les vaches dont l'âge ($\hat{A}ge$, en mois) est inférieur à 40, le besoin énergétique de croissance ($BesUFL_C$) est à ajouter au besoin d'entretien.

$$BesUFL_C = 3,25 - (0,08 \times \hat{A}ge) \quad (2.8)$$

Les besoins énergétiques liés à la production de lait observée sont fonction des quantités d'énergie exportées dans le lait. Le taux de lactose variant peu, la valeur énergétique d'un kg de lait dépend essentiellement du taux butyreux (TB en g/kg de lait) et du taux protéique du lait (TP en g/kg de lait). Les besoins en énergie nette liés à la production de lait journalière ($BesUFL_{PL}$) sont donnés par la formule 2.9 :

$$BesUFL_{PL} = PL \times [0,44 + (0,0055 \times (TB - 40)) + (0,0033 \times (TP - 31))] \quad (2.9)$$

Les variations du TB et du TP au cours de la lactation peuvent être estimées à partir des taux moyens sur toute la lactation (TB_{moy} et TP_{moy}) et de la semaine de lactation ($SemL$) selon les équations suivantes :

$$TB = TB_{moy} \times [0,87 + (0,52 \times e^{(-0,62 \times SemL)}) + (0,005 \times SemL)] \quad (2.10)$$

$$TP = TP_{moy} \times [0,88 + (1,18 \times e^{(-1,24 \times SemL)}) + (0,005 \times SemL)] \quad (2.11)$$

En pratique, compte tenu de la relation positive étroite entre TB et TP, la valeur moyenne de 0,44 UFL par kg de lait à 4 % de matière grasse ($PL_{4\%}$) peut être retenue, sauf en cas d'utilisation de rations induisant de faibles TB. La $PL_{4\%}$ et les besoins énergétiques correspondants ($BesUFL_{PL_{4\%}}$) sont calculés à partir de la production de lait brute observée (PL) et du taux butyreux du lait (TB, g/kg) suivant les équations :

$$PL_{4\%} = PL \times [0,4 + (0,015 \times TB)] \quad (2.12)$$

$$BesUFL_{PL} = 0,44 \times PL_{4\%} \quad (2.13)$$

Les besoins de gestation (BesUFL_G) peuvent être calculés à partir de la semaine de gestation (SemG) et du poids prévisible du veau à la naissance (PV_{nais}) en utilisant l'équation suivante ou le tableau 2.4. Ils sont surtout importants au cours des 3 derniers mois de gestation.

$$\text{BesUFL}_G = 0,00072 \times \text{PV}_{\text{nais}} \times e^{0,116 \times \text{SemG}}. \quad (2.14)$$

Les besoins énergétiques totaux journaliers (BesUFL en UFL/j) d'une vache laitière peuvent donc être calculés en additionnant les besoins d'entretien, de croissance, de production et de gestation à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{BesUFL} = \text{BesUFL}_{\text{Ent}} + \text{BesUFL}_G + \text{BesUFL}_{\text{PL}} + \text{BesUFL}_G. \quad (2.15)$$

Besoins protéiques

Le besoin d'entretien journalier (BesPDI_{Ent}) augmente avec le poids vif de la vache à raison de 3,25 g PDI/kg PV^{0,75}, soit une augmentation marginale d'environ 0,5 g PDI/kg PV et n'est pas modulé par l'activité.

$$\text{BesPDI}_{\text{Ent}} = 3,25 \times \text{PV}^{0,75}. \quad (2.16)$$

Chez les primipares et plus généralement chez les vaches dont l'âge (Âge, en mois) est inférieur à 40, le besoin protéique de croissance (BesPDI_C) est à ajouter au besoin d'entretien.

$$\text{BesPDI}_C = 422 - (10,4 \times \hat{\text{Age}}). \quad (2.17)$$

Les besoins protéiques liés à la production de lait (BesPDI_{PL}) sont calculés à partir des protéines secrétées dans le lait. Le rendement de conversion des protéines métabolisables en protéines secrétées dans le lait est estimé à 64 %. De ce fait, le besoin en protéines d'un kilo de lait standard à 31 g de protéines est égal à environ 48 g PDI/kg lait.

$$\text{BesPDI}_{\text{PL}} = \frac{\text{PL} \times \text{TP}}{0,64}. \quad (2.18)$$

Les besoins de gestation (BesPDI_G) sont faibles, mais augmentent rapidement au cours des trois derniers mois, passant en moyenne de 45 à 230 g PDI/j. La vache ne produisant alors que peu de lait ou étant tarie, les besoins protéiques de fin de gestation sont généralement très facilement couverts par la ration.

$$\text{BesPDI}_G = 0,07 \times \text{PV}_{\text{nais}} \times e^{0,111 \times \text{SemG}}. \quad (2.19)$$

Les besoins protéiques totaux journaliers (BesPDI en g/j) d'une vache laitière peuvent donc être calculés en additionnant les besoins d'entretien, de croissance, de production et de gestation à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{BesPDI} = \text{BesPDI}_{\text{Ent}} + \text{BesPDI}_C + \text{BesPDI}_{\text{PL}} + \text{BesPDI}_G. \quad (2.20)$$

Les vaches laitières ont des besoins en protéines très élevés liés à une exportation importante de protéines dans le lait, ce qui les rend également sensibles à l'équilibre des acides aminés absorbés à l'issue de la digestion des protéines. Le système des acides aminés digestibles AA_{di} permet de raisonner cet équilibre. Pour les vaches laitières, les deux acides aminés essentiels les plus fréquemment identifiés comme limitant la synthèse de protéines sont la méthionine et la lysine. Les besoins et les apports en AA_{di} sont exprimés en pourcentage des PDIE dans la

ration. Les besoins sont respectivement de 2,5 et 7,3 % des PDIE pour la méthionine et la lysine. Le tableau 2.5 permet d'estimer les variations de taux protéique attendues en fonction des teneurs en LysDi et MetDi de la ration et fournit un exemple de calcul. Pour les autres acides aminés indispensables, les besoins ne sont pas ou mal connus. Le besoin en leucine (LeuDi) se situerait vers 8,9 % des PDIE, celui en histidine (HisDi) entre 3,0 et 3,5 % des PDIE. Il ne semble pas y avoir de risque de carence pour la phénylalanine (PheDi) et la thréonine (ThrDi). Les recommandations pour les autres acides aminés ne sont pas établies.

Besoins minéraux (Ca, P)

Les besoins journaliers en calcium et phosphore sont exprimés en quantités absorbables Ca_{abs} et P_{abs} en g/j (cf. chapitre 1). Le besoin d'entretien est fonction du poids vif des vaches, mais surtout des quantités ingérées totales (QI, en kg MS/j). Le besoin de production est directement fonction de l'exportation de Ca et de P dans le lait et le besoin de gestation est calculé à partir de la semaine de gestation (SemG).

$$BesCa_{abs} = (0,663 \times QI) + (0,008 \times PV) + (1,25 \times PL) + \frac{23,5}{1 + e^{(18,8 - 5,03 \times \text{Log}(\text{SemG}))}} \quad (2.21)$$

$$BesP_{abs} = (0,83 \times QI) + (0,002 \times PV) + (0,9 \times PL) + \frac{7,38}{1 + e^{(19,1 - 5,46 \times \text{Log}(\text{SemG}))}} \quad (2.22)$$

Les apports

Les apports nutritionnels (UFL, PDI, Ca_{abs} , P_{abs}) correspondent à la somme des valeurs nutritives de chaque aliment de la ration pondérées de leur quantité ingérée. Cependant, chez les vaches laitières, les apports énergétiques fournis par chaque aliment ne sont pas totalement additifs du fait des interactions digestives.

Interactions digestives

Les interactions digestives énergétiques sont liées au niveau d'ingestion généralement élevé des vaches laitières et au pourcentage (C%) parfois élevé d'aliments concentrés dans la ration. Ces deux facteurs ont tendance à réduire la digestibilité des rations, en particulier de la cellulose, par rapport au cas des moutons « standard » utilisés pour estimer la digestibilité des aliments. Il est donc nécessaire de calculer un terme correctif (E) pour ces interactions digestives qu'il faudra soustraire de la somme des apports énergétiques des aliments ingérés (UFL_i) pour connaître les apports d'énergie réellement disponibles pour la vache. Cette correction est généralement comprise entre 0 et 2 UFL/jour.

$$E = (0,00063 \times C\%^2) - (0,017 \times UFL_i) + (0,002 \times UFL_i^2) \quad (2.23)$$

avec C% = pourcentage d'aliments concentrés dans la MS totale consommée. Si la ration comporte plus de 50 % d'aliment concentré, il faut utiliser C% = 50 pour calculer la correction. Pour les rations à forte proportion d'aliments concentrés, les risques de troubles digestifs et métaboliques sont accrus et ne permettent plus d'utiliser les équations des systèmes d'alimentation sans un risque d'erreur supplémentaire.

Le tableau 2.6 donne les valeurs moyennes de la correction énergétique E selon les caractéristiques des vaches et des fourrages.

Mobilisation en début de lactation

Après le vêlage, les vaches laitières mobilisent une partie de leurs tissus corporels afin de faciliter la mise en place rapide de la lactation. Cette mobilisation est intrinsèque au statut physiologique du début de la lactation. Elle concerne surtout le tissu adipeux qui remet en circulation une bonne partie des lipides accumulés en fin de gestation, et ceci d'autant plus que les quantités mises en réserve sont importantes, que la vache est en tout début de lactation et que le potentiel de production est élevé. Cette mobilisation potentielle des réserves (MPR), exprimée positivement en UFL par jour, est calculée à partir de la production maximale potentielle de lait (PL_{MaxPot}), de la note d'état corporel au vêlage (NEC_{vel}) et de la semaine de lactation (SemL) suivant la formule :

$$MPR = -1 + \left[1,33 \times (a + (0,47 \times PL_{MaxPot}) + (1,89 \times NEC_{vel})) \times (e^{-0,25 \times SemL} - e^{-SemL}) \right] \quad (2.24)$$

avec $a = -9,5$ pour une primipare et $-13,2$ pour une multipare.

Si la valeur obtenue est négative, il faut utiliser $MPR = 0$.

En pratique, lors du calcul d'une ration, cette quantité d'énergie mobilisée en début de lactation est à prendre en compte dans les apports énergétiques au même titre que les apports énergétiques de la ration. Cette MPR doit également être ajoutée aux apports énergétiques de la ration dans le calcul du R% (cf. équation 2.6). La prise en compte de la MPR dans le modèle du taux de substitution (cf. équation 2.5) permet de bien décrire les taux de substitution observés en début de lactation et d'utiliser le même modèle de Sg que durant le reste de la lactation.

De la même façon, une légère mobilisation protéique a lieu en début de lactation, qui peut constituer une source d'acides aminés. Cette mobilisation est estimée à 40 g de PDI par UFL mobilisée (MPR). Comme pour l'énergie, cette mobilisation constitue un apport de PDI à ajouter aux apports PDI de la ration en début de lactation.

Les stratégies d'alimentation des vaches laitières

Généralités sur le rationnement

Dans une optique de calculs simplifiés de ration, un certain nombre de tableaux et d'équations sont proposés dans ce chapitre. Ces éléments ne fournissent cependant que des valeurs approchées dans le cadre de rations calculées pour couvrir les besoins énergétiques de vaches en pleine lactation. Ils n'ont d'autre but que de permettre d'obtenir rapidement une approximation des quantités de concentrés à apporter sans recourir à la méthode de calcul complète. La composition de ces concentrés, qui visent à satisfaire les besoins en PDI et en minéraux, reste à déterminer en utilisant les méthodes décrites au chapitre 1.

La constitution des régimes des vaches laitières est essentiellement conditionnée par la nature des fourrages disponibles au sein d'une exploitation et les choix de complémentation en aliments concentrés (nature et niveau d'apport). Les aliments concentrés étant généralement plus coûteux que les fourrages, ils

sont le plus souvent utilisés pour permettre aux animaux ayant les plus forts besoins de combler tout ou partie de la différence entre les apports permis par l'ingestion de fourrages et leurs besoins. Au sein d'un troupeau ou d'un lot d'alimentation, toutes les vaches laitières n'ont pas les mêmes besoins au même moment. Cette hétérogénéité des besoins intra-lot est plus ou moins forte suivant les conduites d'élevage.

Les besoins en énergie et la capacité d'ingestion n'évoluent pas de façon proportionnelle lorsque le potentiel de production laitière augmente. Ainsi, la densité énergétique de la ration nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques d'une vache laitière augmente de 0,86 à 1,29 UFL/UFL lorsque la production potentielle augmente de 20 à 50 kg de lait. Des régimes d'excellente qualité sont donc nécessaires pour permettre des productions élevées. Par contre, le rapport entre les besoins protéiques et énergétiques varie assez peu avec le potentiel de production, passant de 97 à 103 g de PDIE/UFL entre 20 et 50 kg de lait. Ainsi, une ration équilibrée pour vache laitière doit présenter un rapport PDIE/UFL proche de 100 g. Seules les vaches en début de lactation en bon état corporel au vêlage, qui peuvent mobiliser leurs réserves énergétiques en quantité plus importante que leurs « protéines endogènes », pourraient recevoir une ration avec un rapport PDIE/UFL plus élevé (115 g PDIE/UFL).

Il est difficile de calculer la valeur d'encombrement du concentré qui dépend de l'ensemble des caractéristiques de la ration et de l'animal. Lorsque l'on cherche à équilibrer une ration par rapport à un objectif de production, on peut utiliser une formule simplifiée de Sg à l'équilibre (Sg_E) qui évite tout calcul itératif :

$$Sg_E = d \times PL_{Pot}^{-0,62} \times e^{1,32 \times DEF} \quad (2.25)$$

avec $d = 0,96$ pour une primipare et $d = 1,10$ pour une multipare, DEF correspondant à la densité énergétique moyenne des fourrages de la ration (UFL_F/UEL_F).

Le tableau 2.7 regroupe les valeurs de Sg_E selon les valeurs moyennes des fourrages (UEL_F et UFL_F) et en fonction des caractéristiques des vaches.

Cas du début de lactation

En début de lactation, les flux métaboliques sont profondément modifiés pour faciliter le fonctionnement de la mamelle et la synthèse de lait pour nourrir le jeune. Les tissus de réserves sont fortement sollicités pour permettre une mise à disposition de quantités importantes d'énergie. Les objectifs de rationnement doivent intégrer cette fourniture d'énergie qui décroît progressivement avec l'avancée de la lactation.

Cette mobilisation cumulée peut représenter de 100 à plus de 300 UFL au cours des trois premiers mois de lactation. Pour calculer une ration de vache en début de lactation, il faut donc considérer que cette énergie apportée par les réserves n'est pas à fournir par la ration. Il serait d'ailleurs difficile de couvrir la totalité de ces besoins énergétiques par la ration, même en augmentant la concentration énergétique du régime, car les phénomènes de substitution deviennent vite importants. Le calcul de la MPR (équation 2.24) ou le tableau 2.8 permettent d'obtenir un équivalent énergétique (en UFL) de la mobilisation attendue pour une vache en fonction de son potentiel de production et de sa note d'état au vêlage. On peut donc rationner les vaches en début de lactation en retranchant des besoins énergétiques totaux cet apport d'énergie fourni par les réserves. La suite des calculs pourra alors se faire comme pour une vache en milieu de lactation. En pratique,

il faut le plus souvent augmenter progressivement l'apport d'aliments concentrés après le vêlage (2 kg/semaine).

La mobilisation de protéines en début de lactation est un phénomène d'importance moindre que celle d'énergie. On peut estimer que la quantité cumulée de protéines corporelles mobilisables représente environ 10 kg PDI pour une vache laitière au cours des deux premiers mois de lactation.

Réponse marginale de production aux apports énergétiques et protéiques

Quelles que soient les stratégies de rationnement utilisées, il existe de nombreuses situations subies ou choisies pour lesquelles les apports d'aliments, notamment concentrés, ne permettent pas de couvrir les besoins nutritionnels liés à la production de lait potentielle. Les vaches vont établir un équilibre en faisant varier la consommation de fourrage et la mobilisation de leurs réserves corporelles, mais également la production de lait. Le tableau 2.9 illustre cette réponse marginale à des variations d'apport d'aliments concentrés énergétiques par rapport à ceux nécessaires pour couvrir la production de lait potentielle. On peut estimer plus précisément les variations de consommation de fourrages pour une quantité de matière sèche d'aliments concentrés (QI_C) réellement ingérée en utilisant le taux de substitution Sg à l'aide de la formule suivante :

$$Sg = -0,43 + (1,82 \times Sg_E) + (0,035 \times QI_C) - (0,00053 \times PL_{Pot} \times QI_C) \quad (2.26)$$

où Sg_E est le taux de substitution à l'équilibre, correspondant à la situation de couverture des besoins (équation 2.25).

Lorsque le rapport PDIE/UFL augmente, l'ingestion, la production et la composition du lait s'en trouvent améliorés suivant une loi des rendements décroissants. Le tableau 2.10 permet d'estimer ces réponses.

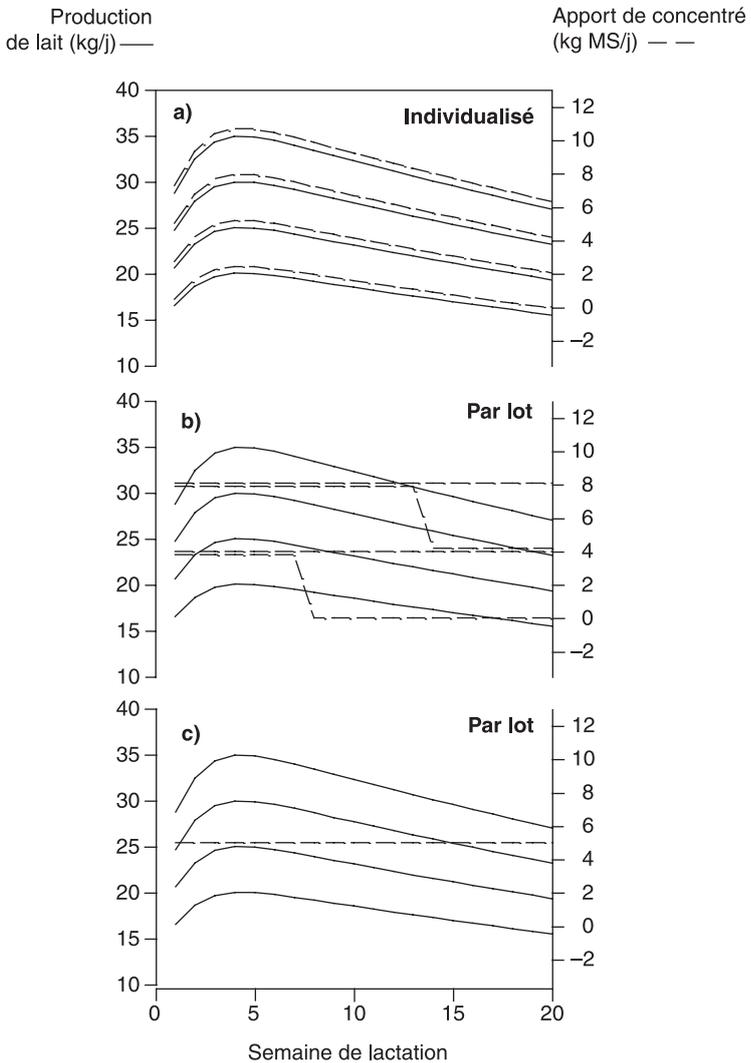
Pour trouver un compromis entre des besoins individuels très différents entre les vaches d'un troupeau et le souci de simplifier l'alimentation des animaux conduits en lots ou en troupeaux tout en optimisant l'utilisation des aliments concentrés, différentes stratégies sont envisageables.

Stratégies d'apports des aliments concentrés au sein du troupeau

Apports d'aliments concentrés en quantité fixe

L'apport d'aliments concentrés en quantité fixe permet de bien maîtriser les quantités distribuées. Cette distribution peut s'effectuer de deux manières, individualisée ou par lot. La distribution individualisée peut avoir lieu pendant la traite ou en stabulation, soit par un ajout manuel sur la ration en stabulation entravée, soit à l'aide d'un distributeur automatique d'aliments concentrés en stabulation libre. La distribution par lot est souvent réalisée lorsque les vaches sont bloquées aux cornadis.

La figure 2.4 illustre les différentes stratégies d'apport d'aliments concentrés pour des vaches de différents potentiels de production au cours de leur lactation. La consommation de concentrés est indiquée en kg MS.



Note : dans l'ensemble choisi, la quantité totale de concentrés distribuée au troupeau est identique dans les trois stratégies.

Figure 2.4. Différentes stratégies d'apport d'aliments concentrés en fonction du stade et du potentiel des vaches.

- a) Chaque vache reçoit une quantité d'aliment concentré adaptée à son potentiel de production. Cette quantité peut être modifiée très régulièrement en fonction du stade de lactation.
- b) Les vaches sont regroupées en plusieurs lots correspondant à plusieurs quantités de concentrés (0, 4 et 8 kg/j sur la figure). Dans chaque lot, toutes les vaches reçoivent la même quantité de concentré. Afin d'ajuster les apports, les vaches changent de lot en fonction de leur stade de lactation et de leur potentiel de production.
- c) Les vaches sont regroupées en un seul lot et reçoivent donc toutes la même quantité de concentrés (5 kg/j sur la figure) sans ajustement en fonction du stade de lactation.

APPORTS INDIVIDUALISÉS

Une première stratégie consiste à ajuster l'apport d'aliments concentrés aux besoins individuels, en prenant en compte le potentiel et le stade de lactation de chaque vache. Cette stratégie permet globalement d'assurer une bonne valorisation du concentré et de satisfaire les besoins de chaque vache. La méthode générique décrite au chapitre 1 permet de calculer les rations correspondant à cette stratégie d'alimentation.

Le tableau 2.11 et les équations ci-après permettent un calcul rapide de la quantité totale de concentrés (QI_C en kg MS) à apporter pour équilibrer une ration par rapport aux besoins d'un lot de vaches en pleine lactation, en utilisant la densité énergétique du fourrage (DEF) et la production laitière potentielle (PL_{Pot}).

Pour une vache primipare :

$$QI_C = 9,4 + (0,39 \times PL_{Pot}) - (20,1 \times DEF) + (0,16 \times PL_{Pot} \times DEF). \quad (2.27)$$

Pour une vache multipare :

$$QI_C = 10,2 + (0,42 \times PL_{Pot}) - (24,3 \times DEF) + (0,11 \times PL_{Pot} \times DEF). \quad (2.28)$$

De même, les besoins en Ca et P peuvent être estimés par les équations simplifiées suivantes.

Pour les vaches en lactation :

$$BesCa_{abs} = 2,2 + (1,45 \times PL_{Pot}) + (0,016 \times PV). \quad (2.29)$$

$$BesP_{abs} = 2,7 + (1,16 \times PL_{Pot}) + (0,012 \times PV). \quad (2.30)$$

Pour les vaches tarées :

$$BesCa_{abs} = -4,2 + (2,67 \times UFL_i) \quad (2.31)$$

$$BesP_{abs} = 10,2 + (0,80 \times UFL_i). \quad (2.32)$$

Cet apport individualisé des aliments concentrés nécessite un ajustement fréquent des quantités, ce qui crée un travail important et/ou oblige l'éleveur à s'équiper d'un distributeur automatique de concentrés. Cette stratégie induit souvent des persurances de production laitière un peu moins bonnes que d'autres stratégies. Elle conduit également à des quantités très (et parfois trop) importantes de concentrés en début de lactation. Il convient dans ces situations de fractionner les apports au cours de la journée. Des stratégies simplifiées peuvent être proposées alternativement à cet ajustement précis de l'aliment concentré.

APPORTS EN LOTS

Il s'agit de regrouper les vaches ayant des productions voisines en lots homogènes au sein desquels toutes les vaches recevront la même quantité de concentrés. Cette forme simplifiée est utilisée le plus souvent dans les grands troupeaux. Lorsque les vaches changent de lot au cours de leur lactation, la production de lait chute rapidement mais cette chute est compensée par une bonne persistance ultérieure.

APPORTS CONSTANTS

Il est possible d'apporter à toutes les vaches une seule et même dose d'aliments concentrés quel que soit leur stade de lactation. Cette dernière stratégie a le mérite d'être très simple et assez efficace avec des troupeaux ayant des vèlages

groupés ou constitués de lots de niveau de production homogène. Elle est d'autant plus pertinente que les apports de la ration ne couvrent pas les besoins liés à la production potentielle car les réponses au concentré sont alors élevées pour toutes les vaches. Cette situation est souvent rencontrée dans des systèmes assez extensifs et également au pâturage.

Apports d'aliments concentrés en proportion de la ration globale : la ration complète

L'utilisation de rations complètes s'est développée avec la distribution mécanisée des rations et le souhait d'éviter des ajustements trop fréquents des apports d'aliments concentrés. Ces rations complètes sont constituées d'un mélange prédéterminé de différents ingrédients qui permet d'alimenter au mieux le lot ou le troupeau, sachant que ce type de rationnement ne permet pas d'individualiser les rations. En pratique, l'utilisation d'indicateurs (généralement des teneurs) est donc particulièrement utile pour raisonner les proportions des différents ingrédients de la ration. Ces principaux critères concernent les teneurs en aliments concentrés, en PDI, en minéraux absorbables (P_{abs} et C_{abs}).

Pour une ration complète, il est possible d'estimer le pourcentage d'aliments concentrés (C%, en % de la MS totale ingérée) nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques correspondant à la production laitière potentielle moyenne d'un lot de vaches à partir d'un mélange de fourrages connus en utilisant le tableau 2.12 ou les équations approchées suivantes :

– pour les primipares

$$C\% = \frac{9,4 + (0,39 \times PL_{Pot}) - (20,1 \times DEF) + (0,16 \times PL_{Pot} \times DEF)}{14,7 + (0,49 \times PL_{Pot}) - (10,4 \times UFL_F)} \quad (2.33)$$

– pour les multipares

$$C\% = \frac{10,2 + (0,42 \times PL_{Pot}) - (24,3 \times DEF) + (0,11 \times PL_{Pot} \times DEF)}{18,5 + (0,48 \times PL_{Pot}) - (13,2 \times UFL_F)} \quad (2.34)$$

Comme indiqué précédemment, la teneur optimale en protéines se situe autour de 100 g PDIE et PDIN par UFL, sauf avec un lot de vaches très groupé en début de lactation pour lequel il est possible d'utiliser des teneurs plus élevées (115 g PDI/UFL) si les vaches sont en bon état corporel pour bien extérioriser le pic de production des vaches fortes productrices.

Les teneurs en Ca et P absorbables de la ration complète (en g/kg MS) peuvent être estimées à partir des équations suivantes :

$$Ca_{abs}(g/kgMS) = \frac{9,5 + (1,55 \times PL_{Pot})}{18,5 + (0,48 \times PL_{Pot}) - (13,2 \times UFL_F)} \quad (2.35)$$

$$P_{abs}(g/kgMS) = \frac{6,5 + (1,3 \times PL_{Pot})}{18,5 + (0,48 \times PL_{Pot}) - (13,2 \times UFL_F)} \quad (2.36)$$

Avec les rations complètes, l'ingestion d'aliment concentré se fait tout au long de la journée, ce qui évite les variations trop brutales des fermentations dans le rumen. Lorsque le fourrage est peu appétible, les vaches peuvent consommer

plus volontiers le fourrage en mélange avec l'aliment concentré que lorsqu'il est distribué séparément de l'aliment concentré, mais cet effet est très difficile à prévoir et à quantifier. L'utilisation de remorques mélangeuses permet également de constituer des rations plus complexes, parfois mieux équilibrées et valorisant des produits moins coûteux.

Ces rations complètes, calculées sur un objectif de production moyen du troupeau, ont tendance à suralimenter les vaches les plus faibles productrices et à sous-alimenter les plus fortes productrices. Ceci conduit en général à des courbes de lactation plus plates qu'avec un rationnement individualisé du concentré. Pour les éleveurs qui souhaitent maximiser la production par vache, la tendance est alors d'apporter une ration un peu plus riche que celle correspondant à la moyenne des performances du lot. Cette stratégie qui permet de bien exprimer le potentiel des vaches fortes productrices conduit cependant à moins bien valoriser globalement le concentré en raison d'une suralimentation possible des plus faibles productrices du lot.

La ration semi-complète : un compromis

Pour éviter une partie des inconvénients de la ration complète, il est possible d'apporter des quantités fixes d'aliments concentrés de façon ciblée aux vaches les plus fortes productrices en supplément de la ration complète. Cela permet de mieux valoriser l'aliment concentré pour les vaches faibles productrices en réduisant la valeur nutritive de la ration complète et de mieux couvrir les besoins spécifiques des vaches en début de lactation, en énergie ou même en protéines. Cette pratique oblige à revenir à une distribution individualisée pour quelques vaches du troupeau, ce qui peut poser des problèmes d'organisation ou de travail.

Il existe donc de nombreuses stratégies d'alimentation avec des aliments conservés qui peuvent chacune se justifier en fonction des objectifs et des contraintes du système d'élevage. Les outils de rationnement permettent non seulement d'alimenter les vaches laitières suivant leurs besoins, mais également de constituer des rations équilibrées avec des objectifs de production qui peuvent être différents de la seule production potentielle des animaux.

Stratégies d'alimentation des vaches au pâturage

Quand la surface en herbe accessible est suffisante et que les conditions pédo-climatiques le permettent, les vaches laitières peuvent pâturer jusqu'à 10 mois par an, ce qui permet de réduire fortement les coûts de production. D'un point de vue général, les trois points suivants doivent être considérés :

- à même chargement global, il existe peu d'écart de performances animales entre les systèmes de pâturage continu, tournant ou rationné. Le pâturage tournant et, *a fortiori*, le pâturage tournant simplifié, avec 8-10 jours par parcelle, se distinguent cependant des pâturages continu et rationné par des variations cycliques de l'ingestion et des performances pouvant atteindre 20 % ;

- en pâturage tournant, l'alimentation des vaches laitières doit se raisonner à la fois à l'animal et à l'hectare. En effet, les conditions de pâturage définies par l'éleveur déterminent l'équilibre entre performances individuelles et valorisation de l'herbe à l'hectare, qui sont deux objectifs à atteindre simultanément bien que partiellement antagonistes (figure 2.5). Maximiser l'ingestion d'herbe par vache en offrant une grande quantité d'herbe limite fortement la quantité d'herbe prélevée par hectare et le nombre de journées de pâturage. Favoriser une bonne

valorisation par hectare par un chargement élevé au détriment des performances individuelles maximise *a priori* l'efficacité économique, parce que le gain de productivité par hectare est beaucoup plus important que la perte de productivité par animal. Un chargement très fort augmente cependant le risque de pénurie fourragère, notamment les années de faible croissance d'herbe ;

– le rapport PDIE/UFL de l'herbe pâturée est pratiquement toujours supérieur ou égal à 100, même pour des âges de repousse élevées, et surtout si les prairies comportent des légumineuses, ce qui permet de couvrir les besoins protéiques des vaches en lactation. En stratégie économe, avec une complémentation minérale adaptée, il est donc possible de nourrir les vaches à l'herbe seule durant une grande partie de la saison de pâturage. La complémentation en concentré aura alors pour principal objectif d'accroître la densité énergétique de la ration afin d'augmenter les performances par vache. L'apport de fourrages complémentaires au pâturage se justifie pleinement dans les périodes de transition alimentaire ou dans les périodes de manque d'herbe (hiver, automne, été), mais peu dans les périodes de pleine croissance d'herbe.

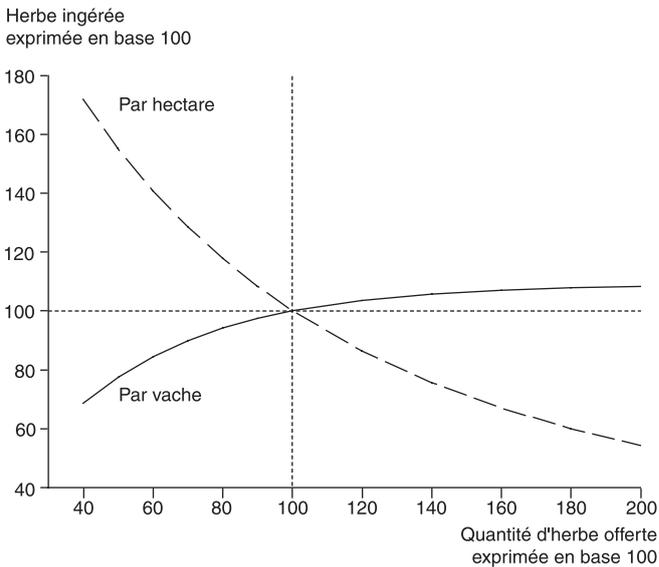


Figure 2.5. Relation entre la quantité d'herbe ingérée, par vache et par hectare, et la quantité d'herbe offerte, exprimées en pourcentage des valeurs observées, lorsque la quantité d'herbe offerte permet exactement aux vaches de couvrir leur capacité d'ingestion.

Les concepts et les équations présentés dans ce chapitre s'appliquent aux systèmes de pâturage cherchant à valoriser au mieux la ressource fourragère disponible. Les méthodes de rationnement proposées ci-après pour le pâturage permettent, selon les objectifs, de :

- quantifier l'ingestion d'herbe et les apports nutritifs quelles que soient les conditions de pâturage et la stratégie de complémentation en fourrage et/ou en concentré ;
- calculer l'apport de concentré permettant de satisfaire les besoins des vaches laitières quelles que soient les conditions de pâturage (voir l'exemple détaillé en fin de chapitre).

Alimentation des vaches en pâturage tournant

Gérer l'alimentation des vaches laitières au pâturage à partir de la quantité d'herbe offerte est peu réaliste en raison des difficultés à la mesurer. En pratique, la gestion du pâturage se réalise plutôt sur des repères de hauteur d'herbe, à l'entrée des animaux sur la parcelle (HE, en cm), et à la sortie des animaux en fin de parcelle (HS, en cm). Cette hauteur d'herbe se mesure généralement en France à l'aide d'un herbomètre à plateau (30 × 30 cm ; 4,5 kg/m²). En entrée de parcelle, l'herbomètre permet aussi d'estimer grossièrement la biomasse présente, en considérant une densité moyenne D_H estimée au-dessus de 4-5 cm de l'ordre de 200 à 250 kg MS/ha par cm, et une densité moyenne de l'ordre de 500 kg MS/ha par cm en dessous de 4-5 cm. Pour estimer la hauteur d'herbe moyenne de la parcelle (HE_C), la hauteur d'herbe mesurée en entrée de parcelle doit être corrigée de la croissance de l'herbe (Crois_H, kg MS/ha par jour, référence régionale) pendant le temps de séjour (T_{Sej}, en jours) au moyen de l'équation 2.37. Cette correction est négligeable en pâturage rationné et pour des temps de séjour inférieurs à trois jours, mais peut représenter jusqu'à 2 cm lorsque la croissance est élevée (100 kg MS/ha par jour) et que le temps de séjour est long (10 jours).

$$HE_C = HE + \left(0,5 \times T_{Sej} \times \frac{Crois_H}{D_H} \right). \quad (2.37)$$

CONSOMMATION D'HERBE SEULE

La quantité d'herbe ingérée par une vache laitière non complémentée peut être estimée avant l'entrée dans la parcelle en fonction de la hauteur HE_C et de la surface offerte par vache et par jour, calculée à partir de la surface de la parcelle (S_{Parc}), du nombre de vaches dans le troupeau (NB_{VL}) et du temps de séjour prévu, à l'aide du tableau 2.13. Le rapport HS/HE_C étant un bon indicateur de la quantité d'herbe offerte, la quantité d'herbe ingérée par une vache laitière non complémentée (QI_H) peut également être estimée à partir de la hauteur d'herbe en entrée HE_C et de la hauteur objectif en sortie de parcelle HS, en fixant initialement le temps de séjour sur la parcelle pour calculer HE_C à l'aide du tableau 2.14 ou de l'équation suivante :

$$QI_H = \left(38,78 - (16,83 \times UEL_H) + \frac{39,7}{HS^2} + \frac{631}{HE_C^2} - \frac{2,1 \times HE_C}{HS} - \frac{459}{HE_C \times HS} \right) \times \frac{CI}{17} \quad (2.38)$$

avec 8 cm < HE_C < 20 cm, HS > 3 cm et 0,3 < HS/HE_C < 0,6.

Plus la proportion de hauteur consommée est importante, plus l'ingestion d'herbe par vache diminue, presque indépendamment de la hauteur en entrée de parcelle. Globalement, l'ingestion est peu limitée tant que les animaux n'ont pas défolié plus de 50 % de HE_C et diminue fortement quand ils ont défolié plus de 60 % de HE_C. La hauteur en sortie de parcelle doit donc augmenter proportionnellement à la hauteur en entrée de parcelle pour maintenir l'ingestion et les performances. Par exemple, une ingestion proche de 17 kg MS peut être obtenue pour des hauteurs en entrée et en sortie de parcelle de 10,0 et 5,0 cm, 14,0 et 6,5 cm, ou bien 18,0 et 8,0 cm, respectivement.

COMPLÉMENTATION À BASE DE CONCENTRÉS (SANS APPORT DE FOURRAGE COMPLÉMENTAIRE)

La quantité d'herbe ingérée par les vaches recevant des concentrés ($Q_{I_{HC}}$ en kg MS) diminue lorsque la quantité de concentré ingéré (Q_{I_C} en kg MS) et le taux de substitution herbe/concentré (Sg_{HC}) augmentent, selon l'équation suivante :

$$Q_{I_{HC}} = Q_{I_H} - (Sg_{HC} \times Q_{I_C}) \quad (2.39)$$

Comme à l'auge, Sg_{HC} augmente avec le degré de couverture des besoins énergétiques des animaux, donc avec la quantité d'herbe ingérée permise par les conditions de pâturage en l'absence de complémentation (Q_{I_H} , calculé précédemment). Le taux de substitution herbe/concentré peut être estimé à partir des hauteurs d'herbe en entrée et en sortie de parcelle pour un troupeau en milieu de lactation, à l'aide du tableau 2.15. La valeur approchée de Sg_{HC} correspond à la plus faible des deux valeurs Sg_{HC1} et Sg_{HC2} calculées à l'aide des deux équations suivantes :

$$Sg_{HC1} = 0,8 + (0,01 \times Q_{I_C}) \quad (2.40)$$

$$Sg_{HC2} = 0,11 + (0,02 \times Q_{I_C}) - (1,13 \times DE_H^2) + A \times \left(\frac{Q_{I_H} \times UEL_H}{CI} \right) \quad (2.41)$$

avec $A = (0,0004 \times PL_{Pot}^2) + (2,39 \times DE_H^2) - (0,0452 \times PL_{Pot} \times DE_H)$

et $DE_H = \frac{UFL_H}{UEL_H}$ = densité énergétique de l'herbe pâturée.

En moyenne, le taux de substitution est de l'ordre de 0,2, 0,4 et 0,6 pour des conditions de pâturage sévères, classiques et libérales, respectivement. Il est en moyenne plus faible qu'à l'auge en raison d'un taux de couverture de la CI inférieur à 100 % dans la plupart des cas. Il augmente légèrement avec la quantité de concentré ingéré. L'efficacité zootechnique du concentré, mesurée par l'accroissement de la production laitière par kg MS de concentré ingéré, est d'autant plus élevée que la substitution est faible. Dans une gestion classique du pâturage, l'efficacité du concentré est de l'ordre de 0,8 à 1 kg de lait par kg MS de concentré, et varie peu avec la dose de concentré apportée et le potentiel de production des animaux.

COMPLÉMENTATION À BASE DE FOURRAGES (SANS APPORT DE CONCENTRÉ)

La quantité d'herbe ingérée par les vaches recevant des fourrages complémentaires ($Q_{I_{Hf}}$ en kg MS) diminue lorsque la quantité de fourrage complémentaire ingéré (Q_{I_F} en kg MS) et le taux de substitution herbe/fourrage (Sg_{HF}) augmentent, selon l'équation suivante :

$$Q_{I_{Hf}} = Q_{I_H} - (Sg_{HF} \times Q_{I_F}) \quad (2.42)$$

Le taux de substitution Sg_{HF} est plus élevé que le taux de substitution herbe/concentré en raison de la valeur d'encombrement élevée des fourrages complémentaires. Il augmente avec la disponibilité en herbe et donc avec la quantité d'herbe ingérée permise par les conditions de pâturage en l'absence de complémentation (Q_{I_H} , calculé précédemment). Le taux de substitution herbe/fourrages peut être estimé à partir des hauteurs d'herbe en entrée et en sortie de parcelle, à l'aide du tableau 2.16 ou de l'équation suivante :

$$Sg_{HF} = \left(\frac{QI_H \times UEL_H}{CI} \right) \times \left(2,2 - 1,2 \times \frac{UEL_H}{UEL_F} \right). \quad (2.43)$$

COMPLÉMENTATION À BASE DE FOURRAGES ET DE CONCENTRÉS

Dans les périodes de transition alimentaire notamment, les vaches au pâturage peuvent recevoir à la fois des concentrés et des fourrages complémentaires. Dans ce cas, l'ingestion d'herbe (QI_{Hcf} en kg MS) est calculée à partir de la quantité d'herbe ingérée en présence du fourrage complémentaire (QI_{Hf} calculé précédemment) et du taux de substitution herbe/concentrés (Sg_{HCf}), selon l'équation suivante :

$$QI_{Hcf} = QI_{Hf} - (Sg_{HCf} \times QI_C). \quad (2.44)$$

La valeur de Sg_{HCf} peut être estimée à partir de l'équation suivante :

$$Sg_{HCf} = 0,11 + (0,02 \times QI_C) - (1,13 \times DE_{HF}^2) + A \times \left(\frac{(QI_{Hf} \times UEL_H) + (QI_F \times UEL_F)}{CI} \right) \quad (2.45)$$

avec $A = (0,0004 \times PL_{Pot}^2) + (2,39 \times DE_{HF}^2) - (0,0452 \times PL_{Pot} \times DE_{HF})$

et $DE_{HF} = \frac{(QI_{Hf} \times UEL_H) + (QI_F \times UEL_F)}{(QI_{Hf} \times UEL_H) + (QI_F \times UEL_F)}$ = densité énergétique herbe + fourrage. (2.46)

GESTION DU PÂTURAGE

En pâturage tournant, le temps de séjour (T_{Sej}) nécessaire pour atteindre la hauteur sortie objectif dépend de très nombreux facteurs, notamment du nombre de vaches laitières présentes (Nb_{VL}) et de la quantité de compléments ingérés. Une fois que la quantité d'herbe ingérée par vache est connue à partir des équations précédentes (QI_H , QI_{Hf} ou QI_{Hcf} , notées QI_H ci-dessous), il est possible de calculer T_{Sej} à partir de l'équation 2.47. Si le temps de séjour fixé initialement pour calculer HE_C est très différent de celui calculé par l'équation 2.47, il faut le modifier jusqu'à équilibre par calcul itératif. Le calcul de T_{Sej} permet d'estimer finalement la quantité d'herbe offerte par vache et par jour, ainsi que la quantité d'herbe ingérée par hectare. En pâturage rationné, l'équation 2.47 permet de calculer la surface à offrir (S_{Parc}) par jour en considérant que T_{Sej} est égal à 1.

$$T_{Sej} = \frac{S_{Parc} \times \left[(113 \times HE_C^2) + (263 \times HE_C) - (146 \times HE_C \times HS) - (340 \times HS) \right]}{0,348 \times QI_H \times HE_C \times Nb_{VL}}. \quad (2.47)$$

Ingestion d'herbe en pâturage continu

Pour un troupeau de vaches non complémentées en pâturage continu, l'ingestion d'herbe (QI_H) en fonction de la hauteur de l'herbe peut être estimée à partir du tableau 2.17 ou de l'équation suivante :

$$QI_H = \frac{CI}{UEL_H} \times \left[-1,01 + (0,619 \times HE) - (0,225 \times \text{Log}(1 + e^{(2,55 \times HE - 7,72)})) \right]. \quad (2.48)$$

Une hauteur moyenne constante de 6-7 cm permet de couvrir la capacité d'ingestion des vaches, l'ingestion diminuant fortement pour des hauteurs inférieures à 5 cm. Lorsque les vaches reçoivent des aliments complémentaires (concentrés et/ou fourrages), le taux de substitution herbe/compléments varie selon les mêmes lois qu'en pâturage tournant. Les taux de substitution herbe/concentré (sans apport de fourrage complémentaire) ou herbe/fourrage (sans apport de concentré) sont présentés au tableau 2.17 en fonction de la hauteur de l'herbe. Ils peuvent également être calculés à partir des équations de $S_{g_{HC}}$, $S_{g_{HF}}$ et $S_{g_{HCf}}$ proposées pour le pâturage tournant, avec la même démarche pour couvrir les besoins énergétiques des vaches que celle proposée dans l'exemple détaillé ci-dessous.

Encadré 2.1

Exemple détaillé : rationnement au pâturage

Animal. Vache laitière multipare, 650 kg PV, 32 kg de production laitière potentielle (capacité d'ingestion CI = 19,0 UEL, besoins énergétiques BesUFL = 20,4 UFL).

Prairie pâturée. Prairie permanente de plaine (1,00 UEL et 0,98 UFL/kg MS). Hauteur herbomètre en entrée de parcelle : 12 cm.

Gestion du pâturage. Objectif de hauteur herbomètre en sortie de parcelle : 5 cm.

Fourrage apporté en complément. 3 kg MS ensilage de maïs (0,96 UEL et 0,91 UFL/kg MS).

Concentré disponible. Orge en grain (1,16 UFL/kg MS).

1. Calcul de la quantité d'herbe ingérée sans complémentation (équation 2.38)

$$QI_H = [38,78 - (16,83 \times 1,00) + 39,7/5^2 + 631/12^2 - (2,1 \times 12/5) - 459/(12 \times 5)] \times (19,0/17) = 17,02 \text{ kg MS}$$

2. Calcul de la quantité d'herbe ingérée compte tenu de la quantité ingérée connue de fourrage complémentaire (équations 2.42 et 2.43)

$$S_{g_{HF}} = [(17,02 \times 1,00)/19,0] \times [2,2 - 1,2 \times (1,00/0,96)] = 0,85$$

$$QI_{HF} = QI_H - (S_{g_{HF}} \times QI_F) = 17,02 - (0,85 \times 3) = 14,47 \text{ kg MS.}$$

3. Calcul de la quantité de concentré à apporter pour couvrir les besoins énergétiques

Les apports énergétiques corrigés en l'absence de concentré ($[(QI_H \times UFL_H) + (QI_F \times UFL_F) - E] = 16,4 \text{ UFL}$) sont inférieurs aux besoins énergétiques (20,4 UFL). L'apport de concentré est donc nécessaire pour couvrir la totalité des besoins UFL. E est estimé à partir du tableau 2.6 (0,52 UFL).

Il faut alors résoudre l'équation : besoins UFL = apports UFL corrigés

$$\text{BesUFL} = \text{apports UFL}$$

$$= [(QI_{HF} - (S_{g_{HCf}} \times QI_C)) \times UFL_H] + (QI_F \times UFL_F) + (QI_C \times UFL_C) - E.$$

$$\text{Soit : } QI_C = \text{BesUFL} - (QI_{HF} \times UFL_H) - (QI_F \times UFL_F) + E / UFL_C - (S_{g_{HCf}} \times UFL_H).$$

La valeur de $S_{g_{HCf}}$ (équation 2.45) est calculée en fixant *a priori* une valeur de QI_C légèrement supérieure au déficit énergétique (par exemple $QI_C = 5 \text{ kg MS}$). Elle peut être ajustée ensuite si la valeur de QI_C calculée s'avère très différente de la valeur initiale.

$$DE_{HF} = [(14,47 \times 0,98) + (3,0 \times 0,91)] / [(14,47 \times 1,0) + (3,0 \times 0,96)] = 0,97$$

$$S_{g_{HCf}} = 0,11 + (0,02 \times 5) - (1,13 \times 0,97^2) + [(0,0004 \times 32^2) + (2,39 \times 0,97^2) - (0,0452 \times 32 \times 0,97)] \times [(14,47 \times 1,0) + (3,0 \times 0,96)/19,0] = 0,29$$

$$QI_C = [20,4 - (14,47 \times 0,98) - (3 \times 0,91) + 0,52] / [1,16 - (0,29 \times 0,98)] = 4,6 \text{ kg MS}$$

$$QI_{Hcf} = QI_{Hf} - (Sg_{HCF} \times QI_C) = 14,47 - (0,29 \times 4,6) = 13,1 \text{ kg MS.}$$

Ingestion totale :

$$\text{En kg MS : } QI_{Hcf} + QI_F + QI_C = 20,7 \text{ kg MS.}$$

$$\text{En UEL : } (QI_{Hcf} \times UEL_H) + (QI_F \times UEL_F) + (QI_C \times UEL_H \times Sg_{HCF}) = 16,6 \text{ UEL.}$$

$$\text{En UFL : } (QI_{Hcf} \times UFL_H) + (QI_F \times UFL_F) + (QI_C \times UFL_C) - E = 20,4 \text{ UFL.}$$

Remarque : la capacité d'ingestion des vaches n'est pas couverte en raison d'une disponibilité en herbe limitante pour les vaches (rapport hauteur en sortie de parcelle/hauteur en entrée de parcelle assez faible), mais qui permet une bonne valorisation de l'herbe par hectare.

4. Couverture des besoins azotés

Suivre le calcul proposé dans l'exemple détaillé du chapitre 1.

Tableau 2.1. Production de lait potentielle (kg/j) d'une vache en fonction de la parité, de la production potentielle totale sur 305 jours ou de la production potentielle au pic et du stade de lactation (l'insémination fécondante ayant lieu à 90 jours de lactation).

Primipares	Production de lait potentielle sur 305 jours (kg) (entre parenthèses, le lait au pic en kg/j)							
	4 000 (16)	5 000 (20)	6 000 (24)	7 000 (28)	8 000 (31)	9 000 (35)	10 000 (39)	11 000 (43)
1	11	14	17	19	22	25	28	30
2	13	16	19	23	26	29	32	35
3	14	18	21	25	28	32	35	39
4	15	19	23	26	30	34	38	41
8	16	20	24	28	32	36	39	43
12	15	19	23	27	31	34	38	42
16	15	18	22	26	29	33	37	40
20	14	18	21	25	28	32	35	39
24	14	17	20	24	27	30	34	37
28	13	16	19	23	26	29	32	35
32	12	15	18	22	25	28	31	34
36	12	15	17	20	23	26	29	32
40	11	14	16	19	22	24	27	30
44	10	12	14	17	19	22	24	26
Multipares	Production de lait potentielle sur 305 jours (kg) (entre parenthèses, le lait au pic en kg/j)							
	5 000 (23)	6 000 (27)	7 000 (32)	8 000 (36)	9 000 (41)	10 000 (45)	11 000 (50)	12 000 (55)
1	19	22	26	30	34	37	41	45
2	21	25	30	34	38	42	46	51
3	22	27	31	36	40	45	49	53
4	23	27	32	36	41	45	50	54
8	22	26	30	35	39	43	48	52
12	20	24	28	32	36	40	44	49
16	19	23	26	30	34	38	41	45
20	18	21	25	28	32	35	39	42
24	16	20	23	26	29	33	36	39
28	15	18	21	24	27	30	33	36
32	14	17	20	22	25	28	31	34
36	13	15	18	20	23	25	28	30
40	11	13	16	18	20	22	24	27
44	9	11	12	14	16	18	19	21

Tableau 2.2. Évolution du poids et de la note d'état corporel en fonction de la semaine de lactation, du potentiel de production et de la note d'état corporel au vêlage.

Primi­pares	Production de lait potentielle sur 305 jours (kg) (entre parenthèses, le lait au pic en kg/j)												Poids en % du poids au vêlage
	4 000 (16)			6 000 (24)			8 000 (32)			10 000 (39)			
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	
4	2,85	3,75	1,70	2,50	3,35	1,45	2,2	2,9	1,25	1,9	2,55	97	
8	2,80	3,70	1,60	2,35	3,15	1,80	1,95	2,60	1,05	1,60	2,15	95	
12	2,80	3,70	1,60	2,35	3,15	1,30	1,95	2,60	1,05	1,60	2,10	95	
16	2,80	3,70	1,60	2,40	3,20	1,35	2,00	2,65	1,10	1,65	2,20	97	
24	2,85	3,75	1,70	2,50	3,35	1,45	2,20	2,95	1,30	1,95	2,60	102	
32	2,90	3,85	1,75	2,65	3,55	1,60	2,45	3,25	1,50	2,25	3,00	108	
40	2,95	3,90	1,85	2,63	3,75	1,80	2,70	3,55	1,70	2,55	3,45	114	
48	3,00	3,95	2,00	2,95	3,90	1,95	2,90	3,90	1,95	2,90	3,85	120	

Multi­pares	Production de lait potentielle sur 305 jours (kg) (entre parenthèses, le lait au pic en kg/j)												Poids en % du poids au vêlage
	5 000 (23)			7 000 (32)			9 000 (41)			11 000 (50)			
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	
4	2,75	3,65	1,65	2,45	3,25	1,45	2,15	2,85	1,25	1,85	2,50	96	
8	2,70	3,60	1,55	2,30	3,05	1,25	1,90	2,55	1,00	1,50	2,05	93	
12	2,65	3,55	1,50	2,30	3,05	1,25	1,90	2,50	1,00	1,50	2,00	93	
16	2,70	3,60	1,55	2,35	3,10	1,30	1,95	2,60	1,05	1,60	2,10	94	
24	2,80	3,70	1,65	2,45	3,30	1,45	2,15	2,85	1,25	1,85	2,45	97	
32	2,85	3,80	1,75	2,60	3,50	1,60	2,40	3,15	1,45	2,15	2,90	101	
40	2,95	3,95	1,85	2,75	3,70	1,75	2,60	3,50	1,65	2,45	3,30	106	
48	3,00	4,00	2,00	2,95	3,90	1,90,	2,85	3,80	1,85	2,80	3,70	111	

Tableau 2.3. Calcul de la capacité d'ingestion (CI, en UEL) d'une vache laitière*.

Effets principaux		Correctifs multiplicatifs				
Format moyen (kg de poids vif)	Potentiel lait (kg/j)	Réserve (note d'état)	Lactation (nombre de semaines)		Gestation (nombre de semaines)	Maturité (âge en mois)
			Primi	Multi		
450	11,65	0,5	1	0,66	< 30	20
500	12,40	1,0	2	0,71	30	24
550	13,15	1,5	3	0,75	31	28
600	13,90	2,0	4	0,79	32	32
650	14,65	2,5	6	0,85	33	36
700	15,40	3,0	8	0,89	34	40
750	16,15	3,5	10	0,92	35	44
800	16,90	4,0	12	0,94	36	48
		4,5	14	0,96	37	52
		5,0	16	0,97	38	56
			20	0,98	39	> 60
			24	0,99	> 40	
			60	1,00		

$$CI = \left(\text{Potentiel lait} + \frac{\text{Réserve}}{\text{Maturité}} \right) \times \left(\frac{\text{Lactation}}{\text{Gestation}} \right) \times \left(\frac{\text{Maturité}}{\text{Maturité}} \right)$$

* Exemple : pour une vache multipare (38 mois) de 700 kg en 8^e semaine de lactation avec une production potentielle de lait de 42,5 kg/j et une note d'état de 2,5, on a CI = (15,4 + 6,38 + 0,75) × 0,92 × 1 × 0,95 = 19,7 UEL.

Tableau 2.4. Calcul des besoins journaliers en énergie, protéines et minéraux pour l'entretien, la production de lait et la gestation d'une vache laitière.

Entretien = A		UFL			PDI (g)				MSI (kg/j)	Ca _{abs} ^d	P _{abs} ^d	
Poids vif (kg)	A1 ^a	A2 ^b	A3 ^c	Toutes conditions								
500	4,4	4,8	5,3	345				10	11,4	9,5		
550	4,7	5,2	5,6	370				13	13,4	12,0		
600	5,0	5,5	6,0	395				16	15,4	14,5		
650	5,3	5,8	6,4	420				19	17,4	17,0		
700	5,6	6,2	6,7	445				22	19,4	19,5		
750	5,9	6,5	7,1	470				25	21,4	22,0		
Production lait = B		TB (g/kg)					TP (g/kg)				Lait (kg)	
Lait (kg)	32	36	40	44	48	28	30	32	34			
10	3,9	4,1	4,4	4,7	4,9	438	469	500	531	10	12,5	9,0
15	5,8	6,2	6,6	7,0	7,4	656	703	750	797	15	18,8	13,5
20	7,7	8,3	8,8	9,3	9,9	875	938	1 000	1 063	20	25,0	18,0
25	9,7	10,3	11,0	11,7	12,3	1 094	1 172	1 250	1 328	25	31,3	22,5
30	11,6	12,4	13,2	14,0	14,8	1 313	1 406	1 500	1 594	30	37,5	27,0
35	13,6	14,5	15,4	16,3	17,2	1 531	1 641	1 750	1 859	35	43,8	31,5
40	15,5	16,5	17,6	18,7	19,7	1 750	1 875	2 000	2 125	40	50,0	36,0
45	17,4	18,6	19,8	21,0	22,2	1 969	2 109	2 250	2 391	45	56,3	40,5
50	19,4	20,7	22,0	23,3	24,6	2 188	2 344	2 500	2 656	50	62,5	45,0
55	21,3	22,7	24,2	25,7	27,1	2 406	2 578	2 750	2 922	55	68,8	49,5
60	23,2	24,8	26,4	28,0	29,6	2 625	2 813	3 000	3 188	60	75,0	54,0
Gestation = C		Poids veau (kg)			Poids veau (kg)			Stade Fin				
Stade Fin	35	45	55	35	45	55						
6 ^e mois	0,4	0,6	0,7	36	47	59	6 ^e mois	1,9	1,5			
7 ^e mois	0,8	1,1	1,3	68	88	109	7 ^e mois	3,8	2,8			
8 ^e mois	1,4	1,8	2,7	116	148	180	8 ^e mois	6,7	4,2			
9 ^e mois	2,3	2,9	3,5	179	227	274	9 ^e mois	9,7	5,3			
Calcul besoin												
A =												
B =												
C =												
A + B + C =												

^a A1 : peu de déplacements.

^b A2 : stabulation libre.

^c A3 : pâturage.

^d Les besoins d'entretien en calcium et phosphore absorbables sont calculés en fonction de la MS ingérée pour une vache de 600 kg et varient peu avec le poids vif, respectivement + 0,8 g Ca_{abs} et + 0,2 g P_{abs} pour 100 kg de poids vif.

Tableau 2.5. Calcul des apports et analyse des besoins pour les acides aminés indispensables.

Méthode de calcul des apports en lysine et méthionine digestibles							
Ration exemple	Quantité kg MS	PDIE (g/kg MS)	Teneur en % PDIE		Apports AADi (g)		
			LysDi	MetDi	PDIE	LysDi	MetDi
Ensilage de maïs	12,90	66	6,90	1,97	12,9 × 66 = 851	851 × 6,90 % = 59	851 × 1,97 % = 17
Orge	8,45	102	6,83	1,88	862	59	16
Tourteau de soja	2,60	261	6,90	1,50	679	47	10
Urée	0,05	0	0,00	0,00	0	0	0
Total	24,00				2 392	165	43

Teneur LysDi	Teneur MetDi
165/2 392	43/2 392
= 6,89 %	= 1,81 %

Réponse du taux protéique (TP) aux acides aminés lysine et méthionine*					
Apports	Lysine			Méthionine	
	LysDi % PDIE	Variation taux protéique	MetDi % PDIE	Variation taux protéique	
équilibrés		7,50	0,07	2,70	0,08
		7,40	0,04	2,60	0,05
	Besoins	7,30	0,00	2,50	0,00
		7,20	-0,05	2,40	-0,06
		7,10	-0,10	2,30	-0,14
		7,00	-0,15	2,20	-0,25
		6,90	-0,21	2,10	-0,39
limites		6,80	-0,28	2,00	-0,58
		6,70	-0,35	1,90	-0,84
		6,60	-0,43	1,80	-1,18
		6,50	-0,52	1,70	-1,63
déficitaires		6,40	-0,62	1,60	-2,24
		6,60	-0,43	1,50	-3,05
		6,50	-0,52		
		6,40	-0,62		
		6,30	-0,73		
	6,20	-0,85			
Réponse TP					
La valeur attendue correspond à la valeur de TP la plus faible des deux.					

* Exemple : 6,89 % de LysDi correspond à -0,22 g et 1,81 % de MetDi à -1,17 g. Le TP est donc 1,17 g plus faible que si les besoins en AA étaient couverts.

Tableau 2.6. Valeur de la correction énergétique (E, en UFL) en fonction des caractéristiques des vaches et des fourrages pour des rations permettant d'équilibrer apports et besoins en pleine lactation.

Valeur UEL du fourrage	Valeur UFL du fourrage	Production de lait potentielle (kg/j)									
		Primipares					Multipares				
		15	20	25	30	35	20	25	30	35	40
0,95	1,00	0,06	0,14	0,30	0,73	1,22	0,16	0,25	0,37	0,60	0,98
	0,95	0,06	0,14	0,43	0,90	1,39	0,16	0,25	0,40	0,73	1,14
	0,90	0,06	0,18	0,58	1,07	1,56	0,16	0,25	0,50	0,88	1,30
	0,85	0,06	0,28	0,74	1,24	1,73	0,16	0,30	0,63	1,03	1,46
	0,80	0,08	0,42	0,91	1,41	1,89	0,16	0,40	0,77	1,19	1,62
1,00	1,00	0,06	0,14	0,46	0,97	1,49	0,16	0,25	0,41	0,77	1,20
	0,95	0,06	0,18	0,62	1,15	1,66	0,16	0,25	0,52	0,92	1,37
	0,90	0,06	0,29	0,79	1,32	1,83	0,16	0,30	0,65	1,08	1,53
	0,85	0,07	0,44	0,97	1,49	1,99	0,16	0,41	0,80	1,24	1,69
	0,80	0,14	0,60	1,14	1,67		0,20	0,54	0,96	1,41	1,85
	0,75	0,26	0,77	1,32	1,82		0,30	0,69	1,13	1,57	
1,05	1,00	0,06	0,19	0,67	1,23	1,77	0,16	0,25	0,53	0,97	1,44
	0,95	0,06	0,31	0,85	1,41	1,93	0,16	0,30	0,68	1,13	1,60
	0,90	0,07	0,46	1,03	1,58		0,16	0,41	0,84	1,30	1,76
	0,85	0,14	0,63	1,21	1,75		0,20	0,55	1,00	1,47	1,92
	0,80	0,26	0,81	1,39	1,89		0,29	0,70	1,17	1,63	
	0,75	0,40	0,99	1,56		0,42	0,86	1,33	1,79		
1,10	0,95	0,07	0,48	1,09	1,67		0,16	0,42	0,87	1,36	1,84
	0,90	0,13	0,66	1,27	1,83		0,19	0,56	1,04	1,53	2,00
	0,85	0,25	0,84	1,45	1,95		0,28	0,72	1,21	1,69	
	0,80	0,40	1,03	1,61			0,41	0,88	1,38	1,85	
	0,75	0,57	1,21	1,74			0,56	1,05	1,54		
	0,70	0,76	1,39	1,87		0,72	1,22	1,71			
1,15	0,95	0,12	0,69	1,34	1,89		0,18	0,57	1,08	1,59	2,08
	0,90	0,25	0,88	1,52	2,02		0,27	0,73	1,25	1,75	
	0,85	0,40	1,07	1,66			0,41	0,90	1,42	1,92	
	0,80	0,58	1,26	1,79			0,56	1,08	1,59		
	0,75	0,77	1,42	1,92			0,72	1,25	1,76		
	0,70	0,96	1,55	2,04		0,89	1,42	1,91			
1,20	0,90	0,40	1,11	1,71			0,40	0,93	1,47	1,98	
	0,85	0,58	1,31	1,84			0,56	1,10	1,64		
	0,80	0,78	1,45	1,96			0,72	1,28	1,80		
	0,75	0,97	1,58	2,09			0,90	1,45	1,94		
	0,70	1,16	1,71	2,21			1,08	1,63	2,07		
1,25	0,85	0,79	1,48	2,01			0,72	1,31	1,85		
	0,80	0,99	1,61	2,13			0,90	1,48	1,98		
	0,75	1,17	1,74	2,25			1,08	1,65	2,10		
	0,70	1,31	1,87				1,27	1,78			

Tableau 2.7. Valeur du taux de substitution global (Sg_E) en fonction des caractéristiques des vaches et des fourrages pour des rations permettant d'équilibrer apports et besoins en pleine lactation.

Valeur UEL du fourrage	Valeur UFL du fourrage	Production de lait potentielle (kg/j)									
		Primipares					Multipares				
		15	20	25	30	35	20	25	30	35	40
0,95	1,00	0,66	0,61	0,49	0,41	0,36	0,66	0,66	0,56	0,48	0,42
	0,95	0,66	0,55	0,45	0,38	0,35	0,66	0,60	0,51	0,44	0,40
	0,90	0,63	0,50	0,42	0,37	0,34	0,65	0,55	0,47	0,41	0,38
	0,85	0,57	0,46	0,40	0,36	0,33	0,59	0,50	0,44	0,40	0,36
	0,80	0,52	0,44	0,38	0,35	0,32	0,54	0,47	0,42	0,38	0,36
1,00	1,00	0,66	0,55	0,44	0,37	0,33	0,66	0,61	0,50	0,43	0,39
	0,95	0,64	0,50	0,41	0,36	0,32	0,66	0,55	0,46	0,41	0,37
	0,90	0,58	0,46	0,39	0,34	0,32	0,60	0,50	0,43	0,39	0,35
	0,85	0,53	0,43	0,37	0,33	0,31	0,55	0,46	0,41	0,37	0,34
	0,80	0,49	0,41	0,36	0,33	0,31	0,50	0,44	0,39	0,36	0,34
	0,75	0,46	0,39	0,35	0,32	0,31	0,47	0,42	0,38	0,35	0,33
1,05	1,00	0,65	0,50	0,40	0,35	0,31	0,66	0,55	0,46	0,40	0,36
	0,95	0,59	0,45	0,38	0,33	0,31	0,61	0,50	0,42	0,38	0,34
	0,90	0,53	0,42	0,36	0,32	0,30	0,55	0,46	0,40	0,36	0,33
	0,85	0,49	0,40	0,35	0,32	0,30	0,51	0,43	0,38	0,35	0,33
	0,80	0,45	0,38	0,34	0,32	0,30	0,47	0,41	0,37	0,34	0,32
	0,75	0,43	0,37	0,33	0,32	0,30	0,44	0,39	0,36	0,34	0,32
1,10	0,95	0,54	0,42	0,35	0,31	0,29	0,56	0,46	0,39	0,35	0,32
	0,90	0,49	0,39	0,34	0,31	0,29	0,51	0,43	0,37	0,34	0,32
	0,85	0,45	0,37	0,33	0,31	0,29	0,47	0,40	0,36	0,33	0,31
	0,80	0,43	0,36	0,32	0,31	0,29	0,44	0,39	0,35	0,33	0,31
	0,75	0,40	0,35	0,32	0,31	0,29	0,42	0,37	0,34	0,32	0,31
	0,70	0,39	0,35	0,32	0,31	0,30	0,40	0,37	0,34	0,32	0,31
1,15	0,95	0,49	0,39	0,33	0,30	0,28	0,51	0,42	0,37	0,33	0,31
	0,90	0,45	0,37	0,32	0,30	0,28	0,47	0,40	0,35	0,32	0,30
	0,85	0,42	0,35	0,32	0,30	0,28	0,44	0,38	0,34	0,32	0,30
	0,80	0,40	0,34	0,31	0,30	0,28	0,42	0,37	0,34	0,31	0,30
	0,75	0,38	0,34	0,31	0,30	0,29	0,40	0,36	0,33	0,31	0,30
	0,70	0,37	0,34	0,32	0,30	0,29	0,39	0,35	0,33	0,32	0,30
1,20	0,90	0,42	0,34	0,31	0,29	0,27	0,44	0,37	0,34	0,31	0,29
	0,85	0,40	0,33	0,31	0,29	0,28	0,41	0,36	0,33	0,31	0,29
	0,80	0,38	0,33	0,31	0,29	0,28	0,39	0,35	0,32	0,31	0,29
	0,75	0,36	0,33	0,31	0,29	0,28	0,38	0,34	0,32	0,31	0,29
	0,70	0,36	0,33	0,31	0,29	0,28	0,37	0,34	0,32	0,31	0,30
1,25	0,85	0,37	0,32	0,30	0,28	0,27	0,39	0,34	0,31	0,30	0,28
	0,80	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27	0,37	0,34	0,31	0,30	0,29
	0,75	0,35	0,32	0,30	0,28	0,27	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29
	0,70	0,35	0,32	0,30	0,29	0,28	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29

Tableau 2.8. Mobilisation attendue des réserves (en UFL/j) des vaches en fonction de la semaine de lactation, du potentiel de production et de la note d'état corporel au vêlage.

Primipares	Production de lait potentielle sur 305 jours (kg) (entre parenthèses, le lait au pic en kg/j)											
	4 000 (16)			6 000 (24)			8 000 (32)			10 000 (39)		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Semaine de lactation	1	0,9	2,0	1,9	3,0	4,0	4,1	5,1	6,2	5,9	6,9	8,0
	2	1,2	2,4	2,4	3,5	4,7	4,8	6,0	7,2	6,9	8,1	9,3
	3	1,0	2,1	2,0	3,1	4,1	4,2	5,3	6,4	6,1	7,1	8,2
	4	0,6	1,5	1,5	2,4	3,3	3,3	4,2	5,1	4,9	5,7	6,6
	5	0,3	1,0	1,0	1,7	2,4	2,5	3,2	3,9	3,7	4,4	5,1
	6		0,6	0,6	1,1	1,7	1,7	2,3	2,8	2,7	3,3	3,8
	7		0,2	0,2	0,7	1,1	1,1	1,6	2,0	1,9	2,3	2,8
	8				0,3	0,6	0,7	1,0	1,4	1,3	1,6	1,9
	9					0,3	0,3	0,6	0,8	0,8	1,0	1,3
	10							0,2	0,4	0,4	0,6	0,8
	11								0,1	0,1	0,2	0,4
	12											0,1
Cumul UFL mobilisées	0	29	69	67	110	156	159	206	254	241	289	338
Perte poids vif vide (kg)	0	7	17	17	28	39	40	52	63	60	72	84

Multipares	Production de lait potentielle sur 305 jours (kg) (entre parenthèses, le lait au pic en kg/j)											
	5 000 (23)			7 000 (32)			9 000 (41)			11 000 (50)		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Semaine de lactation	1	0,7	1,7	2,0	3,0	4,1	4,4	5,4	6,4	6,7	7,7	8,8
	2	1,0	2,1	2,5	3,6	4,8	5,1	6,3	7,5	7,8	9,0	10,2
	3	0,8	1,8	2,1	3,2	4,2	4,5	5,6	6,6	6,9	8,0	9,0
	4	0,5	1,3	1,6	2,4	3,3	3,6	4,4	5,3	5,5	6,4	7,3
	5	0,2	0,9	1,0	1,8	2,5	2,6	3,3	4,1	4,2	4,9	5,6
	6		0,5	0,6	1,2	1,7	1,9	2,4	3,0	3,1	3,7	4,2
	7		0,2	0,3	0,7	1,1	1,3	1,7	2,1	2,2	2,7	3,1
	8				0,3	0,7	0,8	1,1	1,4	1,5	1,9	2,2
	9					0,3	0,4	0,6	0,9	1,0	1,2	1,5
	10						0,1	0,3	0,5	0,5	0,7	0,9
	11								0,2	0,2	0,4	0,5
	12										0,1	0,2
Cumul UFL mobilisées	0	21	60	70	114	159	172	218	266	279	327	376
Perte poids vif vide (kg)	0	5	15	18	28	40	43	55	67	70	82	94

Tableau 2.9. Réponses de l'ingestion et de la production laitière à une variation d'apport d'aliment concentré autour de la quantité permettant de couvrir les besoins énergétiques.

	Variation d'apport de concentrés (kg brut/j)						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Variation d'ingestion de fourrage (kg MS/j)	+ 1,2	+ 0,9	+ 0,5	0	- 0,5	- 1,0	- 1,6
Variation d'ingestion d'énergie (UFL/j)	- 1,7	- 1,1	- 0,5	0	+ 0,5	+ 0,9	+ 1,3
Variation de production laitière (kg/j)	- 1,3	- 0,8	- 0,3	0	+ 0,3	+ 0,5	+ 0,7
Variation de taux protéique (g/kg)	- 1,7	- 1,1	- 0,5	0	+ 0,5	+ 0,9	+ 1,3

Tableau 2.10. Réponses de l'ingestion et de la production laitière à une variation du rapport PDIE/UFL sur la base d'une ration à 100 g PDIE/UFL pour des apports PDIN égaux ou supérieurs aux apports PDIE.

	Rapport PDIE/UFL (g/UFL) de la ration				
	80	90	100	110	120
Variation d'ingestion (kg MS/j)	- 2,2	- 0,7	0	+ 0,2	+ 0,3
Variation de production de lait (kg/j)	- 5,0	- 1,7	0	+ 0,9	+ 1,3
Variation de taux protéique (g/kg)	- 1,8	- 0,6	0	+ 0,3	+ 0,5

Tableau 2.11. Quantité (kg MS) d'aliments concentrés (1,05 UFL/kg MS) à apporter dans une ration afin d'équilibrer apports et besoins énergétiques en pleine lactation en fonction des caractéristiques des vaches et des fourrages.

Valeur UEL du fourrage	Valeur UFL du fourrage	Production de lait potentielle (kg/j)									
		Primipares					Multipares				
		15	20	25	30	35	20	25	30	35	40
0,95	1,00	0,0	0,0	1,7	4,6	7,3	0,0	0,0	0,0	2,7	5,4
	0,95	0,0	0,0	3,0	5,7	8,4	0,0	0,0	1,4	4,2	6,8
	0,90	0,0	1,2	4,1	6,8	9,4	0,0	0,1	3,0	5,6	8,2
	0,85	0,0	2,4	5,2	7,9	10,5	0,0	1,7	4,4	6,9	9,5
	0,80	0,7	3,5	6,2	8,9	11,5	0,3	3,1	5,7	8,2	10,7
1,00	1,00	0,0	0,0	3,1	5,9	8,6	0,0	0,0	1,5	4,4	7,0
	0,95	0,0	1,2	4,2	7,0	9,6	0,0	0,1	3,0	5,7	8,3
	0,90	0,0	2,4	5,2	8,0	10,6	0,0	1,6	4,4	7,0	9,5
	0,85	0,5	3,4	6,2	8,9	11,6	0,1	2,9	5,6	8,2	10,7
	0,80	1,6	4,4	7,2	9,9		1,5	4,2	6,8	9,4	11,9
1,05	1,00	0,0	1,2	4,3	7,1	9,8	0,0	0,0	3,0	5,8	8,4
	0,95	0,0	2,4	5,3	8,1	10,7	0,0	1,5	4,4	7,1	9,6
	0,90	0,4	3,4	6,3	9,0		0,0	2,9	5,6	8,2	10,8
	0,85	1,4	4,4	7,2	10,0		1,3	4,1	6,8	9,4	11,9
	0,80	2,4	5,3	8,1	10,7		2,5	5,2	7,9	10,5	
1,10	0,95	0,2	3,4	6,3	9,1		0,0	2,8	5,6	8,3	10,8
	0,90	1,3	4,3	7,2	9,9		1,1	4,0	6,7	9,4	11,9
	0,85	2,3	5,3	8,1	10,6		2,3	5,1	7,8	10,4	
	0,80	3,2	6,1	8,9			3,4	6,2	8,9	11,5	
	0,75	4,1	7,0	9,5			4,5	7,2	9,9		
1,15	0,95	1,2	4,3	7,3	9,9		0,9	3,9	6,7	9,4	12,0
	0,90	2,1	5,2	8,1	10,5		2,1	5,0	7,8	10,4	
	0,85	3,0	6,1	8,8			3,2	6,1	8,8	11,4	
	0,80	3,9	6,9	9,4			4,3	7,1	9,8		
	0,75	4,8	7,6	10,0			5,3	8,1	10,8		
1,20	0,95	5,6	8,2	10,6			6,3	9,0	11,6		
	0,90	2,9	6,0	8,7			3,1	5,9	8,7	11,4	
	0,85	3,8	6,9	9,3			4,1	6,9	9,7		
	0,80	4,6	7,5	9,8			5,1	7,9	10,6		
	0,75	5,4	8,0	10,4			6,1	8,9	11,4		
1,25	0,70	6,2	8,6	10,9			7,0	9,8			
	0,85	4,5	7,4	9,7			4,9	7,8	10,5		
	0,80	5,3	7,9	10,2			5,8	8,7	11,2		
	0,75	6,0	8,4	10,7			6,8	9,6	11,9		
	0,70	6,5	8,9				7,7	10,2			

Tableau 2.12. Pourcentage (% MS totale ingérée) d'aliments concentrés (1,05 UFL/kg MS) à apporter dans une ration afin d'équilibrer apports et besoins énergétiques en pleine lactation en fonction des caractéristiques des vaches et des fourrages.

Valeur UEL du fourrage	Valeur UFL du fourrage	Production de lait potentielle (kg/j)									
		Primipares					Multipares				
		15	20	25	30	35	20	25	30	35	40
0,95	1,00	0	0	11	25	35	0	0	0	13	23
	0,95	0	0	18	30	38	0	0	7	19	28
	0,90	0	8	24	34	42	0	1	14	24	32
	0,85	0	15	29	38	45	0	9	20	29	36
	0,80	5	21	33	41	48	2	15	25	33	39
1,00	1,00	0	0	19	32	40	0	0	8	20	29
	0,95	0	9	25	36	44	0	0	15	26	33
	0,90	0	16	30	40	46	0	9	21	30	37
	0,85	4	22	34	43	49	1	16	26	34	40
	0,80	11	27	38	46		9	21	31	38	43
	0,75	18	32	42	49		15	26	35	41	46
1,05	1,00	0	9	27	38	45	0	0	16	27	35
	0,95	0	17	31	41	48	0	9	22	32	39
	0,90	3	23	36	44		0	16	27	36	42
	0,85	11	28	39	47		8	22	32	39	45
	0,80	17	33	43	50		15	27	36	42	48
	0,75	23	37	46			20	31	39	45	50
1,10	0,95	2	24	37	46		0	16	28	37	43
	0,90	10	29	41	49		7	22	33	40	46
	0,85	17	33	44			14	27	36	43	49
	0,80	23	38	47			20	32	40	46	
	0,75	28	41	49			25	36	43	49	
	0,70	33	45				30	39	46		
1,15	0,95	10	30	42	50		6	22	34	41	47
	0,90	17	34	45			14	28	37	44	50
	0,85	23	39	48			20	32	41	47	
	0,80	29	42	50			25	36	44	50	
	0,75	33	45				30	40	47		
	0,70	38	47				34	43	49		
1,20	0,90	23	39	49			20	33	42	48	
	0,85	29	43				25	37	45		
	0,80	34	46				30	40	48		
	0,75	38	48				34	44	50		
	0,70	42	50				38	47			
1,25	0,85	34	46				30	41	49		
	0,80	38	48				34	44			
	0,75	42	50				38	47			
	0,70	44	0				42	49			

Tableau 2.13. Ingestion journalière moyenne d'herbe (kg MS/vache) pour un troupeau de vaches laitières en pâturage tournant en fonction de la valeur UEL de l'herbe, de la hauteur d'herbe en entrée de parcelle (cm à l'herbomètre) et de la surface offerte (animaux non complétés, capacité d'ingestion moyenne de 17 UEL).

Valeur UEL herbe	Hauteur entrée (cm)	Surface offerte (m ² par vache par jour)												
		30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
0,95	8						13,1	13,9	14,6	15,8	16,6	17,3	17,8	18,2
	10				13,1	14,2	15,0	15,8	16,4	17,3	18,0	18,4	18,7	18,9
	12			13,4	14,6	15,6	16,4	17,0	17,5	18,2	18,6	18,9	19,1	
	14		13,1	14,6	15,8	16,7	17,3	17,8	18,2	18,7	19,0	19,1		
	16		14,2	15,6	16,7	17,4	18,0	18,4	18,6	19,0	19,2			
	18	13,1	15,1	16,4	17,3	18,0	18,4	18,7	18,9	19,1				
	20	13,9	15,8	17,0	17,8	18,4	18,7	18,9	19,1					
1,00	8					11,8	12,7	13,5	14,2	15,2	16,0	16,6	17,1	17,4
	10				12,8	13,8	14,6	15,3	15,8	16,6	17,2	17,6	17,8	
	12			13,0	14,2	15,1	15,8	16,4	16,8	17,4	17,8	18,0		
	14		12,8	14,2	15,3	16,1	16,7	17,1	17,4	17,8	18,1			
	16	11,9	13,8	15,1	16,1	16,7	17,2	17,6	17,8	18,1				
	18	12,8	14,6	15,8	16,7	17,2	17,6	17,8	18,0	18,2				
	20	13,6	15,3	16,4	17,1	17,6	17,8	18,0	18,1					
1,05	8					11,6	12,4	13,1	13,8	14,7	15,5	16,0	16,4	16,7
	10			11,3	12,4	13,4	14,1	14,8	15,3	16,0	16,5	16,8	17,0	
	12		11,3	12,7	13,8	14,6	15,3	15,8	16,2	16,7	17,0	17,2		
	14		12,5	13,8	14,8	15,5	16,0	16,4	16,7	17,0	17,2			
	16	11,6	13,4	14,6	15,5	16,1	16,5	16,8	17,0	17,2				
	18	12,5	14,2	15,3	16,0	16,5	16,8	17,0	17,2					
	20	13,2	14,8	15,8	16,4	16,8	17,0	17,2	17,3					

Tableau 2.14. Ingestion journalière moyenne d'herbe (kg MS/vache) pour un troupeau de vaches laitières en pâturage tournant en fonction de la valeur UEL de l'herbe offerte, de la hauteur d'herbe en entrée de parcelle et de la hauteur d'herbe en sortie de parcelle (cm à l'herbomètre) (animaux non complétés, capacité d'ingestion moyenne de 17 UEL*).

Valeur UEL herbe offerte	Hauteur entrée (cm)	Hauteur en sortie de parcelle (cm)							
		4	5	6	7	8	9	10	
0,95	8	16,6	19,0						
	10	14,7	17,4	18,9					
	12	13,5	16,0	17,8	18,9				
	14	12,8	15,0	16,7	18,0	18,9			
	16		14,1	15,8	17,2	18,2	18,9	19,2	
	18		13,6	15,1	16,4	17,5	18,3	18,9	
	20			14,5	15,7	16,8	17,7	18,4	
1,00	8	15,8	18,0						
	10	13,9	16,5	18,0					
	12	12,8	15,2	16,9	18,0				
	14	12,2	14,2	15,9	17,1	18,0			
	16		13,4	15,0	16,3	17,3	18,0	18,3	
	18		12,9	14,3	15,6	16,6	17,4	18,0	
	20			13,8	14,9	16,0	16,8	17,5	
1,05	8	15,1	17,2						
	10	13,3	15,7	17,1					
	12	12,2	14,5	16,1	17,1				
	14	11,6	13,5	15,1	16,3	17,1			
	16		12,7	14,3	15,5	16,5	17,1	17,4	
	18		12,3	13,6	14,8	15,8	16,6	17,1	
	20			13,1	14,2	15,2	16,0	16,6	

* Pour un troupeau dont les vaches ont une capacité d'ingestion moyenne CI différente de 17, multiplier les valeurs du tableau par le coefficient CI/17.

Tableau 2.15. Taux de substitution global herbe/concentré ($S_{g_{HC}}$) au pâturage tournant pour un troupeau de vaches laitières en milieu de lactation (25 kg de lait potentiel) en fonction de la densité énergétique (UFL/UEL) de l'herbe offerte, de la hauteur d'herbe en entrée de parcelle et de la hauteur d'herbe en sortie de parcelle (cm à l'herbomètre)*.

Densité énergétique herbe offerte	Hauteur entrée parcelle (cm)	Hauteur en sortie de parcelle (cm)							
		4	5	6	7	8	9	10	
0,8	8	0,25	0,36						
	10	0,15	0,28	0,36					
	12	0,09	0,19	0,30	0,36				
	14	0,03	0,17	0,25	0,32	0,37			
	16		0,12	0,20	0,27	0,33	0,37	0,38	
	18		0,08	0,17	0,22	0,29	0,33	0,36	
	20			0,14	0,17	0,25	0,30	0,34	
0,9	8	0,30	0,48						
	10	0,14	0,36	0,47					
	12	0,05	0,25	0,39	0,48				
	14	0,01	0,17	0,30	0,41	0,48			
	16		0,11	0,24	0,36	0,43	0,49	0,50	
	18		0,05	0,18	0,28	0,37	0,44	0,48	
	20			0,12	0,24	0,31	0,38	0,44	
1,0	8	0,41	0,67						
	10	0,18	0,50	0,66					
	12	0,04	0,32	0,54	0,66				
	14	0,00	0,21	0,41	0,56	0,66			
	16		0,11	0,30	0,46	0,59	0,66	0,69	
	18		0,06	0,21	0,37	0,50	0,59	0,66	
	20			0,15	0,29	0,42	0,52	0,61	
1,1	8	0,53	0,84						
	10	0,23	0,67	0,84					
	12	0,04	0,44	0,74	0,85				
	14	0,00	0,28	0,56	0,77	0,84			
	16		0,17	0,43	0,64	0,79	0,85	0,84	
	18		0,03	0,31	0,51	0,68	0,81	0,84	
	20			0,22	0,41	0,57	0,73	0,81	

* Les chiffres sont indiqués pour une quantité de 3 kg MS de concentré. Ajouter (retrancher) aux valeurs du tableau 0,03 par kg MS de concentré ingéré en plus (en moins). Retrancher (ajouter) aux valeurs du tableau 0,1 pour 5 kg de production laitière potentielle en plus (en moins).

Tableau 2.16. Taux de substitution global herbe/fourrage (S_{gHF})* au pâturage tournant pour un troupeau de vaches laitières en fonction du rapport entre les valeurs UEL du fourrage complémentaire et de l'herbe offerte, et des hauteurs d'herbe en entrée et en sortie de parcelle (cm à l'herbomètre).

Rapport UEL fourrage/ UEL herbe	Hauteur entrée parcelle (cm)	Hauteur en sortie de parcelle (cm)							
		4	5	6	7	8	9	10	
0,9	8	0,84	0,95						
	10	0,73	0,88	0,95					
	12	0,68	0,80	0,89	0,95				
	14	0,65	0,76	0,85	0,91	0,95			
	16		0,68	0,79	0,86	0,92	0,95	0,97	
	18			0,75	0,83	0,88	0,92	0,95	
	20				0,79	0,84	0,90	0,93	
1,0	8	0,94	1,06						
	10	0,81	0,97	1,05					
	12	0,75	0,89	0,99	1,06				
	14	0,72	0,84	0,95	1,01	1,06			
	16		0,75	0,88	0,96	1,02	1,06	1,08	
	18			0,83	0,92	0,98	1,03	1,06	
	20				0,87	0,94	1,00	1,03	
1,1	8	1,03	1,17						
	10	0,90	1,07	1,16					
	12	0,83	0,98	1,09	1,16				
	14	0,79	0,93	1,04	1,11	1,17			
	16		0,83	0,97	1,05	1,12	1,16	1,18	
	18			0,91	1,01	1,07	1,13	1,16	
	20				0,96	1,03	1,10	1,13	
1,2	8	1,12	1,27						
	10	0,98	1,17	1,26					
	12	0,90	1,07	1,19	1,27				
	14	0,86	1,01	1,14	1,22	1,27			
	16		0,90	1,05	1,15	1,22	1,27	1,29	
	18			1,00	1,10	1,17	1,23	1,27	
	20				1,05	1,13	1,20	1,23	

* La substitution herbe/fourrage est indépendante de la quantité de fourrage complémentaire et de la production de lait potentielle du troupeau.

Tableau 2.17. Quantité d’herbe ingérée (kg MS par vache et par jour) et taux de substitution global herbe/complément au pâturage continu pour un troupeau de vaches laitières en milieu de lactation (25 kg de lait potentiel) en fonction des caractéristiques de l’herbe pâturée, du fourrage complémentaire, et de la hauteur d’herbe moyenne de la parcelle (cm à l’herbomètre).

Variable	Caractéristiques herbe et fourrage	Hauteur d’herbe (cm herbomètre)							
		3	3,5	4	4,5	5	6	7	8
Herbe ingérée (Q_{IH})	UEL herbe								
	0,95	12,5	14,9	16,0	16,6	17,1	18,0	18,8	19,3
	1,00	11,8	14,1	15,1	15,7	16,2	17,0	17,8	18,3
	1,05	11,2	13,4	14,4	14,9	15,4	16,2	16,9	17,4
Taux de substitution ^a herbe/concentré (S_{HC})	DE herbe ^c								
	0,8	0,15	0,20	0,23	0,25	0,27	0,31	0,35	0,38
	0,9	0,15	0,22	0,28	0,32	0,35	0,41	0,47	0,51
	1,0	0,16	0,29	0,37	0,2	0,47	0,55	0,64	0,70
Taux de substitution ^b herbe/fourrage (S_{HF})	UEL_F/UEL_H^d								
	0,90	0,63	0,75	0,80	0,83	0,86	0,90	0,94	0,97
	1,00	0,70	0,83	0,89	0,92	0,95	1,00	1,05	1,08
	1,10	0,77	0,91	0,98	1,02	1,05	1,10	1,15	1,19
	1,20	0,84	1,00	1,07	1,11	1,14	1,20	1,26	1,30

^a La substitution herbe/concentré est indiquée pour une quantité de 3 kg MS de concentré. Ajouter (retrancher) aux valeurs du tableau 0,02 par kg MS concentré en plus (en moins). Retrancher (ajouter) aux valeurs du tableau 0,1 pour 5 kg de lait potentiel en plus (en moins).

^b La substitution herbe/fourrage est indépendante de la quantité de fourrage complémentaire et de la production laitière potentielle du troupeau.

^c Densité énergétique de l’herbe pâturée (UFL_H/UEL_H).

^d Rapport entre les valeurs UEL du fourrage complémentaire (UEL_F) et de l’herbe pâturée (UEL_H).

3

Alimentation des vaches allaitantes

J. AGABRIEL, P. D'HOURL¹

Le troupeau allaitant est producteur de viande de qualité et consommateur de fourrages. Il assure plus de la moitié de la consommation nationale de viande et participe à l'entretien des espaces herbagers. Cette double finalité implique une vision économe de la gestion du troupeau : quelle que soit la finalité, la marge brute sera d'autant plus élevée que les charges sont réduites, notamment les charges alimentaires qui en représentent la majeure partie.

En élevage bovin allaitant, le système de production le plus répandu est basé sur une utilisation maximale de l'herbe, récoltée et pâturée. Les vêlages ont généralement lieu en hiver, de janvier à mars, jusqu'au début du printemps afin de vendre des broutards sevrés à l'automne. La période de reproduction est conditionnée par la date moyenne de mise bas, et peut commencer dès le mois suivant. Elle a lieu en stabulation si les vêlages sont précoces ou lorsqu'ils sont avancés en automne. Dans ces conditions, l'insémination artificielle sur chaleurs induites ou naturelles peut se pratiquer, sinon la reproduction se passe à l'extérieur au pâturage, et généralement en monte naturelle. Dans le cas de vêlages très précoces en début d'automne, la reproduction peut aussi débiter au pâturage mais avant la rentrée à l'étable. La période hivernale ne couvre alors que la fin de la lactation de la vache.

La productivité des vaches allaitantes est toujours modeste (0,8 à 0,9 veau/vache et par an, 1 300 kg à 1 800 kg de lait/lactation en 6 à 10 mois), et le broutard représente l'essentiel du produit du troupeau. Accroître la productivité pondérale en veau (kg de veau sevré par vache mise à la reproduction) est un objectif prioritaire qui nécessite aussi de bons résultats de reproduction. Mais la réduction des coûts de production est également une nécessité et ceci s'obtient en minimisant les charges de structures (essentiellement liées au logement) et les charges d'alimentation. La vache allaitante sera donc le plus souvent sous-alimentée à l'étable en hiver. Les apports recommandés intègrent la possibilité de ne pas alimenter la vache allaitante selon ses besoins, et sa capacité à puiser dans ses réserves corporelles l'énergie nécessaire qui lui manque. Les réserves sont ensuite reconstituées au pâturage. Cette sous-alimentation est possible, mais doit être raisonnée pour ne pas grever les résultats de productivité du troupeau.

Afin d'aider à l'application des recommandations, une méthode de notation du dépôt sous-cutané, a été décrite et proposée par l'Inra pour les races françaises. Une note est donnée de 0 à 5 par maniements à la base de la queue et sur le plat de côtes (tableau 3.1). Pour des notateurs entraînés, cette méthode est à la fois

1. Ce texte s'inspire largement des travaux et des textes publiés par M. Petit (1988. Alimentation des vaches allaitantes. In Jarrige R. (dir.), *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Paris, Inra Éditions, 159-184).

répétable et reproductible. Une meilleure précision peut d'ailleurs être obtenue avec plusieurs personnes notant indépendamment, l'optimum étant de trois notateurs.

Une perte d'un point de note correspond en moyenne à 40-45 kg de masse corporelle dont 30 kg de lipides (25 à 35 selon les expérimentations) et 180 UFL d'apports alimentaires. Cette notation d'état s'applique bien pour les états moyens, c'est-à-dire dans des conditions normales d'élevage. Elle est moins précise pour les états extrêmes.

Besoins alimentaires

Le besoin physiologique de la vache varie tout au long du cycle de production, et correspond à l'apport de nutriments nécessaires pour couvrir les dépenses d'entretien et de production.

Le besoin d'entretien des vaches en système allaitant correspond aux 2/3 des besoins totaux. Il faut donc l'estimer avec précision. Il correspond au niveau de nutriments à apporter pour une variation de poids nulle. Le besoin énergétique d'entretien est fonction du statut physiologique et de la race. Il est plus élevé en lactation qu'en gestation et plus élevé d'environ 5 % pour un animal de type laitier ou croisé laitier (utilisé en allaitement) que pour un animal de type à viande. Le tube digestif et les viscères des animaux laitiers sont proportionnellement plus importants, et ces organes ont un taux de renouvellement des protéines et des lipides dans les tissus supérieurs aux autres. Cet écart suffit en partie pour expliquer la différence entre races. Intra-race, le potentiel laitier accru de certaines vaches s'accompagnerait également d'une augmentation du besoin d'entretien.

L'activité physique entraîne des dépenses importantes puisque l'on s'accorde en moyenne sur une augmentation de 8 à 10 % du besoin d'entretien lorsque l'animal se déplace (par rapport à la stabulation entravée) et de 15 à 20 % lorsqu'il est au pâturage de façon variable selon le milieu. Ainsi, pour une vache de 650 kg au pâturage en lactation, le besoin énergétique initial de 5,2 UFL est accru de 1 UFL correspondant à la fois aux déplacements et à la régulation de sa température.

Le niveau des apports nécessaires pour éviter toute perte de poids d'une vache engraisée est plus élevé que celui de son homologue maigre qui aurait été sous-alimentée. On peut considérer cela comme un résultat global des adaptations du métabolisme énergétique de ces animaux. Le besoin d'entretien s'exprime donc aussi selon l'état corporel de la vache, et en écart par rapport à un état corporel moyen de 2,5 sur 5 (0,87 UFL par point de note modulé selon le format de la vache). La formulation de ce besoin peut ainsi s'écrire :

$$\text{BesENT} = [(I_{\text{act}} \times I_{\text{stade}}) + (0,0068 \times (\text{note} - 2,5))] \times P^{0,75}. \quad (3.1)$$

L'indice I_{act} prend les valeurs respectives de 1,0, 1,1 ou 1,2 selon que la vache est en stabulation entravée, en stabulation libre ou à l'extérieur. Les valeurs de 0,037 UFL/kg $P^{0,75}$ et 0,041 UFL/kg $P^{0,75}$ sont retenues pour I_{stade} respectivement pour une vache tarie (ou en gestation) et une vache en lactation.

La valeur respective du besoin azoté d'entretien est de 3,25 g PDI/kg $P^{0,75}$. Les besoins en calcium absorbable d'entretien sont proportionnels au poids vif (0,015 g/100 kg PV) alors que les besoins en phosphore absorbable sont liés à la fois au poids vif (0,002 g/100 kg PV) et à la matière sèche ingérée (0,83 g/kg MS)

du fait d'une relation entre la perte endogène de phosphore et l'intensité du métabolisme dans le tube digestif.

Le *besoin de production* correspond aux dépenses nécessaires à la conception et au développement du fœtus puis à la lactation.

Les besoins de gestation peuvent s'estimer à partir de la composition du gain du fœtus en lipides et protéines. Le poids de l'utérus plein (fœtus et enveloppes) s'accroît exponentiellement au cours de la gestation, et les besoins énergétique et azoté ne deviennent vraiment significatifs que trois mois avant la mise bas (0,56 UFL et 47 g PDI). Dans les 15 jours qui précèdent la naissance, il s'élève par exemple à près de 3,0 UFL/j pour un veau dont le poids à la naissance sera de 45 kg, ou de 3,2 UFL/j pour un veau de 50 kg. Ils peuvent se calculer selon les équations proposées au chapitre 2 pour les vaches laitières, en adaptant le poids du veau naissant ou ils peuvent se lire dans le tableau 3.2.

La production de lait qui détermine le besoin de lactation, est soutenue par la tétée du veau. Pour une vache Charolaise multipare par exemple, la production sera de 8 kg/j deux semaines après le vêlage, augmentera légèrement ensuite (1 kg/j) pendant deux mois avant de diminuer régulièrement et d'arriver à 3 kg/j au sevrage. La production varie peu au cours des 3 premiers mois, régulée par le potentiel laitier de la mère et la capacité du veau à boire. Elle est alors peu sensible au niveau d'alimentation de la vache, si celle-ci est « en état », c'est-à-dire qu'elle dispose de réserves lipidiques tampon. Mais cette sensibilité au bilan énergétique journalier varie dans le courant et à la fin de la lactation qui se déroulent généralement au pâturage. Une expression mathématique simple ne suffit pas à résumer l'interaction mère-veau et à l'estimer précisément.

La composition du lait bu par le veau varie avec le stade de lactation entre 40-45 g/kg (TB) et 30-33 g/kg (TP). Les valeurs moyennes du besoin de lactation retenues par kg de lait sont de 0,45 UFL et 53 g PDI. Par rapport à un lait standard de vaches laitières, ces valeurs sont élevées, essentiellement du fait de la capacité du veau à extraire une large quantité de la matière grasse produite par la mamelle.

Pour une vache vêlant au cours de l'hiver, le tableau 3.2 récapitule les différents besoins énergétiques « physiologiques stricts » (en UFL). Le besoin PDI de production est respectivement proportionnel aux besoins énergétiques de gestation et de lactation sur la base d'un rapport de 80 g et 117 g PDI/UFL. Ainsi, besoins énergétiques et besoins PDI totaux sont également quasiment proportionnels.

Les besoins totaux en calcium et phosphore absorbables peuvent aussi s'exprimer simplement en proportion de BesUFL. On a ainsi en gestation :

$$\text{BesCa}_{\text{abs}}(\text{g/j}) = 2,38 \text{ BesUFL} - 1,55 \quad (3.2)$$

$$\text{BesP}_{\text{abs}}(\text{g/j}) = 0,85 \text{ BesUFL} + 7,28 \quad (3.3)$$

et en lactation :

$$\text{BesCa}_{\text{abs}}(\text{g/j}) = 3,0 \text{ BesUFL} - 3,47 \quad (3.4)$$

$$\text{BesP}_{\text{abs}}(\text{g/j}) = 2,30 \text{ BesUFL} - 1,77. \quad (3.5)$$

Il faut noter que ces besoins s'élèvent respectivement à 1,25 g et 0,9 g par litre de lait.

Capacité d'ingestion

Les quantités volontairement ingérées par une vache allaitante varient avec l'ingestibilité de la ration qui lui est fournie et avec son état physiologique (gestation, lactation). Elles passent par un minimum au moment de la mise bas et augmentent ensuite rapidement au cours de la lactation pour atteindre un maximum au bout de trois mois de production. On peut observer une grande variabilité entre animaux dans cette évolution cyclique, tant dans la dynamique que dans l'ampleur.

La capacité d'ingestion (CI) de la vache s'exprime dans le système des unités d'encombrement bovins (UEB). C'est en effet l'UEB qui reflète le mieux l'effet de la digestibilité des rations à base de foin sur les quantités ingérées par des vaches allaitantes.

Mesurés au 8^e mois de gestation ou au 2^e mois de lactation, les principaux facteurs de variation de la CI sont la race (les Limousines consomment 8 à 10 % de moins que les Charolaises, et les races laitières utilisées en allaitantes 10 à 15 % de plus), le format mesuré par le poids vif (environ 1,5 UEB/100 kg PV entre 500 et 800 kg), et l'état d'engraissement. Le lait produit intervient après le vêlage à raison de 0,25 UEB/kg. Intra-race, le potentiel laitier modifie également la CI mais, dans la pratique, il est difficile de l'estimer. Ainsi, la capacité d'ingestion d'une vache allaitante peut se formuler ainsi :

$$CI = I_{\text{race}} \times I_{\text{stade}} \times [3,2 + (0,015 \times PV) + (0,25 \times PL) - (I_{\text{note}} \times PV \times (\text{note} - 2,5))] \times I_{\text{par}} \quad (3.6)$$

L'indice I_{race} est égal à 0,95 pour des vaches Limousines, à 1,15 pour des races croisées laitières et à 1,0 pour les autres. L'indice I_{stade} exprime la baisse d'ingestion dans la période qui entoure le vêlage. De la valeur 1,0, il passe à 0,95 (15 jours avant et 15 jours après) et à 0,90 la semaine du vêlage. Il est à l'opposé de 1,02 au 3^e mois de lactation. L'effet de la note d'état d'engraissement I_{note} est légèrement supérieur en gestation (0,002) qu'en lactation (0,0015).

La capacité d'ingestion des primipares est plus faible et évolue progressivement vers celle des multipares. L'indice I_{par} prend la valeur 0,88 en gestation puis varie de 0,9 à 1,0 par pas de 0,03 au cours des 3 premiers mois de lactation. Il est de 1 pour les multipares.

Apports alimentaires recommandés

Notes d'état : objectifs à la base des recommandations

Les apports recommandés intègrent les capacités d'adaptation nutritionnelles des vaches selon leurs caractéristiques de race, d'âge et d'état corporel. La sous-alimentation énergétique va pouvoir être tolérée par une vache disposant de suffisamment de réserves à la rentrée à l'étable. Elle sera raisonnée en fonction de la saison de mise bas, de la saison de mise à la reproduction, du mode de reproduction et du type de vache (race, parité, conditions de mise bas, modalités de la tétée).

Peu influent sur la production, c'est sur la reproduction que l'état des réserves corporelles a l'effet le plus marqué et le plus rapide. L'anœstrus post vêlage est allongé chez les vaches maigres ou légères au vêlage, et encore plus chez celles

cumulant une perte de poids et/ou leur premier vêlage. Cependant, les relations entre l'état nutritionnel d'une vache et sa fonction de reproduction sont très particulières car les besoins énergétiques pour la reproduction *sensu stricto*, c'est-à-dire l'ovulation et la fécondation, sont pratiquement négligeables. En revanche, l'initialisation d'une gestation est lourde de conséquences pour la survie future de la femelle si les apports nutritionnels et/ou si ses réserves corporelles sont insuffisantes.

Les vaches vêlant précocement, en automne ou en début d'hiver, et dont la reproduction se passe à l'étable ne doivent pas être en mauvais état corporel. La note objectif retenue au vêlage est de 2,5/5 pour assurer les retours en chaleur dans l'intervalle de deux mois, et il faut ensuite maintenir cet état au mieux jusqu'au début de la reproduction. Une sous-alimentation limitée pourra être tolérée si l'état corporel est bon à très bon (3,0 et plus) à la rentrée sauf au moment de la reproduction. Pour les animaux maigres (2,0 et moins), la sous-alimentation ne sera jamais tolérée.

La note d'état visée au vêlage pour les vaches mises à la reproduction à l'herbe (vêlant tardivement, moins de 1,5 mois avant la mise à l'herbe) sera voisine de 2,0. Pour celles en bon état initial à la rentrée à l'étable, une sous-alimentation énergétique sera donc tolérée. En effet, la suralimentation importante qui aura lieu au pâturage peu avant le début de la période de reproduction va permettre de rééquilibrer la balance énergétique et jouera le rôle de « *flushing* naturel ».

L'alimentation de la vache a également un effet sur la fertilité à l'œstrus induit par traitement de synchronisation. La note d'état corporel au vêlage, et au début du traitement affecte la réponse physiologique : les animaux maigres répondent moins bien au traitement, et il a été observé qu'une perte de plus de 0,5 point de note d'état corporel entre le vêlage et le traitement diminuait notablement le taux de gestation. Le statut énergétique au moment des inséminations artificielles réalisées après le traitement semble donc être déterminant. Les vaches en bilan énergétique négatif et en anœstrus avant traitement n'ovulent pas systématiquement ; mais, si leur bilan énergétique est rééquilibré, la fertilité est normale, même si la note d'état corporel est faible.

Pour optimiser le résultat du traitement, ceci amène à proposer une note minimale de 2,5 à la mise à la reproduction (comme au vêlage) pour les vaches allaitantes multipares, et de 3 pour les primipares lorsque ce traitement se fait au cours de l'hiver, sans réduction des apports dans les semaines qui précèdent. Un *flushing* (au moins 2 UFL/j supplémentaires par rapport aux besoins) réalisé pendant la période de traitement et poursuivi trois semaines après l'insémination artificielle pourrait améliorer la fertilité à l'œstrus induit chez les vaches maigres.

Alimentation hivernale des troupeaux : diversité des apports recommandés

Les recommandations alimentaires (UF et PDI) concernant la vache allaitante visent à maintenir une production normale et un taux de gestation élevé dans un délai de trois mois après vêlage. Pour cela, elles proposent de gérer le niveau d'apports alimentaires par rapport aux besoins stricts, pour atteindre les notes citées précédemment et de les moduler en fonction du rang de vêlage, de la période de vêlage par rapport à la mise à l'herbe et de la note d'état corporel à la rentrée.

Cette modulation se fait d'abord sur la base de l'énergie en considérant l'équivalent énergétique d'une variation de poids et d'état corporel. Ceci avait été détaillé largement dans l'ouvrage de 1988² et les observations effectuées depuis n'ont pas modifié la nature des relations déterminées alors. Les apports azotés sont proportionnels aux apports énergétiques en tolérant au maximum 15 kg de déficit PDI sur la totalité de l'hiver. Les apports recommandés en P et Ca correspondent aux besoins des animaux.

Ces recommandations sont donc inférieures aux besoins pour une vache en bon état corporel et pour une vache vêlant tardivement. Elles sont plus élevées pour une vache qui vêle en automne ou tôt en hiver que pour une vache vêlant tardivement. Ces recommandations sont encore modulables pour une vache qui fait l'objet d'un traitement de maîtrise des cycles. Enfin, des recommandations particulières sont fournies pour les vaches primipares qui ne doivent pas être sous-alimentées.

Il a été admis que la ration devait être établie pour tout ou partie du troupeau. Les apports recommandés pour des groupes d'animaux découlent du calcul précis fait pour un animal théorique moyen dans les mois autour du vêlage. L'alimentation est raisonnée pour des lots d'animaux dont les besoins seront voisins et la manière la plus usuelle de les constituer est de regrouper les vaches en fonction de leur parité et de leurs dates de vêlage.

Les tableaux joints prévoient de regrouper les vaches par périodes clés du cycle de production :

- vaches tarées et en milieu de gestation : la majorité d'entre elles sont à plus de deux mois du vêlage ;
- vaches en fin de gestation : 7^e-8^e mois de gestation (moins du tiers des vaches du lot ont vêlé) ;
- vaches autour du vêlage : 9^e mois de gestation et 1^{er} mois de lactation (un à deux tiers d'entre elles ont vêlé) ;
- vaches en début de lactation : 2^e mois de lactation (plus des deux tiers d'entre elles ont vêlé) ;
- vaches en reproduction : 3^e mois de lactation ;
- vaches en milieu et en fin de lactation : 7^e à 9^e mois.

Cette constitution de périodes clés, par regroupement des recommandations mensuelles pour la vache représentative du lot, peut se modifier aisément dans le logiciel INRAtion pour répondre aux différentes pratiques de constitution des groupes (deux ou trois groupes par troupeau).

Les tableaux 3.3 à 3.5 indiquent les apports énergétiques et azotés pour la période hivernale, ainsi que la capacité d'ingestion exprimée en UEB. On a pu distinguer :

1°) Trois types de vaches correspondant à des races qui diffèrent par leur production laitière, leur capacité d'ingestion et leur poids après vêlage.

2°) Trois époques de vêlage :

- vaches vêlant moins d'un mois et demi avant la mise à l'herbe et dont la reproduction a lieu exclusivement au pâturage. Elles tolèrent un état médiocre à la sortie de l'hivernage (note objectif de 2,0/5, voir *supra*) car elles vont trouver au pâturage une alimentation suffisamment abondante pour assurer la reproduction ;

2. Jarrige R. (dir.), 1988. *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, Paris, Inra Éditions, 471 p.

- vaches vêlant plus d'un mois et demi avant la mise à l'herbe et souvent mises à la reproduction avant la fin de l'hivernage. Elles doivent avoir une note d'état au vêlage d'environ 2,5 et la maintenir jusqu'à début de la reproduction, à la fois pour une bonne expression des chaleurs et un taux de gestation élevé ;
- vaches vêlant à la fin de l'été ou au début de l'automne, dont la reproduction débute au pâturage mais ne se termine souvent qu'après la rentrée à l'étable. Les apports alimentaires ne peuvent être réduits qu'après la fin de la période de reproduction.

3°) Trois classes d'état des vaches au début de l'hivernage. Les apports sont d'autant plus faibles que les vaches sont en bon état.

Les femelles au premier vêlage à 3 ans (tableau 3.6), qui ont encore une croissance importante à réaliser, sont les plus sensibles à un déficit alimentaire et doivent être mieux nourries que les vaches plus âgées de même poids et de même production. Il en est de même pour des vaches au second vêlage qui seraient mal développées : on ne tolère pas de déficit par rapport aux besoins.

Les vaches primipares âgées de deux ans doivent encore bénéficier d'un supplément d'environ 1 UFL et 120 g PDI en sus des besoins physiologiques stricts pour assurer leur croissance.

Exemple de calcul des rations hivernales

Le tableau 3.7 illustre ce calcul sur la base de la méthode présentée au chapitre 1 pour des vaches Charolaises adultes en début de lactation, qui ont vêlé en fin d'hiver et qui reçoivent un foin de prairie permanente en quantité limitée et une paille d'orge à volonté.

On estime la quantité maximale de fourrages que la vache peut ingérer, ici la quantité de paille consommée en plus du foin, à partir de la capacité d'ingestion (en UEB) diminuée de la quantité d'UEB apportée par le foin. On en déduit les quantités d'UFL, PDI et minéraux majeurs apportées par l'ensemble des deux fourrages.

Dans cet exemple, l'énergie apportée par les fourrages est inférieure de 1,06 UFL aux apports recommandés, et on a choisi de couvrir ce déficit par des aliments concentrés. L'apport de concentré est faible, inférieur à 1,5 kg brut par jour, et on peut alors considérer qu'il ne réduit pas la quantité de fourrages ingérée (substitution nulle). Par kg de concentré au-delà de 1,5 kg, et pour les fourrages dont la valeur UEB est inférieure à 1,5, on adoptera le tableau des substitutions qui se traduit par une réduction de la quantité de matière sèche de fourrage ingérée :

- de 0,5 kg lorsque sa valeur UEB est inférieure à 1,2 ;
- de 0,3 kg lorsque sa valeur UEB est comprise entre 1,2 et 1,4.

On augmentera alors d'autant les UFL apportées sous forme de concentré.

Le complément de PDI nécessaire est calculé sur la base des PDI (E ou N) les plus limitants apportés par la ration de base, soit 142 g PDIN dans l'exemple présent. On calcule la quantité et la composition de l'aliment concentré (chapitre 1), ici les quantités de triticale et de tourteau nécessaires pour apporter 1,06 UFL et 142 g PDIN. On vérifie ensuite que les autres PDI (E ou N) apportés par la ration complète ne sont pas inférieurs aux apports recommandés.

De plus, pour les rations relativement plus riches en PDIE qu'en PDIN (foins, pailles, ensilages de maïs...), l'écart (PDIN – PDIE)/UFL doit rester supérieur à – 22 g en gestation et – 17 g en lactation, faute de quoi la ration serait moins bien ingérée et digérée que prévu. Les apports PDIN sont alors accrus (supérieurs aux apports recommandés) pour réduire cet écart au niveau tolérable ; pour cela, dans l'exemple donné, une partie du triticale est remplacée par du tourteau. Enfin, si on utilise de l'azote non protéique (urée par exemple) avec ces rations riches en PDIE, on admettra qu'il ne doit pas couvrir plus de la moitié du déficit total en PDIN.

L'aliment minéral est choisi d'après les teneurs en P_{abs} et Ca_{abs} de la ration totale et les apports recommandés au bas des tableaux. Les oligo-éléments seront fournis dans l'aliment minéral ou les blocs à lécher (annexe 5). Un complément quotidien d'environ 40 000 UI de vitamine A est recommandé tout au cours de l'hivernage.

Alimentation des veaux sous la mère

Le gain de poids du veau augmente avec la quantité de lait dont il dispose, tout particulièrement dans le jeune âge. Pour des veaux en bonne santé, une variation de 1 kg de lait bu par jour au cours des 3 premiers mois entraîne une variation du gain de poids vif de l'ordre de 100 g. Cet effet reste important tout au long de l'allaitement, proche de 90 g/kg jusqu'à 6 mois et de 65 g/kg par la suite. En plus du lait bu, les niveaux de croissance des veaux dépendent étroitement des quantités ingérées et de la densité énergétique d'une ration solide composée de foin de bonne qualité ou d'herbe pâturée et souvent mais pas nécessairement d'aliment concentré.

La capacité d'ingestion du veau détermine la quantité de cette ration qu'il pourra ingérer en plus du lait de sa mère. Elle augmente avec le développement des pré-estomacs, régulièrement avec l'âge de façon quasiment linéaire entre 100 et 300 kg, de 1,1 UEB à 3 mois, jusqu'à 5,4 UEB environ à 8 mois.

$$CI = 0,0257 PV - 2,02. \quad (3.7)$$

Les veaux qui reçoivent le moins de lait développent plus rapidement leur capacité d'ingestion à raison de 0,15 UEB en plus par kg de lait en moins. Au pâturage, ils consomment un peu plus d'herbe, la substitution entre l'ingestion d'une bonne herbe et le lait bu est totale et donc de + 0,15 kg MS d'herbe par kg de lait bu en moins après l'âge de 3 mois.

Si les quantités et qualité d'herbe deviennent insuffisantes en été ou automne, la croissance des veaux se ralentit par réduction des éléments nutritifs ingérés. Le manque d'herbe de qualité peut être compensé partiellement ou totalement par un apport d'aliment concentré distribué au pâturage et à l'inverse, une amélioration de la valeur alimentaire de l'herbe offerte permettra de l'économiser. Cette distribution d'aliment est également nécessaire lorsque la production de lait de la mère est limitée. Le concentré offert doit être appétible, et suffisamment riche en PDI (120 à 100 g PDI par UFL). La substitution entre herbe pâturée et l'aliment concentré est de – 0,5 kg MS d'herbe par kg de concentré complémentaire et la croissance supplémentaire attendue par kg de concentré ingéré en plus est en moyenne de 150 g/j, mais avec une importante variabilité selon la nature relative des deux aliments (stade de l'herbe et composition du concentré). Ce résultat moyen avait été observé avec des céréales (1,16 UFL/kg MS) alors que le plus souvent les aliments pour brouards sont moins concentrés en énergie.

Le tableau 3.8 indique les besoins pour des veaux au pis selon le niveau de croissance attendu. Ainsi, pour un croît de un kg par jour, les veaux doivent par exemple recevoir sous forme de fourrages et d'aliment concentré :

- à l'âge de 3 mois : 1 UFL ou 0,4 UFL selon qu'ils boivent 6 ou 9 kg de lait, et 120 g de PDI/UFL ;
- à l'âge de 8 mois : 3,8 UFL ou 3,3 UFL selon qu'ils consomment 2 ou 4 kg de lait, et environ 100 g de PDI/UFL.

La vache allaitante au pâturage

Contribution du pâturage aux besoins du couple mère-veau

La période de pâturage est particulièrement importante pour le couple vache-veau car c'est à l'herbe bien souvent, que s'effectue la plus longue partie de la phase d'allaitement, et de croissance du jeune. C'est aussi à l'herbe que la vache se reproduit et récupère ses réserves corporelles lipidiques en cas de perte d'état importante au cours de l'hiver précédent. Le plus généralement la vache allaitante n'est pas « rationnée » au cours de cette période, et c'est la gestion du pâturage qui impose le niveau d'apports nutritifs dont la vache dispose.

Selon le mode de gestion du système fourrager et la date de mise bas (automne ou printemps), selon la région de plaine ou de montagne, la vache allaitante tire du pâturage de 50 à 75 % des éléments nutritifs qui lui sont nécessaires à l'échelle de l'année. Des vêlages précoces en hiver, souvent recherchés car les veaux sont plus lourds à la vente en automne, nécessitent sans doute davantage de réserves fourragères hivernales, mais permettent de tirer le meilleur parti de la pousse d'herbe de printemps car le veau est alors suffisamment âgé et développé à la mise à l'herbe. La vache est aussi suffisamment avancée en lactation et a atteint sa pleine capacité d'ingestion.

La contribution du pâturage aux besoins énergétiques annuels sera d'autant plus faible que la durée de lactation hivernale sera longue, d'autant que la perte hivernale d'état doit alors rester modeste pour assurer tout ou partie de la reproduction avant la mise à l'herbe. La contribution est en revanche maximale dans le cas d'un vêlage après la mise à l'herbe et d'un allaitement de courte durée jusqu'au milieu de l'automne, qui permet de conduire toute la lactation sur la saison de pâturage puis de restreindre fortement l'alimentation hivernale de la vache tarie.

Si on ajoute les éléments nutritifs nécessaires au veau allaité, la contribution de l'herbe à l'alimentation énergétique du couple mère-veau est réduite ou accrue selon l'importance de la complémentation du veau en aliments concentrés puisque le taux de substitution herbe/concentré est élevé (0,5).

Il faut remarquer que les apports azotés utiles tirés du pâturage sont en proportion sans doute très proches des apports énergétiques. Il en est probablement de même pour les minéraux (dans la mesure où une complémentation minérale adaptée est donnée au pâturage), car leur absorption est facilitée dans le cas de rations à forte concentration nutritive (excepté vraisemblablement lors des diarrhées suivant la mise à l'herbe), ainsi que pour la vitamine A dont le « stock » est reconstitué au pâturage. Il existe cependant un grand excès azoté (totalement gaspillé ?) lors du pâturage des jeunes pousses de printemps et des regains.

Les simulations des tableaux 3.9 et 3.10 résument la contribution du pâturage à l'alimentation d'un couple mère-veau, dont le veau serait sevré à l'automne. Elles peuvent être utilisées pour s'adapter à différentes situations, en supposant une reprise d'état des vaches de un point de note d'état (sur cinq) nécessaire pour compenser la perte hivernale incluse dans les recommandations.

Quantités d'herbe ingérée

Les quantités d'herbe ingérées au stade de pâturage par des vaches allaitantes adultes tariées, par exemple des vaches Charolaises, avoisinent 2,3 % du poids vif.

Au pâturage, les facteurs de variations interindividuels (race, parité, état d'engraissement stade physiologique) sont identiques à ceux observés à l'auge et récapitulés dans l'équation de la capacité d'ingestion. Le système des UEB peut donc s'appliquer. Quand l'offre alimentaire quotidienne est élevée, l'ingestion au pâturage dépend de la capacité d'ingestion de l'animal (chapitre 1) et de l'ingestibilité de l'herbe offerte, que l'on peut quantifier à l'auge avec une herbe verte distribuée à volonté.

Chez les jeunes bovins en croissance issus du troupeau allaitant, les quantités d'herbe ingérées décroissent en moyenne de 2,6 g MS/kg PV pour chaque gain de 100 kg de poids, passant ainsi de 28 à 15 g MS/kg PV entre 100 et 600 kg de poids vif. Après sevrage, et au cours de la croissance, elles augmentent ainsi en valeur absolue avec le poids vif, mais moins que proportionnellement au poids vif. En effet, l'importance relative des besoins de croissance dans les besoins totaux diminue avec l'âge pour devenir nulle à l'âge adulte. L'augmentation de l'ingestion avec le poids vif entre animaux de même âge est supérieure à l'augmentation marginale liée à l'âge. Chez les vaches adultes, les quantités d'herbe ingérées s'accroissent donc marginalement en moyenne de 12 à 14 g MS/kg PV et de 0,25 g/kg de lait produit en plus. Ces valeurs sont donc quasiment identiques aux coefficients de détermination de la capacité d'ingestion mesurée en période hivernale (CI).

En pratique, au pâturage, l'offre alimentaire est souvent volontairement restreinte pour maîtriser la hauteur des refus et maintenir la qualité des repousses aussi longtemps que possible au cours de la saison. Dans ces conditions, la capacité d'ingestion des animaux n'est vraisemblablement pas totalement toujours comblée, et les quantités d'herbe ingérées dépendent aussi de facteurs « non nutritionnels », extrinsèques à l'animal et à la valeur de l'aliment, bien qu'interagissant avec eux, et qui sont regroupés sous le vocable « disponibilité » de l'herbe. Celle-ci est souvent estimée par modélisation à partir de sa biomasse ou sa hauteur. Cette disponibilité en herbe est un facteur important de la régulation de l'ingestion, puisqu'en pratique les quantités d'herbe ingérées réellement mesurées sont souvent de 10 à 20 % inférieures à ce que le strict calcul CI/valeur UEB de l'herbe pourrait estimer. De plus, la disponibilité en herbe est liée au chargement de la parcelle.

Il existe enfin globalement peu d'écart de performances animales individuelles et à l'hectare entre les systèmes de pâturage continu, tournant ou rationné. Une synthèse³ d'essais réalisés en France avec des vaches allaitantes ou des bovins en croissance a montré qu'à même niveau de chargement au printemps les performances globales étaient plus faibles en pâturage libre intensif qu'en pâturage tournant.

3. Grenet N., Micol D., Billant J., D'Hour P., Giraud J.-M., Leconte D., Parrassin P.-R., Pecatte J.-R., 1987. Simplification du pâturage pour les troupeaux allaitants et les bovins d'élevage. *Fourrages*, (111) : 283-298.

Tableau 3.1. Détermination de la note d'état d'engraissement*.

Note	Main gauche sur ligament sacro-tubéral (attache de la queue)		Main droite à plat sur les deux dernières côtes	
0	Peau adhérente	Pincement difficile	Peau tendue et collée sur les côtes	Côtes sèches
1	Peau tendue	Pincement possible	Peau tendue et collée sur les côtes	Côtes saillantes
2	Peau se décolle	Léger dépôt identifiable	Peau souple	Côtes encore bien distinctes
3	Peau souple	Poignée de gras	Peau « roule » entre la main et l'os	Dépression intercostale
4	Peau souple	Bonne poignée de gras	Plus de dépression intercostale Un épais « matelas » recouvre les côtes	
5	Peau rebondie	Pleine poignée de gras		

* Si les appréciations données par les mains droite et gauche ne concordent pas, on fait la moyenne des deux appréciations.

Tableau 3.2. Besoins énergétiques de la vache allaitante (en UFL/j).

Besoin d'entretien	Poids de la vache (kg)				
	600	650	700	750	800
Vache tarie, en gestation	4,5	4,8	5,0	5,3	5,6
Vache en lactation	5,0	5,3	5,6	5,9	6,2

Besoin de gestation	Stade de gestation (mois)			
	6	7	8	9
Poids du veau à la naissance (kg)				
40	0,5	1,0	1,7	2,6
45	0,6	1,1	1,9	3,1
50	0,7	1,3	2,2	3,5
Besoin de lactation	0,45 UFL par litre de lait			

Tableau 3.3. Apports journaliers recommandés pour une vache à viande de grand format (Charolaise, Rouge des prés).

	État à la rentrée à l'étable (note d'état de 0 à 5)								
	Bon (> 3,0)			Moyen (2,0-3,0)			Mauvais (< 2,0)		
	UFL	PDI	UEB	UFL	PDI	UEB	UFL	PDI	UEB
Vache de 650 kg (veau de 45 kg). Production laitière maximale : 7,5 kg/j.									
<i>Vêlage de début ou de milieu d'hiver</i>									
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	6,3	525	11,5	6,8	570	12,8	7,8	650	14,1
Autour du vêlage	7,3	675	12,9	7,8	720	13,8	8,8	815	14,8
Début d'allaitement	8,0	750	14,1	8,5	800	15,0	9,7	910	16,0
Période de reproduction	8,8	820	14,6	9,3	865	15,6	10,3	960	16,6
<i>Vêlage de fin d'hiver ou début de printemps</i>									
Milieu de gestation (6 ^e , 7 ^e mois)	4,9	410	11,8	5,1	425	13,1	5,7	480	14,4
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	5,8	485	11,5	6,5	545	12,8	7,3	610	14,1
Autour du vêlage	6,3	585	12,9	7,3	675	13,8	8,3	765	14,8
Début d'allaitement	6,7	630	14,1	7,7	725	15,0	8,7	815	16,0
<i>Vêlage de fin d'été</i>									
Période de reproduction	8,4	780	14,5	8,9	825	15,5	9,9	920	16,5
Milieu de lactation (4 ^e à 6 ^e mois)	6,2	560	14,1	6,9	620	15,1	7,7	695	16,1
Fin de lactation (7 ^e à 9 ^e mois)	5,8	515	13,8	6,5	570	14,8	7,3	640	15,8
Vache de 750 kg (veau de 48 kg). Production laitière maximale : 8,5 kg/j.									
<i>Vêlage de début ou de milieu d'hiver</i>									
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	6,9	575	12,5	7,5	625	14,0	8,6	720	15,5
Autour du vêlage	8,2	755	14,0	8,8	805	15,1	9,9	910	16,2
Début d'allaitement	8,9	840	15,4	9,5	895	16,5	10,9	1 025	17,6
Période de reproduction	9,9	920	16,0	10,5	975	17,1	11,6	1 080	18,2
<i>Vêlage de fin d'hiver ou début de printemps</i>									
Milieu de gestation (6 ^e , 7 ^e mois)	5,4	450	12,9	5,6	470	14,4	6,3	530	15,9
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	6,3	530	12,5	7,1	595	14,0	8,0	675	15,5
Autour du vêlage	7,0	645	14,0	8,2	755	15,1	9,3	860	16,2
Début d'allaitement	7,4	700	15,4	8,6	805	16,5	9,7	915	17,6
<i>Vêlage de fin d'été</i>									
Période de reproduction	9,4	875	15,9	10,0	925	17,0	11,2	1 035	18,1
Milieu de lactation (4 ^e à 6 ^e mois)	6,9	625	15,5	7,6	690	16,6	8,6	780	17,7
Fin de lactation (7 ^e à 9 ^e mois)	6,5	570	15,1	7,2	635	16,2	8,1	720	17,3

Apports recommandés en minéraux :

– pendant la gestation : $Ca_{abs} = (2,38 \times \text{apports UFL}) - 1,6$; $P_{abs} = (0,85 \times \text{apports UFL}) + 7,3$;

Mg = 2 g/100 kg PV ;

– pendant la lactation : $Ca_{abs} = (3,0 \times \text{apports UFL}) - 3,5$; $P_{abs} = (2,3 \times \text{apports UFL}) - 1,8$;

Mg = 2 g/100 kg PV.

Corrections :

– pour les poids intermédiaires, les apports peuvent être calculés par interpolation entre les deux valeurs les plus proches ;

– ajouter 0,5 UFL et 50 g PDI en lactation pour une vache Rouge des prés ou croisée Race à viande × Race laitière en lactation ;

– stabulation libre sans paille : + 0,5 UFL. Plein air intégral : + 1 UFL.

Tableau 3.4. Apports journaliers recommandés pour une vache à viande à capacité d'ingestion limitée (Limousine...).

	État à la rentrée à l'étable (note d'état de 0 à 5)								
	Bon (> 3,0)			Moyen (2,0-3,0)			Mauvais (< 2,0)		
	UFL	PDI	UEB	UFL	PDI	UEB	UFL	PDI	UEB
Vache de 600 kg (veau de 39 kg). Production laitière maximale : 6,5 kg/j.									
<i>Vêlage de début ou de milieu d'hiver</i>									
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	5,6	475	9,8	6,1	510	11,0	7,0	590	12,2
Autour du vêlage	6,8	625	11,2	7,3	670	12,1	8,2	755	13,0
Début d'allaitement	7,3	685	12,0	7,8	730	12,9	8,9	830	13,8
Période de reproduction	8,0	745	12,2	8,5	785	13,1	9,4	870	14,0
<i>Vêlage de fin d'hiver ou début de printemps</i>									
Milieu de gestation (6 ^e , 7 ^e mois)	4,5	380	9,9	4,7	395	11,1	5,3	440	12,3
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	5,2	435	9,8	5,8	490	11,0	6,6	550	12,2
Autour du vêlage	5,9	540	11,2	6,8	625	12,1	7,7	710	13,0
Début d'allaitement	6,1	570	12,0	7,0	660	12,9	7,9	745	13,8
<i>Vêlage de fin d'été</i>									
Période de reproduction	7,6	705	12,3	8,1	745	13,2	9,0	830	14,1
Milieu de lactation (4 ^e à 6 ^e mois)	5,5	500	12,2	6,1	555	13,1	6,9	625	14,0
Fin de lactation (7 ^e à 9 ^e mois)	5,2	455	11,9	5,8	510	12,8	6,5	575	13,7
Vache de 700 kg (veau de 42 kg). Production laitière maximale : 7,5 kg/j.									
<i>Vêlage de début ou de milieu d'hiver</i>									
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	6,3	525	10,8	6,8	570	12,2	7,9	660	13,6
Autour du vêlage	7,7	710	12,2	8,2	755	13,3	9,3	855	14,3
Début d'allaitement	8,2	775	13,2	8,8	825	14,3	10,1	945	15,3
Période de reproduction	9,1	845	13,4	9,6	895	14,4	10,7	995	15,5
<i>Vêlage de fin d'hiver ou début de printemps</i>									
Milieu de gestation (6 ^e , 7 ^e mois)	5,0	420	10,9	5,2	440	12,3	5,9	495	13,7
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	5,7	480	10,8	6,5	545	12,2	7,3	615	13,6
Autour du vêlage	6,6	610	12,2	7,7	710	13,3	8,8	805	14,3
Début d'allaitement	6,8	645	13,2	7,9	745	14,3	9,0	845	15,3
<i>Vêlage de fin d'été</i>									
Période de reproduction	8,6	795	13,6	9,1	845	14,6	10,2	945	15,7
Milieu de lactation (4 ^e à 6 ^e mois)	6,2	560	13,4	6,9	625	14,5	7,8	710	15,5
Fin de lactation (7 ^e à 9 ^e mois)	5,8	510	13,1	6,5	575	14,1	7,3	650	15,2

Apports recommandés en minéraux :

– pendant la gestation : $Ca_{abs} = (2,38 \times \text{apports UFL}) - 1,6$; $P_{abs} = (0,85 \times \text{apports UFL}) + 7,3$;

Mg = 2 g/100 kg PV ;

– pendant la lactation : $Ca_{abs} = (3,0 \times \text{apports UFL}) - 3,5$; $P_{abs} = (2,3 \times \text{apports UFL}) - 1,8$;

Mg = 2 g/100 kg PV.

Corrections :

– pour les poids intermédiaires, les apports peuvent être calculés par interpolation entre les deux valeurs les plus proches ;

– stabulation libre sans paille : + 0,5 UFL. Plein air intégral : + 1 UFL.

Tableau 3.5. Apports journaliers recommandés pour une vache de race rustique (Salers, Aubrac...).

	État à la rentrée à l'étable (note d'état de 0 à 5)								
	Bon (> 3,0)			Moyen (2,0-3,0)			Mauvais (< 2,0)		
	UFL	PDI	UEB	UFL	PDI	UEB	UFL	PDI	UEB
Vache de 600 kg (veau de 40 kg). Production laitière maximale : 8,5 kg/j.									
<i>Vêlage de début ou de milieu d'hiver</i>									
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	5,7	480	10,9	6,2	520	12,1	7,1	595	13,3
Autour du vêlage	7,2	665	12,4	7,7	705	13,4	8,6	790	14,2
Début d'allaitement	8,2	770	13,8	8,6	815	14,7	9,7	915	15,6
Période de reproduction	9,1	845	14,3	9,5	885	15,2	10,5	970	16,1
<i>Vêlage de fin d'hiver ou début de printemps</i>									
Milieu de gestation (6 ^e , 7 ^e mois)	4,5	380	11,2	4,7	395	12,4	5,3	445	13,6
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	5,3	440	10,9	5,9	495	12,1	6,6	555	13,3
Autour du vêlage	6,3	580	12,5	7,2	665	13,4	8,1	750	14,3
Début d'allaitement	7,0	655	13,8	7,9	745	14,7	8,8	830	15,6
<i>Vêlage de fin d'été</i>									
Période de reproduction	8,7	805	14,2	9,2	845	15,1	10,1	930	16,0
Milieu de lactation (4 ^e à 6 ^e mois)	6,5	590	13,8	7,1	645	14,7	7,9	715	15,6
Fin de lactation (7 ^e à 9 ^e mois)	6,1	540	13,5	6,7	590	14,4	7,4	655	15,3
Vache de 700 kg (veau de 44 kg). Production laitière maximale : 9,5 kg/j.									
<i>Vêlage de début ou de milieu d'hiver</i>									
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	6,4	535	12,0	6,9	580	13,4	8,0	670	14,8
Autour du vêlage	8,0	740	13,6	8,6	790	14,6	9,7	890	15,7
Début d'allaitement	9,1	860	15,1	9,7	910	16,1	11,0	1 030	17,2
Période de reproduction	10,2	945	15,7	10,7	995	16,8	11,8	1 095	17,8
<i>Vêlage de fin d'hiver ou début de printemps</i>									
Milieu de gestation (6 ^e , 7 ^e mois)	5,1	425	12,3	5,3	440	13,7	6,0	500	15,1
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	5,9	490	12,0	6,6	555	13,4	7,5	625	14,8
Autour du vêlage	7,0	640	13,6	8,0	740	14,6	9,1	840	15,7
Début d'allaitement	7,7	730	15,1	8,8	830	16,1	9,9	930	17,2
<i>Vêlage de fin d'été</i>									
Période de reproduction	9,7	900	15,6	10,3	950	16,7	11,4	1 050	17,7
Milieu de lactation (4 ^e à 6 ^e mois)	7,3	655	15,2	8,0	720	16,2	8,9	805	17,3
Fin de lactation (7 ^e à 9 ^e mois)	6,8	600	14,8	7,5	660	15,8	8,3	735	16,9

Apports recommandés en minéraux :

– pendant la gestation : $Ca_{abs} = (2,38 \times \text{apports UFL}) - 1,6$; $P_{abs} = (0,85 \times \text{apports UFL}) + 7,3$;

$Mg = 2 \text{ g}/100 \text{ kg PV}$;

– pendant la lactation : $Ca_{abs} = (3,0 \times \text{apports UFL}) - 3,5$; $P_{abs} = (2,3 \times \text{apports UFL}) - 1,8$;

$Mg = 2 \text{ g}/100 \text{ kg PV}$.

Corrections :

– pour les poids intermédiaires, les apports peuvent être calculés par interpolation entre les deux valeurs les plus proches ;

– stabulation libre sans paille : + 0,5 UFL. Plein air intégral : + 1 UFL.

Tableau 3.6. Apports journaliers recommandés pour une vache primipare de race à viande ou rustique.

	Vêlage d'hiver État satisfaisant			Vêlage d'automne État à la rentrée à l'étable (Note d'état de 0 à 5)					
	UFL	PDI	UEB	Moyen à bon (> 2,0)			Mauvais (< 2,0)		
	UFL	PDI	UEB	UFL	PDI	UEB	UFL	PDI	UEB
Vache Charolaise de 600 kg (veau de 44 kg). Production laitière maximale : 6,5 kg/j.									
Milieu de gestation (6 ^e , 7 ^e mois)	6,2	525	10,9						
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	7,1	595	10,8						
Autour du vêlage	7,4	690	11,1						
Début d'allaitement	8,6	795	13,1						
Période de reproduction	9,0	835	13,9	9,2	850	13,7	10,2	950	14,6
Milieu de lactation (4 ^e à 6 ^e mois)				7,3	675	14,5	8,1	755	15,4
Fin de lactation (7 ^e à 9 ^e mois)				6,7	625	14,9	7,6	705	15,8
Vache Limousine de 550 kg (veau de 37 kg). Production laitière maximale : 5,5 kg/j.									
Milieu de gestation (6 ^e , 7 ^e mois)	5,7	480	9,0						
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	6,3	530	8,9						
Autour du vêlage	6,8	630	9,4						
Début d'allaitement	7,8	720	11,4						
Période de reproduction	8,1	755	12,1	8,3	765	11,8	9,2	860	12,7
Milieu de lactation (4 ^e à 6 ^e mois)				6,5	605	12,6	7,3	680	13,5
Fin de lactation (7 ^e à 9 ^e mois)				6,1	565	13,0	6,9	635	13,8
Vache Salers de 580 kg (veau de 40 kg). Production laitière maximale : 7,5 kg/j.									
Milieu de gestation (6 ^e , 7 ^e mois)	6,0	505	10,5						
Fin de gestation (8 ^e , 9 ^e mois)	6,7	560	10,2						
Autour du vêlage	7,5	695	10,6						
Début d'allaitement	8,9	825	12,9						
Période de reproduction	9,4	875	13,8	9,5	885	13,5	10,6	980	14,4
Milieu de lactation (4 ^e à 6 ^e mois)				7,8	725	14,4	8,6	800	15,3
Fin de lactation (7 ^e à 9 ^e mois)				7,2	675	14,8	8,1	750	15,7

Apports recommandés en minéraux :

– pendant la gestation : $Ca_{abs} = (2,38 \times \text{apports UFL}) - 1,6$; $P_{abs} = (0,85 \times \text{apports UFL}) + 7,3$;

$Mg = 2 \text{ g/100 kg PV}$;

– pendant la lactation : $Ca_{abs} = (3,0 \times \text{apports UFL}) - 3,5$; $P_{abs} = (2,3 \times \text{apports UFL}) - 1,8$;

$Mg = 2 \text{ g/100 kg PV}$.

Corrections :

– pour une primipare croisée laitière, ajouter 0,3 UFL, 30 g PDI et 0,2 UEB aux valeurs données pour une primipare Charolaise ; pour une primipare de race rustique de petit format, retrancher 0,5 UFL, 50 g PDI et 1,0 UEB aux valeurs données pour une primipare Salers ;

– stabulation libre sans paille : + 0,5 UFL. Plein air intégral : + 1 UFL.

Tableau 3.7. Exemple de calcul d'une ration à base de foin et de paille pour une vache Charolaise adulte en début d'allaitement.

• **Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion**

Vache de 650 kg après vêlage, rentrée en état satisfaisant, vêlant tardivement.

Hypothèses : veau pesant 45 kg à la naissance ; production laitière de 7,5 kg/jour.

	UFL	PDI	Ca _{abs}	P _{abs}	UEB	DERm
Début d'allaitement	7,7	725	20	16	15,0	0,51

• **Aliments disponibles**

	UFL	PDIN	PDIE	Ca _{abs}	P _{abs}	UEB	DEF
Foin de prairie permanente* n° FF0080	0,63	58	73	1,4	2,0	1,31	0,48
Paille d'orge n° FP0060	0,44	24	46	1,4	0,5	1,70	0,26
Triticale n° CC0100	1,16	72	96	0,5	3,0	-	-
Tourteau soja 48 n° CX0140	1,21	377	261	2,1	5,0	-	-

* foin distribué en quantité limitée : 11 kg soit 9,35 kg MS.

• **Calcul de la complémentation**

Quantités de fourrages ingérées et apports correspondants (en lactation)

	UFL	PDIN	PDIE	Ca _{abs}	P _{abs}	UEB	DEF
Foin : 9,35 kg MS (limité)	5,89	542	683	13,1	18,7	12,2	-
Paille : à volonté pour 15,0 – 12,2 = 2,8 UEB soit 2,8/1,7 = 1,65 arrondi à 1,7 kg MS							
Apports de la paille : 1,7 kg MS	0,75	41	78	2,4	0,9	2,9	-
Apports totaux par les fourrages	6,64	583	761	15,5	19,6	15,1	0,44
Manque (recommandations apports)	1,06	142	-	4,5	-	-	-

La densité énergétique des fourrages apportés est de 0,44, et donc inférieure à celle requise pour cette vache (DERm = 0,51) : il faut donc ajouter de l'aliment concentré à la ration.

Pour combler 1,06 UFL, 0,9 kg de triticales est suffisant. Cela représentera moins de 10 % de concentré dans la ration, on négligera donc la substitution fourrage/concentré. L'apport de 65 g PDIN par la triticales n'est pas suffisant, il faut donc compléter par du tourteau de soja. En considérant leurs valeurs UFL voisines, on obtient par approximation : $(142 - 65) / (377 - 72) = 0,25$ kg MS de tourteau et donc 0,65 kg MS de triticales (un calcul précis par 2 équations à 2 inconnues est possible et indique respectivement 0,28 et 0,62 kg MS des deux aliments).

Apports	UFL	PDIN	PDIE	Ca _{abs}	P _{abs}	UEB
Aliments concentrés	1,06	141	128	0,9	3,2	-
Total ration	7,70	724	889	16,4	22,8	15,1

Mais l'écart d'apports PDIE et PDIN est de 165 g soit $165/7,7 = 21,4$ g par UFL, qui doit être ramené à 17 g/UFL. Il faut donc remplacer encore 0,25 kg MS de triticales par du tourteau de soja en tolérant un léger excès d'apports PDIN.

• **Ration finale**

9,35 kg MS foin + 1,7 kg MS paille + 0,50 kg MS tourteau + 0,40 kg MS de triticales, soit en kg d'aliments :

11 kg foin + 2 kg paille + 570 g tourteau soja + 460 g de triticales.

• **Apports minéraux**

Déficit Ca_{abs} = 20 – 16,8 = 3,2 g de Ca_{abs} et pas de déficit en P_{abs}.

On peut distribuer uniformément durant la période hivernale du carbonate de calcium qui apporte 35 % de Ca avec un CAR de 0,38 (chapitre 9, annexe 5) soit :

24 g = $3,2 / (0,35 \times 0,38)$.

Tableau 3.8. Apports alimentaires recommandés pour des veaux du troupeau allaitant (relation linéaire entre 3 et 8 mois).

	Veau de 3 mois (120 kg)		Veau de 8 mois (290 kg)	
	Lait bu ^b : 7 kg/j		Lait bu : 3 kg/j	
Capacité d'ingestion ^a (ration solide) (UEB) Apports de la ration solide	1,1		5,4	
	UFL	PDI	UFL	PDI
Croissance (g/j)				
800	0,4	50	3,2	320
1 000	0,8	85	3,6	360
1 200	1,1	120	4,1	400

^a Variation marginale selon le niveau de production laitière : 0,15 UEB/kg de lait ; selon le poids 0,017 UEB/kg.

^b Une variation de un kg de lait bu modifie le gain de 100 g/j à 3 mois et de 65 g/j à 8 mois.

Tableau 3.9. Énergie obtenue du pâturage et des aliments hivernaux selon la période de vêlage (vache de 650 kg en reprise d'état corporel de 1 point sur 5, veau de 42 kg à la naissance, sevrage fin septembre).

Période de vêlage	Octobre	Janvier	Mai
Âge et poids des veaux au sevrage mois (kg)	9 (300)	8 (280)	5 (200)
Durée de l'hivernage (en jours)	190	170	160
Énergie nécessaire pour l'hivernage (UFL)	1 860	1 220	670
Durée du pâturage (en jours)	175	195	205
Énergie tirée du pâturage (UFL)*	1 720	2 180	2 030
%	48	65	75

* Hors besoins spécifiques de déplacements importants au pâturage (par exemple en montagne).

Tableau 3.10. Estimation du temps nécessaire pour récupérer les réserves corporelles au pâturage selon le format et la production laitière de la vache.

	Poids vif (kg)			
	500		700	
	Production laitière (kg/j)		Production laitière (kg/j)	
	6	10	6	10
Déficit énergétique hivernal (UFL)	140	280	115	235
Perte hivernale d'état (point de note)	0,8	1,5	0,6	1,3
Herbe ingérée (kg de MS)	11,6	12,5	15,2	16,1
Temps nécessaire de récupération (j)	43	123	22	55

4

Alimentation des veaux et génisses d'élevage

J. AGABRIEL, F. MESCHY¹

Veaux d'élevage

La conduite des veaux d'élevage correspond à la période de la naissance à 4 ou 5 mois d'âge pour un poids vif maximum de 150 kg. Les femelles sont élevées pour la reproduction et les mâles destinés à la production de viande. Au cours de cette période, les potentiels de croissance des tissus squelettique et musculaire sont élevés.

La croissance moyenne recherchée est de 700 à 1 000 g/j et elle est d'autant plus élevée que l'objectif d'âge au premier vêlage des génisses ou l'âge à l'abattage des mâles est plus précoce.

Le jeune veau pré-ruminant se nourrit principalement de lait durant ses 5 premières semaines de vie, et l'alimentation solide (aliment concentré et fourrage) est ensuite progressivement introduite pour en faire un ruminant dès le 4^e mois d'âge.

Alimentation lactée

Le veau nouveau-né doit absolument recevoir le colostrum maternel le plus tôt possible après la naissance (2 kg, entre 2 et 6 heures après la naissance, à une température proche de 40 °C) pour acquérir une première protection immunitaire contre les maladies néonatales, les diarrhées en particulier. Il en consomme ensuite pendant 5 à 6 jours à raison de 4 à 5 kg par jour en 2 repas. Le colostrum a une valeur nutritionnelle élevée : il contient plus d'énergie et de protéines et 3 à 30 fois plus d'oligo-éléments et de vitamines que le lait.

Par la suite, son alimentation est constituée de lait entier ou de lait de remplacement (mélange d'aliment d'allaitement en poudre et d'eau), de préférence rationné pour mieux contrôler sa croissance et surveiller son état sanitaire. L'aliment doit être distribué chaud (40 °C) pour optimiser sa digestion. Le lait entier est généralement distribué en 2 repas par jour après les traites. Des études récentes montrent qu'il peut être distribué en 1 repas par jour et 6 repas par semaine à partir de l'âge de 3 semaines. Mais dans tous les cas, la variabilité de la composition de ce lait entier nécessite un contrôle rigoureux de la croissance des veaux.

1. Ce texte s'inspire largement des travaux publiés par J.-L. Troccon et, en particulier, de Troccon J.-L., Berge Ph., Agabriel J., 1988. Alimentation des veaux et génisses d'élevage. In Jarrige R. (dir.), *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Paris, Inra Éditions, 201-212.

Le lait de remplacement peut être distribué en un seul repas par jour en augmentant la proportion d'aliment d'allaitement ou en mélangeant de l'aliment d'allaitement à du lait entier (tableau 4.1) pour un apport nutritif quotidien identique.

La composition des aliments d'allaitement diffère principalement par la présence ou non de poudre de lait écrémé, et les plans d'alimentation correspondants sont communiqués par les fabricants. Globalement, l'apport de lait entier ou de lait de remplacement est rapidement accru au cours des 2-3 premières semaines, puis stabilisé pour susciter la consommation d'aliments solides. Enfin, il est fortement réduit lors des 2 dernières semaines précédant le sevrage, pour adapter définitivement le veau d'élevage à l'ingestion et à l'utilisation des aliments solides.

L'utilisation de lait fermenté est possible et donne des résultats intéressants : régularité de croissance, diminution des diarrhées, réduction du temps de travail... Le lait fermenté s'obtient par ajout de ferments lactiques dans le lait entier. La fermentation doit ensuite se dérouler pendant 24 heures à une température comprise entre 15 et 20 °C.

Au sevrage, le veau doit avoir multiplié par 2 son poids à la naissance. Si l'allaitement est prolongé, on peut considérer que l'apport énergétique de 8 kg de lait entier ou de 1 kg d'aliment d'allaitement, équivaut alors à la distribution de 2 kg d'aliment concentré.

Les veaux d'élevage doivent disposer en permanence d'une eau parfaitement propre et renouvelée, nécessaire à leur fonctionnement digestif et métabolique et à une ingestion normale des aliments solides.

Aliments solides

La consommation d'aliments solides détermine l'augmentation de poids et de volume du rumen du veau. Les produits de fermentation des aliments par la population microbienne sont à l'origine du développement de la paroi interne du rumen, en particulier des papilles qui la recouvrent. L'augmentation du volume du rumen est plus rapide lorsque le veau reçoit des fourrages plutôt que des aliments concentrés. Cependant, un aliment concentré riche en énergie assure un gain de poids vif plus élevé après le sevrage.

L'aliment concentré est un mélange de sources énergétiques (céréales, sous-produits cellulosiques : son de blé... pour 75-80 %) et azotées (tourteaux, protéagineux, urée... pour 15-20 %) auxquelles sont additionnés 3 % d'un aliment minéral [5(P) – 25(Ca)] vitaminisé. Le veau a un besoin particulier en calcium, en phosphore et en vitamines des groupes A, D, E mais aussi en vitamines du groupe B que sa flore ruminale n'est pas encore apte à produire.

La valeur énergétique de l'aliment concentré peut varier de 1 à 1,16 UFL/kg MS (ou 0,9 à 1 UFL par kg brut) selon la part des sous-produits cellulosiques, lesquels sont bénéfiques à la digestion. Sa valeur azotée doit être de 110 à 120 g PDI par kg MS et assurer l'équilibre PDIE/PDIN de la ration. Offert à volonté, l'apport d'aliment concentré ne doit pas dépasser 2 kg pour les femelles et 3 kg pour les mâles. En présence d'un concentré rapidement fermentescible (par exemple le blé broyé), il sera prudent de fractionner les apports (minimum 2 fois par jour) et d'individualiser la distribution afin de prévenir le risque d'acidose.

Un fourrage de très bonne qualité, très ingestible, doit être offert au jeune veau dès la 3^e semaine pour stimuler le développement du rumen tout en assurant un gain

de poids vif élevé. Le foin précoce bien conservé (0,75 UFL/kg MS) est le fourrage traditionnel du veau d'élevage car assez cellulosique pour éviter des diarrhées. La distribution de fourrages verts ou ensilés de bonne qualité est possible mais de plus de 35 % de MS. Les ensilages de maïs à forte teneur en matière sèche (30 à 35 %) et riches en grain ont l'avantage sur les ensilages d'herbe et les foins de permettre des gains de poids vif élevés après le sevrage avec moins d'aliment concentré.

Le gain de poids vif du veau d'élevage de la naissance à 4 mois dépend largement des quantités distribuées de lait entier ou d'aliment d'allaitement et d'aliment concentré (tableau 4.2). Les apports alimentaires recommandés pour les veaux d'élevage sont précisés dans le tableau 4.3. Cependant, les maladies néonatales peuvent diminuer considérablement l'efficacité de l'utilisation du régime. C'est le cas des diarrhées, qui résultent le plus souvent d'une consommation insuffisante de colostrum dans les premières heures ou d'un dysfonctionnement de la caillette (apports excessifs de lait, température de distribution < 35 °C, lait trop riche en matières grasses...). Ces diarrhées sont également favorisées par de mauvaises conditions d'élevage (humidité excessive, renouvellement excessif ou insuffisant de l'air).

Génisses d'élevage

L'âge et le poids de la vache au premier vêlage guident les objectifs de développement de la génisse. Les rythmes de croissance jusqu'au premier vêlage correspondent à des niveaux d'apports et à différentes densités énergétiques de la ration ; ils ne sont pas neutres vis-à-vis des performances que la future vache pourra réaliser en production. Les trois « périodes clés » de l'élevage des génisses en élevage laitier comme en élevage allaitant se situent donc autour du sevrage, de la puberté et de la première mise à la reproduction.

Développement corporel et mise en place des fonctions de production

La puberté s'observe à développement squelettique et pondéral constant. Elle est précoce en race laitière (10 à 11 mois d'âge pour les génisses Holstein et environ 40 % du poids vif adulte), intermédiaire pour les Montbéliardes (13 à 14 mois, 50 % du poids vif adulte), et plus tardive en vache allaitante avec un gradient de la Salers et la Charolaise (14-16 mois d'âge et 55 % du poids vif adulte) jusqu'à la Limousine et la Blonde d'Aquitaine (16-17 mois d'âge et 60 % du poids vif adulte).

La puberté est d'autant plus précoce que le gain de poids vif depuis la naissance est élevé. Si la croissance est vraiment réduite et que le poids nécessaire n'est pas atteint, l'âge à la puberté peut alors dépendre en partie de la date de naissance de la génisse, dans le sens d'une réduction pour des génisses nées en fin d'hiver ou début de printemps. Lorsque la génisse est cyclée, la fertilité à la saillie n'est pas directement modifiée par le niveau d'apports alimentaires, mais le niveau de croissance doit être maîtrisé car un état d'embonpoint excessif peut altérer la fertilité ultérieure de la jeune vache, essentiellement dans les troupeaux de race à viande.

Avant la puberté, il semble y avoir une croissance optimale de la mamelle qui maximise la production laitière ultérieure. En effet, l'accroissement de poids de la mamelle est directement corrélé au gain de poids moyen quotidien (GMQ), mais pas l'accroissement des différents tissus qui la composent. Pour des croissances élevées

et avec des rations riches en ensilage de maïs, le parenchyme mammaire se développe relativement moins vite, mais il est compensé par l'accroissement du tissu adipeux, ce qui est défavorable à la lactation ultérieure. Situé vers 800 g de GMQ pour des animaux de potentiel modéré, il semble toutefois que cet optimum s'élève avec l'augmentation du potentiel laitier (900 g par exemple pour des potentiels de plus de 9 000 kg de lait). Cela s'observe également avec des génisses de race à viande, mais sans conséquence pratique importante.

Après la puberté, en revanche, le développement du parenchyme mammaire n'est plus affecté par le croît corporel, et la production laitière en première lactation augmente avec le gain de poids et le poids de la jeune primipare après vêlage. Toutefois, on n'observe pas d'effets au-delà d'un seuil de développement situé à 800 g de GMQ et 550 kg de poids vif après vêlage en race Holstein.

Objectifs de croissance

La figure 4.1 propose quelques exemples de croissance pour des génisses de race à viande ou laitière variant par leur date de naissance et leur âge au premier vêlage.

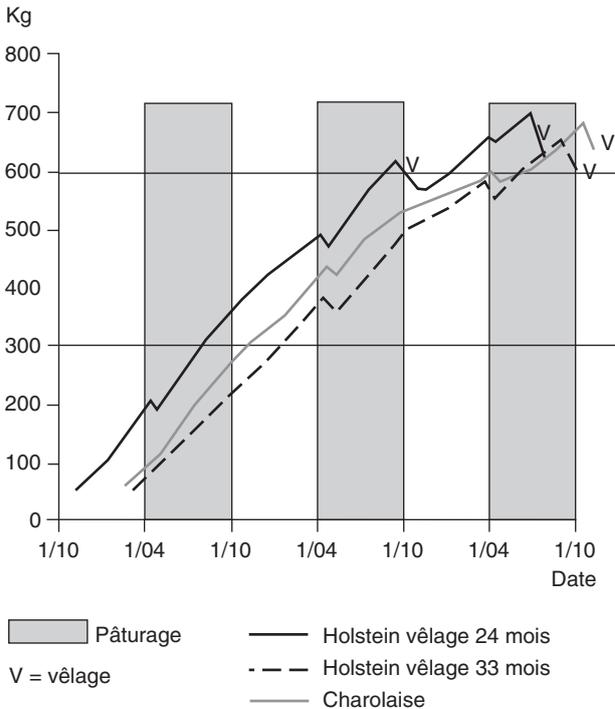


Figure 4.1. Exemples de croissance de génisses de différentes races selon leur âge au premier vêlage.

Pour des raisons de réduction des coûts d'alimentation en hiver, il peut être intéressant de profiter des capacités de croissance compensatrice importantes de ces animaux, notamment au pâturage. Les restrictions temporaires par rapport à une

alimentation *ad libitum* sont en effet bien compensées, et peuvent avoir lieu après sevrage mais au-delà d'un âge critique, d'environ 3 mois pour la génisse laitière, et 6 mois pour celle de race à viande. La réponse compensatrice est d'autant plus marquée que la restriction imposée est intense, mais excessive, cette dernière peut néanmoins compromettre le format adulte de la future vache.

Génisses laitières

Pour la pratique d'un premier vêlage à 24 mois, les poids objectifs à atteindre sont d'un peu moins de 30 % du poids adulte à 6 mois, 50 à 60 % à 15 mois et 80 % à 24 mois (respectivement 200, 410 et 600 kg pour la vache Holstein de grand format de 750 kg). Ce niveau de croissance est considéré comme optimal pour la longévité de la vache et ses lactations ultérieures. La moitié du gain de poids qu'il reste ensuite à prendre (soit 75 kg environ) peut se réaliser au cours de la première lactation.

Dans le cas d'un premier vêlage à 30-34 mois, l'objectif n'est pas d'atteindre le poids adulte dès cet âge, car cela se traduirait par un engraissement excessif. Le gain de poids dans le jeune âge doit rester élevé jusqu'à 6 mois, puis le GMQ requis par la suite est de l'ordre de 500 g. Les génisses peuvent être alors sévèrement rationnées dans les périodes de stabulation hivernales pour réaliser une croissance compensatrice significative au pâturage.

Génisses des troupeaux allaitants

Le vêlage est majoritairement pratiqué à un peu moins de 3 ans. Il faut veiller à atteindre un poids minimum au premier vêlage dont dépendent plus ou moins directement les conditions de mise bas et les problèmes *peri-partum* (mortalité et morbidité des veaux). L'objectif d'un poids au premier vêlage égal à 85 % du poids adulte est majoritairement accepté. Le poids au sevrage à 8-9 mois représente alors 37 à 40 % du poids adulte et celui à la mise à la reproduction à 24-25 mois, 67 à 70 %.

Les génisses vêlant à plus de 30 mois peuvent supporter une certaine restriction énergétique en hiver et réalisent la croissance compensatrice au pâturage. Les GMQ hivernaux de ces génisses (2^e hiver) se situent entre 500 et 700 g. Mais un accroissement temporaire (2 à 3 semaines) du niveau des apports nutritifs à la mise à la reproduction améliore leur fertilité.

Besoins alimentaires

Les besoins ont été calculés par la méthode factorielle, en décomposant le besoin total en besoin d'entretien et besoin lié au gain de poids vif, selon sa composition en lipides et protéines (chapitre 5). Le modèle retenu pour le calcul est celui proposé initialement en 1988. Les apports recommandés qui en découlent ont été confrontés à des données observées et certains paramètres réajustés en conséquence pour les génisses de race à viande (tableau 5.1). Les modifications sont néanmoins mineures.

À même poids et même gain de poids vif, les besoins énergétiques (UFL) sont plus élevés pour des génisses laitières que pour celles de race à viande, parce qu'elles déposent davantage de gras. En revanche, les besoins en PDI sont semblables, car les écarts de composition en protéines du gain de poids qui pourrait créer des différences, sont compensés par de meilleurs rendements d'utilisation des PDI chez les génisses de race à viande. Toutefois, pour des gains très faibles en

protéines, la ration doit apporter au minimum 80 g de PDI par UFL pour assurer un fonctionnement satisfaisant du rumen.

Le déficit tolérable de PDIN par rapport aux PDIE (seuil PDI, tableau 1.3) est variable avec l'âge des animaux. Il est d'autant plus faible que les animaux sont jeunes et exigeants, soit – 10 g/UFL entre 4 et 12 mois d'âge, et – 15 g/UFL au-delà.

Les besoins en phosphore et calcium absorbables sont la somme du besoin d'entretien et du besoin par kg de gain. Le besoin en phosphore est également très dépendant des quantités ingérées, ce qui ne peut pas s'exprimer aisément dans un tableau. Pour des raisons de simplicité, les besoins en minéraux majeurs ont été exprimés dans les tableaux 4.4 et 4.5 simplement en fonction des besoins énergétiques totaux.

Les relations simplifiées suivantes ont pu être établies :

– pour les génisses de race laitière :

$$\text{BesP}_{\text{abs}} = (1,40 \times \text{BesUFL}) + 3,81 \quad (4.1)$$

– pour les génisses de race à viande :

$$\text{BesP}_{\text{abs}} = (1,82 \times \text{BesUFL}) + 1,21. \quad (4.2)$$

Mais, dans la limite du possible, il vaut mieux se référer à l'équation générale suivante pour calculer le besoin en phosphore absorbable :

$$\text{BesP}_{\text{abs}} = (0,83 \times \text{QI}) + (0,002 \times \text{PV}) + [1,2 + (4,655 \times \text{PV}_{\text{ad}}^{0,22} \times \text{PV}^{-0,22})] \times \text{GMQ}. \quad (4.3)$$

Pour le besoin en calcium absorbable, on utilise la formule générale en l'adaptant selon le poids et le poids vif adulte. Pour celui-ci, on pourra retenir respectivement 850 kg pour les génisses laitières et 920 kg pour les génisses à viande :

$$\text{BesCa}_{\text{abs}} = (0,015 \times \text{PV}) + (9,83 \times \text{PV}_{\text{ad}}^{0,22} \times \text{PV}^{-0,22} \times \text{GMQ}). \quad (4.4)$$

Capacité d'ingestion

Au cours du développement, la capacité d'ingestion des génisses exprimée en UEB augmente linéairement avec une puissance du poids vif voisine de 1 :

$$\text{CI} = I_{\text{type}} \times \text{PV}^{0,9}. \quad (4.5)$$

Augmenter le poids au premier vêlage devrait donc s'accompagner d'une capacité d'ingestion plus élevée chez la jeune vache primipare. Cependant, si la croissance est trop soutenue, l'augmentation de l'état d'engraissement pourrait alors exercer un effet inverse, et jouer négativement. Il est cependant délicat de quantifier l'effet direct d'une variation d'un point de la note d'état car celle-ci est difficile à apprécier chez la génisse. Plus faible que chez la vache, il serait de – 0,5 UEB par point de note d'état au-dessus de 2,5.

I_{type} est un coefficient lié à la race de la génisse. Il varie de 0,039 pour des génisses laitières (au-delà de 300 kg), à 0,0345 et 0,031 selon la race de la génisse à viande. Pour de jeunes génisses laitières sevrées tôt qui ont rapidement développé leur rumen, en deçà de 150 kg, il faut rajouter 0,2 UEB à cette estimation puis 0,1 UEB entre 150 et 290 kg.

Pour un même format, la capacité d'ingestion des génisses de race laitière est ainsi supérieure à celle des génisses de race à viande ou rustique : les Holstein ingèrent 10 % de plus que les Charolaises et les Salers de même poids vif, et près de 20 % de plus que les Limousines. Ces écarts qui persistent ensuite chez les vaches, sont à relier à des développements différenciés du rumen qui peuvent être accentuées par le sevrage précoce des génisses laitières. Pour obtenir la même croissance, la concentration nutritive des rations devra être d'autant plus élevée que la capacité d'ingestion sera plus faible. On considère qu'à même composition du gain, l'efficacité métabolique est identique entre races.

Apports alimentaires : calcul de rations hivernales

Les génisses reçoivent essentiellement des fourrages (foins ou ensilage d'herbe), distribués seuls ou en mélange, *ad libitum* ou en quantités définies. La quantité de matière sèche (kg MS) ingérée du fourrage distribué à volonté est déterminée selon les principes présentés au chapitre 1, en divisant la capacité d'ingestion exprimée en UEB par la valeur UEB du fourrage. Les apports UFL, PDIN et PDIE correspondants (quantité × valeurs du fourrage) sont à comparer aux besoins pour un animal de poids donné (tableaux 4.4 et 4.5). Si la croissance permise dépasse l'objectif visé, on peut alors restreindre le fourrage ou le mélange distribué, sur la base des apports énergétiques.

Une génisse laitière de 400 kg a par exemple une CI de 8,5 UEB. Elle peut consommer 7,1 kg MS d'un foin précoce bien conservé (1,2 UEB et 0,72 UFL par kg MS, donc de densité énergétique DEF $0,72/1,2 = 0,6$) qui apportent 5,1 UFL, 460 g PDIN et 550 g PDIE. Cela permet une croissance de 500 g/j. Le déficit PDIN-PDIE de la ration peut être réduit par un apport de PDIN (azote non protéique ou protéagineux).

Si l'objectif de croissance est de 700 g/j, la densité énergétique requise est supérieure (DERm de 0,68) et le fourrage ne peut subvenir seul aux besoins (DEF = 0,6 < DERm), il faut apporter des aliments concentrés. On suit alors la méthode proposée en considérant le taux de substitution Sg retenu pour les bovins producteurs de viande (tableau 1.2).

Pour simplifier, si l'apport de concentré nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques est faible, c'est-à-dire moins de 10 % de la ration totale, on peut alors considérer que la substitution est nulle. Sinon, pour des fourrages médiocres, on commencera le calcul en prenant Sg = 0,15, et pour des fourrages de meilleure qualité Sg = 0,30. Ces valeurs correspondent à 15 % de concentré dans la ration.

Dans notre exemple, 0,6 kg MS de tourteau de soja suffisent, et couvrent les besoins énergétiques et largement les besoins azotés en réduisant le déficit PDIN-PDIE. La ration est cependant excédentaire en azote. En couvrant le déficit énergétique par de l'orge (0,6 kg MS), il faut équilibrer les apports en PDIN par un apport d'azote non protéique. Dans notre exemple, 37 g d'urée permettent d'atteindre le seuil de tolérance du déficit PDIN-PDIE/UFL (10 g/UFL).

La composition de l'aliment minéral complémentaire est choisie sur la base du rapport des déficits en Ca_{abs}/P_{abs} , minéraux majeurs absorbables, selon la méthode exposée au chapitre 1. Les oligo-éléments seront fournis dans l'aliment minéral ou les blocs à lécher.

Alimentation des génisses au pâturage

L'herbe pâturée constitue le fourrage le plus économique. Au printemps et en début d'été, l'abondance et la qualité de l'herbe permettent aux génisses de réaliser en 2 à 4 mois, selon les régions, au moins la moitié du gain de poids vif de la saison de pâturage, surtout si elles sont en croissance compensatrice (800 à 1 000 g/j).

En fin de saison, le maintien du croît, ou du poids vif, nécessite l'utilisation de surfaces additionnelles préalablement fauchées et/ou un moindre chargement à l'hectare des pâturages. La pousse de l'herbe diminue, et la capacité d'ingestion des génisses augmente. La distribution d'aliments complémentaires (concentrés ou fourrages) peut être alors utile, notamment en cas de sécheresse.

La mise à l'herbe s'accompagne d'une perte de poids vif liée à une diminution du contenu digestif. Cette perte peut atteindre 10 % du poids, elle est plus réduite chez les génisses maigres et ayant pâture l'année précédente.

Génisses laitières

À la mise à l'herbe, une génisse laitière de moins d'un an doit pâturer une herbe jeune, ingestible et de bonne valeur nutritive, permettant d'atteindre l'objectif de gain de poids. À défaut, il faut lui apporter 1 à 1,5 kg de céréales par jour. La sensibilité aux aléas climatiques, à l'excès d'eau de l'herbe et au parasitisme digestif et respiratoire rend également indispensable certaines précautions. Il faut ainsi :

- ménager une transition alimentaire de 10 à 15 jours lors de la sortie ;
- disposer d'un abri contre les intempéries (pluie, vent) et pour l'apport d'un peu de fourrage sec par temps humide et d'une alimentation minérale adaptée ;
- planifier des traitements antiparasitaires adaptés (contre les strongles, la douve et le varron).

Les génisses laitières de plus d'un an pâturent sans complémentation autre que minérale (pierre à lécher et si nécessaire aliment minéral vitaminique dans un distributeur). Une complémentation énergétique est peu intéressante (100 g de croît par kg d'aliment concentré environ). En fin de saison, les génisses gestantes, surtout celles dont l'âge au vêlage est inférieur à 30 mois, doivent assurer un croît de 700-800 g/j pour ne pas compromettre leur première lactation. Les génisses vides destinées à des vêlages à plus de 30 mois valorisent les pâturages les plus pauvres et les repousses d'automne de qualité insuffisante pour les vaches laitières.

Génisses des troupeaux allaitants

Les génisses des troupeaux allaitants réalisent au pâturage de 60 à 80 % de leur croissance corporelle (y compris le lait produit à partir de l'herbe par leur mère durant la phase d'allaitement). Elles pâturent sans complémentation autre que minérale (pierre à lécher et si nécessaire aliment minéral vitaminique dans un distributeur).

Le pâturage d'automne est arrêté suffisamment tôt afin d'éviter des croîts trop faibles aux génisses non gestantes et une mobilisation prématurée des réserves corporelles chez les gestantes. Ces réserves sont nécessaires à la couverture des besoins énergétiques et à une bonne fertilité au début de la première lactation.

Tableau 4.1. Plans d'allaitement (kg de lait par jour) de veaux d'élevage sevrés à 8 semaines et réalisant un gain de poids vif de 900 g/j.

Alimentation	Semaine								
	1 ^b	2	3	4	5	6	7	8 ^c	9
Lait entier^a ou lait de remplacement (1 kg = 130 g d'aliment d'allaitement + 870 g d'eau). Deux repas par jour. <i>Total : 400 kg de lait entier ou 50 kg d'aliment d'allaitement.</i>	6	8	8	8	8	8	6	3	0
Lait de remplacement (1 kg = 220 g d'aliment d'allaitement + 780 g d'eau, ou 750 g de lait entier + 125 g d'aliment d'allaitement + 125 g d'eau). Un repas par jour. <i>Total : 50 kg d'aliment d'allaitement ou 28 kg d'aliment d'allaitement et 180 kg de lait entier.</i>	3	4	5	5	5	5	3,5	2	0

^a Suivant la teneur en matières grasses du lait entier, les quantités seront réduites de 0,5 litres/4 points de taux butyreux au-dessus de 40 g/kg.

^b À partir du 5^e jour, après la distribution du colostrum.

^c Sevrage à 8 semaines.

Tableau 4.2. Quantités d'aliments nécessaires aux veaux d'élevage au cours des 4 premiers mois selon le croît journalier recherché.

Croît recherché jusqu'à 4 mois (g/j)	Aliment d'allaitement ^a			Aliment concentré		Fourrage
	Total (kg)	Durée (semaines)	Maximum (g/jour)	Maximum (kg/jour)	Total (kg)	Total ^b (kg MS)
800	45	8	900	1,5	110	85
1 000	70	10	1 300	3	180	40

^a Pour le lait entier, multiplier les quantités par 8.

^b Ces quantités concernent un bon foin. Elles sont à réduire de 20 et 30 % respectivement pour de bons ensilages de maïs ou d'herbe offerts à volonté comme seul fourrage.

Tableau 4.3. Apports alimentaires recommandés pour les veaux d'élevage, de la naissance jusqu'au poids vif de 150 kg (races laitières de grand format).

Poids vif (kg)	Gain de poids (g/j)	Apports journaliers						(kg MS) (UEB)	
		UFL		PDI (g)		Ca _{abs} * (g)	P _{abs} * (g)		
		Avant sevrage	Après sevrage	Avant sevrage	Après sevrage				
50	600	1,3		184				0,9	
	800	1,5		220					
	1 000	1,7		258					
60	600	1,5		203				1,2	
	800	1,7		242					
	1 000	2,0		283					
70	600	1,6		222				1,5	
	800	1,9		263					
	1 000	2,3		306					
80	600	1,8	1,7	240	222	9,2	6,1	1,7	2,2
	800	2,1	2,0	283	265	12,0	6,6		
	1 000	2,5		328		15,0	7,2		
90	600	2,0	1,8	257	232	9,4	6,2	2,0	2,4
	800	2,3	2,2	302	275	12,3	6,8		
	1 000	2,7	2,5	349	316	15,2	7,4		
100	600	2,1	2,0	273	242	9,7	6,5	2,3	2,7
	800	2,5	2,3	320	285	12,6	7,1		
	1 000	2,9	2,7	369	326	15,5	7,7		
125	600		2,4		266	10,3	7,2	3,0	3,2
	800		2,8		308	13,2	7,8		
	1 000		3,2		351	16,1	8,4		
150	600		2,8		286	11,0	7,8	3,6	3,7
	800		3,2		329	13,9	8,4		
	1 000		3,7		372	16,8	9,0		

* Pendant la phase d'allaitement et jusqu'au début du sevrage, les apports recommandés de calcium et de phosphore sont totalement couverts par les quantités amenées dans le lait entier ou le lait de remplacement.

Tableau 4.4. Apports alimentaires recommandés pour des génisses de race laitière.

Poids vif (kg)	GMQ (g)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion (UEB)	DERm
		UFL	PDI (g)	Ca _{abs} (g)	P _{abs} (g)		
150	600	2,8	286	11,0	7,8	3,7	0,76
	800	3,2	329	13,9	8,4		0,86
	1 000	3,7	372	16,8	9,0		1,00
200	400	3,0	282	8,5	8,0	4,7	0,64
	600	3,4	330	11,2	8,6		0,72
	800	3,8	373	13,9	9,2		0,81
	1 000	4,3	412	16,7	9,9		0,91
250	400	3,5	319	9,0	8,7	5,7	0,61
	600	3,9	367	11,6	9,3		0,68
	800	4,4	410	14,2	10,0		0,77
	1 000	5,0	448	16,8	10,8		0,88
300	200	3,5	299	7,0	8,7	6,6	0,53
	400	3,9	355	9,5	9,3		0,59
	600	4,4	404	12,0	10,0		0,67
	800	5,0	446	14,5	10,8		0,76
	1 000	5,6	483	17,0	11,7		0,85
350	200	3,9	333	7,7	9,3	7,6	0,51
	400	4,4	391	10,1	9,9		0,58
	600	4,9	441	12,5	10,7		0,64
	800	5,5	482	14,9	11,6		0,72
	1 000	6,2	516	17,3	12,5		0,82
400	200	4,3	367	8,3	9,9	8,6	0,50
	400	4,8	428	10,7	10,5		0,56
	600	5,4	479	13,0	11,4		0,63
	800	6,1	518	15,4	12,3		0,71
	1 000	6,9	552	17,7	13,4		0,80
450	200	4,7	401	9,0	10,4	9,5	0,49
	400	5,2	465	11,3	11,1		0,55
	600	5,9	515	13,6	12,0		0,62
	800	6,7	550	15,9	13,1		0,71
	1 000	7,5	600	18,2	14,4		0,79
500	200	5,1	436	9,7	10,9	10,5	0,49
	400	5,7	505	12,0	11,7		0,54
	600	6,4	553	14,2	12,7		0,61
	800	7,2	583	16,4	14,0		0,69
	1 000	8,2	664	18,7	15,3		0,78
550	200	5,5	478	10,4	11,4	11,4	0,48
	400	6,1	552	12,6	12,3		0,54
	600	6,9	598	14,8	13,5		0,61
	800	7,9	632	17,0	14,8		0,69
	1 000	9,0	720	19,2	16,4		0,79
600	200	5,8	530	11,1	12,0	12,3	0,47
	400	6,5	612	13,3	13,0		0,53
	600	7,5	648	15,4	14,3		0,61
	800	8,6	687	17,6	15,8		0,70
	1 000	9,9	792	19,7	17,7		0,80

Tableau 4.5. Apports alimentaires recommandés pour des génisses de race à viande, Charolaise (Ch) ou Limousine (Li).

Poids vif (kg)	GMQ (g)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion (UEB)		DERm	
		UFL	PDI (g)	Ca _{abs} (g)	P _{abs} (g)*	Ch	Li	Ch	Li
250	400	3,4	315	9,0	7,4	5,0	4,5	0,69	0,76
	600	3,8	366	11,6	8,1			0,76	0,85
	800	4,2	413	14,2	8,8			0,85	0,94
	1 000	4,6	458	16,8	9,6			0,94	1,05
300	200	3,5	294	7,0	7,5	5,9	5,3	0,59	0,66
	400	3,8	350	9,5	8,2			0,66	0,73
	600	4,2	402	12,0	8,9			0,73	0,81
	800	4,7	451	14,5	9,7			0,81	0,89
	1 000	5,1	496	17,1	10,5			0,89	0,99
350	200	3,9	326	7,7	8,3	6,7	6,1	0,58	0,64
	400	4,3	384	10,1	8,9			0,63	0,70
	600	4,7	438	12,5	9,7			0,70	0,78
	800	5,1	487	15,0	10,6			0,77	0,86
	1 000	5,6	533	17,4	11,5			0,85	0,95
400	200	4,3	357	8,4	9,0	7,6	6,8	0,56	0,63
	400	4,7	418	10,7	9,7			0,62	0,68
	600	5,1	473	13,1	10,5			0,68	0,75
	800	5,6	524	15,4	11,4			0,75	0,83
	1 000	6,1	570	17,8	12,4			0,82	0,91
450	200	4,7	389	9,0	9,7	8,4	7,6	0,55	0,61
	400	5,1	452	11,3	10,4			0,60	0,67
	600	5,5	510	13,6	11,3			0,66	0,73
	800	6,1	561	15,9	12,2			0,73	0,81
	1 000	6,6	607	18,2	13,3			0,80	0,89
500	200	5,0	421	9,7	10,3	9,3	8,4	0,54	0,60
	400	5,5	488	12,0	11,1			0,59	0,66
	600	6,0	548	14,2	12,0			0,65	0,72
	800	6,5	600	16,5	13,1			0,71	0,79
	1 000	7,2	646	18,7	14,2			0,79	0,87
550	200	5,4	454	10,4	11,0	10,1	9,1	0,53	0,59
	400	5,8	526	12,6	11,8			0,58	0,64
	600	6,4	589	14,8	12,8			0,64	0,71
	800	7,0	642	17,0	13,9			0,70	0,78
	1 000	7,7	687	19,2	15,2			0,78	0,86
600	200	5,7	489	11,2	11,6	10,9	9,9	0,52	0,58
	400	6,2	568	13,3	12,5			0,57	0,64
	600	6,8	634	15,5	13,6			0,63	0,70
	800	7,5	688	17,6	14,8			0,70	0,77
	1 000	8,3	729	19,8	16,2			0,77	0,86

* Le besoin en P_{abs} est celui des génisses Charolaises.

Tableau 4.6. Quantités consommées de fourrages offerts à volonté, croît permis et quantité d'aliment concentré nécessaire selon la valeur énergétique (UFL) et la valeur d'encombrement (UEB) du fourrage.

UFL/kg MS	0,8			0,7			0,6			0,5		
UEB/kg MS	1,0	1,1	1,2	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<i>Fourrage ingéré (kg MS)</i>												
Génisse laitière, 250 kg, CI = 5,7 UEB	5,7	5,2	4,8	5,7	5,2	4,8	5,2	4,8	4,4	4,8	4,4	4,1
Génisse laitière, 400 kg, CI = 8,6 UEB	8,6	7,8	7,2	8,6	7,8	7,2	7,8	7,2	6,6	7,2	6,6	6,1
Génisse Charolaise, 300 kg, CI = 5,9 UEB	5,9	5,4	4,9	5,9	5,4	4,9	5,4	4,9	4,5	4,9	4,5	4,2
Génisse Charolaise, 400 kg, CI = 7,6 UEB	7,6	6,9	6,3	7,6	6,9	6,3	6,9	6,3	5,8	6,3	5,8	5,4
<i>Croît permis (g/j)</i>												
Génisse laitière, 250 kg	850	700	600	650	500	350	200	50	0			
Génisse laitière, 400 kg	1 000	850	700	750	600	450	350	200	0			
Génisse Charolaise, 300 kg	800	600	400	500	400	200	0					
Génisse Charolaise, 400 kg	900	800	600	600	450	300	0					
<i>Rations :</i>												
<i>Génisse laitière (400 kg, 800 g/j)</i>												
– fourrage (kg MS)	7,7	7,7	6,8	8,4	7,5	6,8	7,0	6,3	5,9	5,9	5,4	5,0
– concentré (kg MS)			0,6	0,2	0,8	1,2	1,7	2,0	2,2	2,8	3,0	3,2
<i>Génisse Charolaise (300 kg, 600 g/j)</i>												
– fourrage (kg MS)	5,3	5,4	4,9	5,8	5,2	4,7	4,8	4,4	4,1	4,1	3,8	3,6
– concentré (kg MS)			0,3	0,2	0,5	0,9	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,2

5

Alimentation des bovins en croissance et à l'engrais

F. GARCIA, J. AGABRIEL, D. MICOL¹

Les principaux types de production de viande bovine

La production de viande de gros bovins se caractérise en France par une très grande variété de types de production, de races, de modes d'élevage et d'alimentation. Ces animaux sont originaires du troupeau laitier ou du troupeau allaitant. La part du troupeau allaitant a progressivement augmenté au fil des années pour dépasser l'effectif laitier. Les animaux issus du troupeau laitier naissent en majeure partie en automne. Ils sont élevés au lait de remplacement et sevrés à 3-4 mois (chapitre 4). Ils se caractérisent également par une prédominance forte de gènes Holstein. À l'opposé, dans les troupeaux de vaches allaitantes, les naissances ont principalement lieu en hiver et les veaux, élevés sous la mère au pâturage, sont sevrés vers 7-9 mois (chapitre 3), vendus maigres à des âges variables ou engraisés.

Ceci conduit à une grande diversité des rythmes de croissance, des poids à l'abattage, des caractéristiques des carcasses et des besoins nutritionnels.

Ainsi, les mâles non conservés pour la reproduction sont orientés vers la production de taurillons ou de bœufs d'âge variable. Les femelles sont abattues en génisses, ou à la fin de leur carrière de reproductrices, en vaches de réforme. Cela explique le nombre élevé de tables d'apports alimentaires recommandés proposées dans cet ouvrage.

Systèmes intensifs : jeunes bovins en croissance continue

La production la plus représentative des systèmes intensifs est celle des taurillons. Elle se caractérise par un âge à l'abattage inférieur à 20 mois, une croissance continue proche du potentiel des animaux et une alimentation de concentration énergétique élevée à l'auge, sans utilisation notable du pâturage. Les âges et les poids à l'abattage varient respectivement de 15 à 17 mois et de 600 à 700 kg pour les taurillons précoces des races laitières (Pie Noire, Normande, Montbéliarde...), de 15 à 19 mois et de 650 à 750 kg et plus pour les taurillons tardifs des races à viande spécialisées (Charolaises, Limousines...) ou issus de leur croisement avec des races rustiques (Salers, Aubrac...). Un niveau énergétique élevé permet de bien valoriser le potentiel de croissance musculaire des animaux des races à viande

1. Ce texte reprend et complète les travaux publiés par Y. Geay et D. Micol en 1988 (in Jarrige (dir.), *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Paris, Inra Éditions, 213-247).

et, compte tenu du prix relativement modéré des céréales, des rations à très forte teneur en aliments concentrés sont utilisées pour ce type d'animal.

Les différentes tables d'apports alimentaires recommandés pour les taurillons tiennent compte de ces interactions importantes entre les types génétiques et le niveau d'alimentation. Elles proposent des apports adaptés à la composition du croît selon le niveau de croissance et le poids des animaux.

Systemes longs, croissance discontinue : génisses, bœufs et jeunes taureaux

Les bœufs et les génisses sont abattus dans notre pays entre 2 et 3 ans, voire plus tard dans le cas de productions extensives. Dans tous les cas, les animaux sont conduits, non pour atteindre leur potentiel maximum de croissance, mais pour valoriser au mieux les ressources fourragères. Leur courbe de croissance est alors discontinue. Les périodes d'alimentation au pâturage correspondent à des phases de croissance élevées. Les périodes d'alimentation en stabulation, pendant lesquelles sont utilisées les tables, correspondent à des phases de croissance modérée et, généralement, à la phase finale d'engraissement. Ces modifications successives du rythme de croissance permettent d'atteindre un poids de carcasse élevé en évitant un engraissement précoce.

Ces dernières années, le poids et l'état d'engraissement des carcasses à l'abattage ont été mieux maîtrisés grâce à une meilleure conduite lors des diverses phases de croissance : intensification des surfaces en herbe, amélioration de la qualité des fourrages et de leur complémentation, contrôle du parasitisme, etc. Cette amélioration s'est traduite par un rajeunissement des animaux abattus. C'est ainsi, par exemple, que les animaux conduits de façon semi-intensive (génisses, bœufs) peuvent être abattus aux environs de 2 ans.

Actuellement, la recherche d'une valorisation maximale des bœufs et des génisses, tenant compte des qualités bouchères de la carcasse (poids, conformation, qualité des viandes), conduit certaines régions à orienter ces animaux vers une production de carcasses haut de gamme souvent commercialisées sous signes de qualité. Leurs âges et leurs poids à l'abattage varient largement selon le sexe, le génotype, le potentiel de croissance et le passé de l'animal. Les diverses tables d'apports alimentaires recommandés essaient de rendre compte de cette diversité. Leur utilisation se heurte, parfois, aux difficultés de prévoir avec certitude le niveau de croissance que sont capables de réaliser ces bœufs ou ces génisses, compte tenu de leurs performances antérieures.

Finition des vaches de réforme

Les vaches de réforme fournissent à peu près la moitié de la viande bovine produite en France. Elles proviennent aussi bien des troupeaux laitiers que des troupeaux allaitants. Elles sont donc de races et de formats très contrastés et présentent une très grande variabilité liée à leur carrière en élevage : âge, nombre de lactations, état nutritionnel et sanitaire. L'âge à la réforme est par exemple relativement élevé pour les vaches issues des troupeaux de bovins à viande qui sont conservées tant que leur état physique et leur aptitude à se reproduire sont bons. Pour les vaches de réforme issues des troupeaux laitiers, l'âge d'abattage moyen est un peu plus faible.

Les vaches de réforme peuvent être engraisées à l'auge ou au pâturage dans des états physiologiques variés. Lorsqu'elles ont été correctement alimentées au cours de leur vie productive, notamment au cours de leur dernière lactation, elles ont reconstitué leurs réserves corporelles. Elles peuvent dans ce cas être abattues en fin de lactation, sans préparation spéciale. Ainsi, environ 55 % des vaches laitières sont abattues en lactation et les deux tiers d'entre elles ne nécessitent pas d'engraissement. À l'inverse lorsqu'elles ont été insuffisamment alimentées durant leurs lactations successives, elles peuvent se trouver très amaigries (6 à 8 % de dépôts adipeux totaux dans la masse corporelle). Elles requièrent alors une phase de finition au cours de laquelle la reprise de poids vif oscille entre 600 et 1 200 g/j pour des vaches issues du troupeau laitier et entre 800 et 1 600 g/j pour des vaches issues du troupeau allaitant.

Ces animaux âgés ont un croît essentiellement constitué de lipides (70 à 95 % selon les races) et très pauvre en protéines (6 à 3 %). La finition dépasse rarement 60 jours pour les animaux de type laitier et 80-90 jours pour les animaux de races à viande. Elle se justifie pour permettre un dépôt optimum de tissus adipeux (14-17 % de dépôts adipeux dans la masse corporelle) et une amélioration du poids et de la conformation de la carcasse. Une finition adaptée est cependant difficile à individualiser compte tenu de la grande variabilité des situations.

Les besoins des bovins en croissance et à l'engrais

Les apports alimentaires sont destinés à couvrir les dépenses d'entretien et de croissance de l'animal. Les tables proposées sont construites selon la méthode « factorielle » qui ajoute le besoin d'entretien estimé au besoin de croissance prédit. Ce dernier dépend de la composition des dépôts en lipides et protéines et des rendements correspondants.

Évolution de la composition corporelle avec l'âge

L'évolution de la composition corporelle avec l'âge est caractérisée par un développement relatif des différents tissus. Au cours du développement, la proportion des muscles dans le poids vif vide augmente après la naissance puis diminue légèrement au cours du vieillissement alors que la proportion de tissus adipeux dans le poids vif vide augmente continuellement au cours de la vie. Cette simple observation signifie que dans la phase de développement, la croissance relative des tissus adipeux est accélérée par rapport au poids vif vide, que celle du squelette est ralentie et que celle des muscles est sub-isométrique.

Chez les animaux dits précoces, le développement du tissu adipeux sera d'autant plus accéléré. Dans le cas contraire, le développement du gras est d'autant plus tardif et moins rapide que les animaux ont un potentiel musculaire plus important. Ainsi, d'une façon générale, les évolutions sont comparables entre les types d'animaux, mais leurs vitesses sont différentes.

Les modèles développés ci-après reposent sur les principes suivants de l'évolution de la composition corporelle en fonction de l'âge :

– l'évolution de la composition chimique d'un animal peut être décrite de façon simplifiée, en considérant séparément l'évolution des lipides et celle de la masse délipidée (poids vif vide-lipides) ;

- les lipides évoluent selon une relation d'allométrie² classique en fonction du poids vif vide ; cette relation est variable selon le type d'animal (race, âge, sexe, etc.) ;
- l'évolution des protéines et des autres éléments de la masse délipidée (eau, minéraux), en fonction de cette même masse délipidée, est très peu variable selon le type d'animal, son niveau alimentaire ou sa vitesse de croissance. Pour tous, une seule équation peut rendre compte de cette évolution ;
- chez les jeunes animaux, le gain journalier de lipides est fonction du gain de poids vif vide, élevé à la puissance 1,8. Cette équation d'allométrie reflète la croissance accélérée des dépôts adipeux car si l'on accroît le gain journalier d'un jeune animal de 10 % en valeur relative (par exemple de 1 000 à 1 100 g/j), le dépôt de lipides journalier sera alors accru de 18 % (par exemple de 200 à 236 g/j). Chez les vaches de réforme, ce coefficient d'allométrie est égal à 1 car les proportions de lipides dans le gain sont déjà très élevées.

Pour actualiser les valeurs des recommandations dans ce chapitre, nous avons réalisé un ajustement et une validation du modèle d'évolution de la composition corporelle à partir des données expérimentales disponibles en comparaison aux prévisions du modèle existant afin d'en ajuster les paramètres (tableau 5.1). La base de données de validation utilisée est issue des expérimentations sur ce type d'animal conduites à l'Inra (Theix, Les Monts Dore, Le Pin au Haras) et dans les stations expérimentales du groupe Arvalis-Institut du végétal. Cette base de données sur les bovins à l'engrais regroupe 247 enregistrements de quantités ingérées et de performances sur des lots d'animaux observés sur des périodes de 2-3 mois. Les données sur les jeunes bovins (n = 89) concernent en particulier des rations très énergétiques. Les données sur les bœufs et les génisses (n = 110) concernent des croissances modérées sur des régimes riches en fourrages ou au contraire à fort niveau de complémentation. Les données sur les vaches de réforme Charolaises et Limousines essentiellement, regroupent 44 observations sur des rations à base d'ensilage de maïs ou de foin complétement.

Mode de calcul des apports recommandés

Le calcul des apports est basé sur la démarche suivante :

1°) Les apports recommandés correspondent à la somme des dépenses d'entretien et des dépenses de production (croissance et engraissement) de l'animal (chapitre 1). Les valeurs retenues en énergie pour l'entretien sont plus élevées pour les animaux âgés et engraisés que pour les animaux jeunes ($Ent \times PV^{0,75}$: tableau 5.1). Elles ont été actualisées par rapport aux valeurs de 1988 grâce à des ajustements à partir de la base de données. Les besoins azotés (PDI) liés à l'entretien restent fixés à 3,25 g par kg de poids métabolique.

2°) Un modèle³ estime les quantités de protéines et de lipides quotidiennement fixés d'un animal de référence aussi proche que possible de l'animal cible (encadré 5.1). Les quantités de lipides (LIP) et de protéines (PROT) fixées correspondent aux dépôts

2. Une relation d'allométrie exprime le développement d'une entité Y par rapport à une autre X ($Y = aX^b$). Selon la valeur de b par rapport à 1, ce développement est plus rapide ($b > 1$), isométrique ($b = 1$) ou plus lent ($b < 1$).

3. Robelin J. et Daenicke R., 1980. Variations of net requirements for cattle growth with liveweight, liveweight gain, breed and sex. *In* Energy and protein feeding standards applied to the rearing and finishing of beef cattle. *Annales de Zootechnie*, (hors série) : 99-121.

nets d'énergie et d'azote. L'énergie nette fixée ou énergie de production correspond à :

$$\text{EN production (kcal)} = 5,48 \text{ PROT} + 9,39 \text{ LIP.} \quad (5.1)$$

Pour les animaux à croissance rapide (> 1 000 g/j), les valeurs énergétiques des aliments destinés à ces animaux, exprimées en UFV, ont été calculées à partir d'un rendement global (kmf) de l'EM et en considérant que la valeur énergétique nette de l'aliment (EN) pour l'ensemble des dépenses d'entretien et de production correspondait à :

$$\text{EN (UFV)} = (\text{EM} \times \text{kmf}) / 1,82. \quad (5.2)$$

Ensuite, les apports énergétiques recommandés (EN) exprimés en UFV ont été calculés sur la même base, à partir de la relation suivante :

$$\text{EN} = [(\text{EN entretien} \times \text{kmf}) / \text{km} + (\text{EN production} \times \text{kmf}) / \text{kc}] / 1,82.$$

Pour les animaux à croissance lente (< 1 000 g/j) : leurs apports recommandés (EN) exprimés en UFL ont été calculés à partir d'une équation relevant du même principe que précédemment :

$$\text{EN (UFL)} = [(\text{EN entretien} \times \text{kl}) / \text{km} + (\text{EN production} \times \text{kl}) / \text{kc}] / 1,7.$$

Les apports recommandés en PDI ont été calculés à partir des quantités de protéines fixées (PROT en g), selon le modèle décrit précédemment et d'un rendement d'utilisation métabolique des PDI pour la croissance (R_{PDI}).

$$\text{PDI (g)} = (3,25 \times \text{P}^{0,75}) + (\text{PROT} / R_{\text{PDI}}). \quad (5.3)$$

Le rendement R_{PDI} décroît lorsque le poids augmente car l'aptitude de l'animal à fixer des protéines diminue. Cette aptitude varie également selon la race et le sexe. C'est pour tenir compte de ces variations que ce rendement a été modifié en fonction de la composition chimique des animaux. À partir des valeurs moyennes déduites des essais d'alimentation, le rendement⁴ a été réduit d'un point et demi par point de lipides en plus dans le poids vif vide.

3°) On détermine les besoins de croissance de l'animal étudié en tenant compte de l'écart entre son gain de poids vif réel et le gain de poids vif théorique de l'animal de référence.

4°) Les besoins en phosphore et calcium absorbables (BesP_{abs} et $\text{BesCa}_{\text{abs}}$) sont chacun respectivement les sommes du besoin d'entretien et du besoin par kg de gain. Le besoin en phosphore est également très dépendant des quantités ingérées, ce qui ne peut pas s'exprimer aisément. La relation simplifiée suivante a donc pu être établie :

- Pour le calcul des besoins, on utilise une formule générale prenant en compte le poids de l'animal (PV), son poids vif adulte (PVad) et le gain de poids réalisé (GMQ). Dans ces équations, le poids vif adulte se calcule par type d'animal selon les paramètres du tableau 5.1.

$$\text{BesP}_{\text{abs}} = 0,025 \times \text{PV} + [(1,2 + (4,655 \times \text{PV}_{\text{ad}}^{0,22} \times \text{PV}^{-0,22})) \times \text{GMQ}]. \quad (5.4)$$

- Mais, dans la limite du possible, il vaut mieux se référer à l'équation générale utilisée dans INRATION pour calculer le besoin en phosphore absorbable.

4. Geay Y., Micol D., Robelin J., Berge P., Malterre C., 1987. Recommandations alimentaires pour les bovins en croissance et à l'engrais. *Bulletin Technique CRZV Theix*, (70) : 173-183.

$$\text{BesP}_{\text{abs}} = (0,83 \times \text{QI}) + (0,002 \times \text{PV}) + [(1,2 + (4,655 \times \text{PV}_{\text{ad}}^{0,22} \times \text{PV}^{-0,22})) \times \text{GMQ}] \quad (5.5)$$

$$\text{BesCa}_{\text{abs}} = (0,015 \times \text{PV}) + (9,83 \times \text{PV}_{\text{ad}}^{0,22} \times \text{PV}^{-0,22} \times \text{GMQ}). \quad (5.6)$$

Définition et utilisation de l'animal de référence

L'*animal standard de référence* est défini par sa courbe de croissance (poids vif) ou pour les vaches de réforme par deux courbes, l'une de variation de format et l'autre de variation d'état d'engraissement. Cette courbe de croissance est ainsi différente pour les jeunes bovins à l'engrais de type tardif et pour les jeunes bœufs précoces, par exemple. L'animal standard est aussi défini par un état initial (poids vif, contenu digestif et proportion de lipides) et un état final qui sont chacun caractérisés par un pourcentage de contenu digestif dans le poids vif et par un pourcentage de lipides dans le poids vif vide. Ces états, initial et final, permettent de calculer les paramètres des relations d'allométrie (encadré 5.1) et donc d'estimer la composition corporelle et la composition du croît en tout point de la courbe de croissance.

Modélisation de l'animal de référence chez les jeunes animaux

Le modèle est caractérisé par six paramètres qui définissent la courbe de croissance et la composition corporelle à l'état initial et à l'état final. L'évolution du poids vif et du gain de poids vif des jeunes animaux suit une loi de Gompertz, caractérisée par un poids initial PV_0 et deux coefficients a_1 et a_2 donnés dans le tableau 5.1 :

$$\text{PV} = \text{PV}_0 \times \exp(a_1(1 - \exp(-a_2t))) \quad (5.7)$$

$$\text{GPV} = a_2 \times \text{PV} \times \ln((\text{PV}_0 \times \exp(a_1)) / \text{PV}). \quad (5.8)$$

Nous avons défini 16 types d'animaux, correspondant à des types génétiques et à des périodes de croissance différentes (croissance et engraissement). Les valeurs des paramètres pour les différents types d'animaux ont été ajustées à partir des résultats de croissance et de composition corporelle obtenus par abattage, sur des taurillons, des bœufs et des génisses en croissance ou à l'engrais de différentes races. Les données de composition corporelle ont été mesurées par analyse chimique du corps entier ou par estimation à l'abattage à partir de la dissection de la 6^e côte. Les quantités de protéines et de lipides déposées par jour sont ainsi déterminées en fonction du poids et du gain de poids vif de l'animal considéré.

Encadré 5.1

Relations utilisées pour le calcul de la composition du croît des animaux de référence

Contenu digestif et poids vif vide

- Relation d'allométrie entre le poids vif vide (PVV, en kg) et le poids vif

$$\text{PVV} = c_0 \times \text{PV}^{c_1} \quad (5.9)$$

avec c_0 et c_1 des paramètres qui varient selon le type d'animal (tableau 5.1).

- Détermination du contenu digestif (CD, en kg)

$$CD = PV - PVV. \quad (5.10)$$

En considérant PVV_0 et PVV_1 , les poids vifs vides initial et final (kg) calculés à partir de CD_0 et CD_1 (en %) du tableau 5.1, on peut calculer c_0 et c_1 de la façon suivante :

$$c_1 = \ln(PVV_1/PVV_0)/\ln(PV_1/PV_0) \quad (5.11)$$

$$c_0 = PVV_0/PV_0^{c_1}. \quad (5.12)$$

Lipides

Le poids de lipides corporels (LIP) est relié au poids vif vide (PVV) par une relation d'allométrie :

$$LIP = b_0 \times PVV^{b_1} \quad (5.13)$$

où b_0 et b_1 sont des paramètres qui varient selon le type d'animal (tableau 5.1). Le calcul se fait comme pour c_0 et c_1 (équations 5.1 et 5.2) à partir de LIP_0 et LIP_1 (en %) du tableau 5.1.

Protéines

Cette relation est valable, pour tout type d'animal, entre les protéines et la masse délipidée (MDEL) qui correspond à $PVV - LIP$:

$$PROT = 0,1436 \times MDEL^{1,0723}. \quad (5.14)$$

Gain et composition du gain

- Estimation du gain de poids vif (GPV) et du gain de poids vif vide (GPVV) :

$$GPV = a_2 \times PV \times \ln((PV_0 \times \exp(a^1))/PV) \quad (5.15)$$

$$GPVV = (PVV/PV) \times c_1 \times GPV. \quad (5.16)$$

- Relation entre le gain de lipides journalier (GLIP) et le gain de poids vif vide (GPVV) :

$$GLIP = b_0 \times b_1 \times PVV^{b_1 - 1} \times GPVV. \quad (5.17)$$

Modélisation de l'animal de référence chez les vaches de réforme

Les besoins énergétiques sont particulièrement importants chez les vaches de réforme car le gain réalisé est essentiellement composé de lipides. De ce fait, les besoins en protéines digestibles sont essentiellement destinés à assurer l'équilibre du rumen et ont été fixés par rapport aux besoins énergétiques (90 g PDI/UF).

Pour chaque type de vache de réforme, laitière ou à viande, deux modèles de référence sont utilisés successivement. Un premier modèle de croissance simule l'évolution du format (taille) et de la composition du corps vide de la vache avec l'âge, pour un état d'engraissement moyen (encadré 5.2). Cet ensemble permet de définir pour chaque âge entre 3 et 8 ans, un point de référence PV, PVV, LIP pour lequel la composition chimique du corps est donnée.

Un deuxième modèle estime à même format et même âge l'évolution de la composition corporelle lors de la période de finition : la reprise de masse corporelle est alors majoritairement composée de lipides (entre 55 et 100 %), donc pauvre en protéines (6 à 3 %), mais de façon variable selon le nombre de mises bas.

Encadré 5.2

Modèle de croissance et d'engraissement des vaches de réforme laitières et allaitantes

Les relations présentées sont spécifiques des vaches de réforme et permettent de réaliser les calculs pour les animaux de référence.

Croissance en phase d'élevage

$$PV = PV_0 \times \exp(a_0 \times (1 - \exp(-a_1 \times (\text{âge} - 3)))) \quad (5.18)$$

L'évolution du poids vif en fonction de l'âge (en années de 3 à 8 ans) est définie pour chaque type racial (laitier, viande) et chaque format par les paramètres a_0 et a_1 . PV_0 correspond au poids vif à 3 ans.

Engraissement en phase de finition

$$PV = PV_{\text{vif}} + \text{Gainmax} \times (1 - \exp(-r \times \text{durée})) \quad (5.19)$$

PV_{vif} correspond au poids vif théorique de l'animal en début d'engraissement (note de 1,5 pour les vaches allaitantes et note de 1,0 pour les vaches laitières). Le gain de poids vif décroît au fur et à mesure de l'engraissement selon un coefficient r . Gainmax représente le gain de poids vif maximal en fin d'engraissement et la durée s'exprime en jours d'engraissement.

Gainmax et r ont été ajustés séparément pour des vaches de types raciaux différents (laitier et viande).

Ce modèle⁵ définit une vache maigre théorique de note d'état de 1,5 pour les vaches allaitantes et de 1 pour les vaches laitières, et en déduit le pourcentage théorique de lipides dans le PVV en début d'engraissement. En utilisant le pourcentage de lipides calculé au point de référence, il en déduit par allométrie l'évolution de la composition corporelle pendant l'engraissement.

Les données disponibles n'ont pas permis d'estimer précisément les effets des différentes races mais les paramètres du modèle ont été ajustés séparément pour des vaches de race allaitante et de race laitière. Les effets du format et de l'âge sur les besoins ont été quantifiés. Dans la pratique, on considèrera qu'une vache de race allaitante sera de format très petit, petit, moyen ou grand selon que sa hauteur au garrot sera comprise entre 110 et 120 cm, 120 et 130 cm, 130 et 140 cm ou 140 et 150 cm, respectivement. De la même façon, pour une vache de race laitière, des hauteurs au garrot comprises entre 115 et 125 cm, 125 et 135 cm, 135 et 145 cm ou entre 145 et 155 cm correspondront aux formats très petit, petit, moyen et grand, respectivement.

Comme pour les jeunes à l'engrais, la femelle étudiée est caractérisée par rapport à la vache de référence et est affectée de sa composition corporelle et de la composition chimique de son croît (en % de protéines et de lipides déposés par kg), modulées par le poids vif et l'objectif de gain en engraissement.

5. Ce modèle est détaillé dans Garcia F., Agabriel J., 2006. Révision des recommandations alimentaires pour les vaches de réforme à l'engrais – Développement d'un modèle prédictif. *Rencontres Recherches Ruminants*, (13), 93-96.

Capacité d'ingestion et quantités ingérées

Capacité d'ingestion

La capacité d'ingestion d'un animal définit la quantité maximale d'UEB qu'il est capable d'ingérer, même si ses besoins énergétiques ne sont pas couverts. Pour les satisfaire, il faudra choisir une ration qui, pour un encombrement égal au plus à la capacité d'ingestion de l'animal (CI), apporte la quantité d'UFV ou d'UFL nécessaire. On définit ainsi la densité énergétique minimale (DERm = besoins en UFV ou UFL/CI en UEB) que doit atteindre la ration, avec l'apport d'aliments concentrés complémentaires. La valeur de la DERm figure dans la dernière colonne des tableaux d'apports alimentaires recommandés.

La capacité d'ingestion des bovins en croissance et à l'engrais dépend de leurs propres caractéristiques : leur poids vif, leur état d'engraissement, leur âge, leur passé nutritionnel et leur race. L'augmentation de la capacité d'ingestion avec l'âge (et donc avec le poids) est permise par le développement du tube digestif, plus particulièrement par celui du rumen.

Chez les jeunes animaux, l'évolution de la capacité d'ingestion (CI), au cours de la période de croissance et d'engraissement, a été décrite sous la forme :

$$CI = I_{\text{type}} \times PV^b. \quad (5.20)$$

La valeur $b = 0,6$ a été retenue pour tous les animaux à l'engrais (taurillons, taureaux, bœufs, génisses). Chez les bovins en croissance (mâles et génisses d'élevage, chapitre 4) recevant des rations à base de fourrage, la régulation physique de l'appétit est prépondérante ; il ressort que l'ingestion est reliée plus directement au poids vif, b est voisin de 1. Compte tenu des résultats des essais d'alimentation, la valeur de 0,9 a été retenue. La valeur du coefficient I_{type} varie selon le type et la race de l'animal (tableau 5.2).

La capacité d'ingestion des vaches de réforme de race à viande est calculée sur la base de celle des vaches allaitantes tarées en milieu de gestation, et donc en fonction du poids vif (PV) et de la note d'état de l'animal (NEC) :

$$CI(\text{UEB}) = \left[1,5 \times \left(\frac{PV}{100} \right) + 3,2 \right] - 0,002 \times PV \times (NEC - 2,5). \quad (5.21)$$

L'équation tient compte du fait que pour un format donné, lorsque la note d'état augmente, la capacité d'ingestion de la vache diminue. Pour les vaches de race Limousine, on applique un coefficient supplémentaire multiplicatif de 0,95.

La capacité d'ingestion des vaches de réforme de race laitière est calculée selon l'équation de la CI présentée dans le tableau 2.2 (équation 2.3) en considérant que la vache étudiée est tarée.

Les tableaux d'apports alimentaires recommandés fournissent les valeurs de la capacité d'ingestion (en UEB) selon le poids de l'animal. Ces valeurs permettent de calculer les quantités de matière sèche de chaque fourrage que chaque animal est capable, en moyenne, d'ingérer volontairement.

Modèle de la substitution fourrages/concentrés

Lors du calcul des rations, il faut prévoir la quantité de fourrage volontairement ingérée par l'animal, laquelle dépend de la quantité de concentré ajoutée, quantité qu'il faut calculer simultanément. Lorsqu'on ajoute à une ration de fourrages consommée à volonté, une quantité (Q) d'aliment concentré, la quantité de matière sèche de fourrage ingérée est modifiée. Le plus souvent, elle diminue d'une quantité $Q \times Sg$, où Sg représente le taux de substitution de l'aliment concentré à l'ingestion de fourrages. À partir de la base de données disponible, l'estimation du taux de substitution Sg a été réactualisée (encadré 5.3). Elle permet un meilleur ajustement de l'ingestion pour les rations à très forts niveaux de complémentation, utilisées dans la pratique de nos jours.

Encadré 5.3

Phénomène de substitution fourrages/concentrés chez les bovins en croissance et à l'engrais

Chez les bovins en croissance et à l'engrais, le taux de substitution global Sg est relié à la valeur d'encombrement du fourrage VE_F et à la proportion d'aliment concentré dans la ration (C , variant de 0 à 1), sur la base de la matière sèche, par la série de relations suivante :

$$Sg = \left(\frac{0,86}{VE_F} \right) \times (1 - K \times \exp^{\frac{-B}{(1-C)}}). \quad (5.22)$$

Dans cette équation, les paramètres dépendent de la VE_F moyenne du fourrage :

$$A = 1 - (1,26 \times (VE_F - 0,85)^{0,84}) \quad (5.23)$$

$$D = \frac{1}{VE_F} - A \quad (5.24)$$

$$B = \frac{VE_F}{2,04 \times D} \quad (5.25)$$

$$K = VE_F \times D \times \exp\left(\frac{B}{0,7}\right). \quad (5.26)$$

Cette série d'équations décrit une famille de courbes reliant Sg à VE_F pour différentes valeurs de C .

Cette série de relations est résolue dans les logiciels de rationnement (cf. INRAtion) par itération successive entre l'apport en énergie recommandé, la capacité d'ingestion et Sg . Le tableau 1.2 propose des valeurs de Sg compte tenu du type d'animal et de la ration pour un calcul manuel approché.

Apports alimentaires recommandés

Les tableaux d'apports alimentaires recommandés (5.3 à 5.15) précisent, pour chaque poids et chaque gain de poids, les quantités d'énergie (UFV ou UFL), de protéines (PDI) et de minéraux nécessaires pour couvrir au mieux les besoins des animaux. Ils ont été établis selon les modèles présentés. Pour les animaux à l'engrais, ayant une croissance supérieure à 1 000 g/j, les apports énergétiques recommandés

sont exprimés en UFV tandis que ces apports sont exprimés en UFL pour les animaux en croissance modérée (< 1 000 g/j). La capacité d'ingestion de tous ces types d'animaux est exprimée en UEB.

Taurillons

Parmi les mâles entiers à croissance intensive, on distingue trois classes de précocité au sein desquelles on a considéré quand nécessaire des génotypes et des itinéraires de production différents. Ces catégories sont en effet caractérisées par des compositions du croît et des besoins différents :

- les taurillons de races tardives et (ou) de grand format, à fort potentiel de croissance musculaire, pouvant atteindre 1 800 g/j entre 350 et 500 kg (Charolais, Rouge des Prés...) abattus entre 700 et 750 kg. Des apports spécifiques concernent les génotypes Blond d'Aquitaine et Limousin qui présentent une capacité d'ingestion moindre. Un tableau spécifique concerne le jeune taureau à viande de 2 ans (< 24 mois), qui utilise une saison de pâturage avant son engraissement entre 18 et 24 mois ;
- les taurillons de précocité intermédiaire, issus des troupeaux allaitants (Salers, Aubrac...) et ceux issus des troupeaux laitiers : Montbéliard, Normand, Charolais × Normand, Charolais × Pie Noire, abattus autour de 650 kg, dont les croîts moindres peuvent cependant atteindre 1 600 g/j entre 300 et 400 kg ;
- les taurillons de races précoces, issus des troupeaux laitiers Pie Noire (Prim'Holstein), abattus autour d'un poids vif de 650 kg, dont les croîts peuvent atteindre 1 500 g/j avant 400 kg.

Bœufs et génisses

Nous avons distingué parmi les mâles castrés, selon leur précocité ou leur âge en début de finition, deux classes d'animaux finis à l'âge et justifiant de ce fait des tableaux d'apports alimentaires recommandés différents :

- les bœufs issus des troupeaux allaitants, nés au printemps (Charolais essentiellement) finis à l'âge, à partir d'un poids minimum de 400 kg vers 20-22 mois et abattus vers 24-28 mois à un poids voisin de 700 kg, ou à partir de 500 kg vers 30 mois et abattus vers 32-36 mois à un poids pouvant atteindre 800 kg ;
- les bœufs laitiers Pie Noire (Prim'Holstein), Normand, Charolais × Normand et Charolais × Pie Noire, nés en automne et engraisés à partir d'un poids minimum de 400 kg, abattus entre 28 et 30 mois à un poids voisin de 650 kg, ou nés au printemps et finis à l'âge à 26-30 mois entre 600 et 700 kg.

Les génisses, comme les mâles, ont des besoins qui dépendent, à un poids donné, de leur état d'engraissement et donc de leur précocité. Deux classes de génisses nées au printemps et non destinées à la reproduction, engraisées à partir de 18-20 mois, ont été considérées :

- les génisses issues des troupeaux allaitants (Blonde d'Aquitaine, Charolaise, Limousine, Salers, Aubrac et croisée Charolais × Salers et Charolais × Aubrac...) pouvant être abattues vers 26-30 mois à des poids allant jusqu'à 700 kg ;
- les génisses issues des troupeaux laitiers (Holstein, Normande, Montbéliarde et croisée Charolais × Normand, Charolais × Pie Noire...) pouvant peser au moins 350 kg en début d'engraissement et abattues vers 24-28 mois à des poids allant jusqu'à 550 kg.

Les génisses plus âgées et plus lourdes (30-36 mois) peuvent être assimilées à des vaches de réforme.

Vaches de réforme

Les apports alimentaires recommandés de cette catégorie d'animaux ont fait l'objet d'un tableau spécifique. Les vaches ont été regroupées en deux catégories : l'une issue des troupeaux laitiers dont les croûts évoluent entre 600 et 1 400 g/jour, pour des poids variant de 500 à 800 kg, l'autre issue des troupeaux allaitants dont les poids et les gains de poids sont compris respectivement entre 500 et 950 kg et 600 et 1 600 g/jour.

Selon leur origine laitière ou allaitante, les apports énergétiques recommandés (tableau 5.13) sont exprimés en UFL ou UFV, car la plupart des vaches sont engraisées dans leurs troupeaux d'origine, leur capacité d'ingestion est également exprimée en UEL ou en UEB.

Le tableau fournit une estimation des besoins énergétiques moyens des vaches selon leur âge, leur poids moyen, leur état d'engraissement moyen (moyenne de l'état initial et de l'état objectif) et le gain de poids journalier attendu. Dans ce tableau, ces effets sont additifs et un coefficient correctif multiplicatif est proposé pour tenir compte du format.

Les apports énergétiques élevés sont le reflet de la teneur en lipides du croût. Il n'en est pas de même des apports recommandés en PDI, très supérieurs (+ 50 % environ) aux besoins physiologiques en protéines. Ces apports se justifient essentiellement pour assurer aux microorganismes du rumen une couverture suffisante de leurs besoins azotés et permettre ainsi une digestibilité et un niveau d'ingestion satisfaisants. Un minimum de 90 PDI/UF a été retenu.

Généralement aucun complément minéral vitaminé n'est distribué à cette période de la vie de la vache, mais si nécessaire on retiendra les besoins en minéraux des vaches tarées.

Phase d'élevage : les jeunes en croissance modérée

Cette dénomination regroupe ici les mâles castrés d'un poids supérieur à 150 kg, dont le croût est inférieur ou égal à 1 000 g/jour (tableaux 5.14 et 5.15). Ces animaux sont très voisins des génisses traitées au chapitre 4. Deux classes de mâles en croissance ont été considérées, selon leurs origines, distinguant des animaux de précocité différente : ceux issus des troupeaux laitiers et ceux issus des troupeaux allaitants.

Calcul de rations en stabulation

À partir des principes de rationnement présentés dans le chapitre 1 et des tableaux d'apports alimentaires recommandés de ce chapitre, l'encadré 5.4 propose un exemple de calcul de ration pour un jeune bovin à l'engrais et l'encadré 5.5 pour une vache de réforme allaitante.

Pour faciliter l'ensemble de ces calculs et mieux adapter les divers aliments aux différents types d'animaux, il est plus aisé d'utiliser le logiciel « INRation ».

Encadré 5.4

Exemple de calcul de ration pour un taurillon Charolais recevant de l'ensilage de maïs

Descriptif de l'animal

Taurillon de race Charolaise, PV = 400 kg, gain de poids prévu = 1 700 g/j.

Besoins journaliers et ingestion (tableau 5.3) :

– besoins UF	7,6 UFV
– besoins PDI	756 g
– besoins P_{abs}	21,5 g
– besoins Ca_{abs}	26 g
– capacité d'ingestion (CI)	7,2 UEB
– DERm	1,06.

Caractéristiques du fourrage

Ensilage de maïs (FE4720), hachage fin sans conservateur, 35 % de MS. Valeurs par kg de matière sèche (distribution à volonté) :

– valeur d'encombrement (VE_F)	1,05 UEB
– valeur énergétique	0,81 UFV
– valeur azotée	42 g PDIN, 67 g PDIE
– valeur minérale	$P_{abs} = 1,3$ g, $Ca_{abs} = 0,8$ g.

Aliment concentré

- Maïs en grain (CC0060). Valeurs par kg de matière sèche :
 - valeur énergétique 1,23 UFV
 - valeur azotée 74 g PDIN, 97 g PDIE
 - valeur minérale $P_{abs} = 2,2$ g, $Ca_{abs} = 0,3$ g.
- Tourteau de soja 48 (CX0140). Valeurs par kg de matière sèche :
 - valeur énergétique 1,20 UFV
 - valeur azotée 377 g PDIN, 261 g PDIE
 - valeur minérale $P_{abs} = 5,0$ g, $Ca_{abs} = 2,1$ g.

1. Le fourrage peut-il subvenir seul aux besoins énergétiques de l'animal ?

$$DERm = \frac{7,6 \text{ UFV}}{7,2 \text{ UEB}} = 1,06$$

$$DEF = \frac{0,81 \text{ UFV}}{1,05 \text{ UEB}} = 0,77$$

On a $DEF < DERm$: le fourrage ne peut pas à lui seul satisfaire les besoins énergétiques de l'animal, l'apport de concentré est nécessaire.

2. Quantités ingérées et couverture des besoins avec Sg approximatif (tableau 1.2)

Valeur UEB du fourrage = 1,05 et bovin en engraissement avec une ration estimée à ≈ 40 % de concentré, soit $Sg = 0,64$. Il s'agit d'une estimation au début du calcul. Si, au cours du calcul de la ration, la proportion de concentré s'avère totalement différente, il faudra revenir au Sg correspondant à la proportion réellement utilisée.

On pose QI_{C1} la quantité ingérée de maïs grain et QI_{C2} celle de tourteau de soja (les numéros renvoient aux équations du chapitre 1).

$$CI = 7,2 = (QI_F \times 1,05) + (QI_{C1} \times 0,64 \times 1,05) \quad (\text{équation 1.1})$$

$$\text{Besoin UF} = 7,6 = (QI_F \times 0,81) + (QI_{C1} \times 1,23) \quad (\text{équation 1.3})$$

$$QI_{C1} = \frac{(7,6 + E) - 7,2 \times DEF}{1,23 - (0,64 \times DEF \times 1,05)} = 2,9 \text{ kg MS de maïs grain} \quad (\text{équation 1.4})$$

avec $DEF = \frac{0,81 \text{ UFV}}{1,05 \text{ UEB}} = 0,77$ et $E = 0$.

$$QI_F = \frac{7,2 - (3,4 \times 0,64 \times 1,05)}{1,05} = 5,0 \text{ kg MS.} \quad (\text{équation 1.5})$$

La proportion de concentré est de 37 %. La différence par rapport à l'estimation initiale de 40 % de concentré étant faible, le calcul n'a pas lieu d'être réitéré.

3. Couverture des besoins azotés

Besoins azotés de l'animal : besoins PDI = 756 g PDI.

Apports PDI de la ration :

$$PDIN = (5,0 \times 42) + (2,9 \times 74) = 425 \text{ g.}$$

$$PDIE = (5,0 \times 67) + (2,9 \times 97) = 616 \text{ g.}$$

La valeur azotée la plus faible de la ration est la valeur PDIN. Dans cette ration, les PDIN sont le facteur limitant de la synthèse microbienne.

Le déficit est de $756 - 425 \text{ g} = 331 \text{ g}$: il est donc nécessaire de substituer du tourteau de soja à une partie du maïs grain.

La valeur UFV de ce tourteau est peu différente de la valeur UFV du maïs grain. Pour déterminer la quantité à apporter, on calcule approximativement en divisant le déficit par l'écart de valeur PDIN du soja et du maïs grain :

$$QI_{C2} = \frac{\text{BesPDI} - (QI_F \times \text{PDIN}_F) - (QI_C \times \text{PDIN}_{C1})}{\text{PDIN}_{C2} - \text{PDIN}_{C1}} \quad (\text{équation 1.9})$$

$$QI_{C2} = 1,1 \text{ kg MS de tourteau de soja, soit } QI_{C1} = 1,8 \text{ kg MS de maïs grain.}$$

Vérification du fonctionnement microbien du rumen :

$$\begin{aligned} \text{Apports PDIN} &= (QI_F \times \text{PDIN}_F) + (QI_{C1} \times \text{PDIN}_{C1}) + (QI_{C2} \times \text{PDIN}_{C2}) \\ &= (5,0 \times 42) + (1,8 \times 74) + (1,1 \times 377) \\ &= 758 \text{ g.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Apports PDIE} &= (QI_F \times \text{PDIE}_F) + (QI_{C1} \times \text{PDIE}_{C1}) + (QI_{C2} \times \text{PDIE}_{C2}) \\ &= (5,0 \times 67) + (1,8 \times 97) + (1,1 \times 261) \\ &= 797 \text{ g.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Apports UFV} &= (QI_F \times \text{UFV}_F) + (QI_{C1} \times \text{UFV}_{C1}) + (QI_{C2} \times \text{UFV}_{C2}) \\ &= (5,0 \times 0,81) + (1,9 \times 1,23) + (1,1 \times 1,2) \\ &= 7,6 \text{ UFV.} \end{aligned}$$

$$\text{Rapport} = \frac{\text{PDIN} - \text{PDIE}}{\text{UFV}} = \frac{758 - 797}{7,6} = -5 \text{ g,}$$

qui est un niveau acceptable compte tenu de ce type de production.

4. Couverture des besoins minéraux

La ration apporte

$$\begin{aligned} P_{\text{abs}} &= (QI_F \times P_{\text{abs } F}) + (QI_{C1} \times P_{\text{abs } C1}) + (QI_{C2} \times P_{\text{abs } C2}) \\ &= (5,0 \times 1,3) + (1,8 \times 2,2) + (1,1 \times 5) = 16 \text{ g.} \end{aligned}$$

Le déficit est de : $21,5 - 16 = 5,5 \text{ g}$.

$$\begin{aligned} Ca_{\text{abs}} &= (QI_F \times Ca_{\text{abs } F}) + (QI_{C1} \times Ca_{\text{abs } C1}) + (QI_{C2} \times Ca_{\text{abs } C2}) \\ &= (5,0 \times 0,8) + (1,8 \times 0,3) + (1,1 \times 2,1) = 6,8 \text{ g.} \end{aligned}$$

Le déficit est de : $26 - 6,8 = 19,2 \text{ g}$.

$$\text{Rapport du déficit} = \frac{19,2}{5,5} = 3,5.$$

Rapport du déficit sur le calcium et le phosphore total :

$$1,63 \times \text{déficit} (Ca_{\text{abs}} / P_{\text{abs}}) = 5,7. \quad (\text{équation 1.10})$$

Il faut choisir une formule d'aliment minéral qui apporte environ 5,7 fois plus de calcium que de phosphore, de type 5-30, distribué à raison de 100 g par animal et par jour.

Ainsi, la ration est composée de 5,0 kg MS d'ensilage de maïs, 1,9 kg MS (2,2 kg brut) de maïs grain, 1,1 kg MS (1,25 kg brut) de tourteau de soja 48 et 100 g d'un CMV de type 5-30.

Encadré 5.5

Exemple de calcul de ration pour une vache de réforme Charolaise recevant une ration à base de foin

Descriptif de l'animal

Vache de race Charolaise, PV = 650 kg, gain de poids prévu = 1 200 g/j, âge = 6 ans, NEC = 2, format petit.

Besoins journaliers et ingestion (tableau 5.13)

$$\text{Besoins UF} = (5,58 + 3,8 + 1,06 + 0,52) \times 1,012 = 11,1 \text{ UFV}$$

$$\text{Besoins PDI} = 90 \times 11,1 = 999 \text{ g}$$

$$\text{Capacité d'ingestion (CI)} = [(1,5 \times 6,5) + 3,2] - (0,002 \times 650 \times (2 - 2,5)) = 13,6 \text{ UEB.}$$

Caractéristiques du fourrage

Foin de prairie permanente de demi-montagne (FF0510), fané au sol par beau temps, 1^{er} cycle floraison.

Valeurs par kg de matière sèche (distribution à volonté) :

- valeur d'encombrement (VE_F) 1,20 UEB
- valeur énergétique 0,53 UFV
- valeur azotée 58 g PDIN, 72 g PDIE
- valeur minérale P_{abs} = 1,0 g, Ca_{abs} = 1,0 g.

Aliment concentré

- Orge en grain (CC0010). Valeurs par kg de matière sèche :
 - valeur énergétique 1,08 UFV
 - valeur azotée 79 g PDIN, 101 g PDIE
 - valeur minérale P_{abs} = 3,0 g, Ca_{abs} = 0,5 g.
- Tourteau de soja 48 (CX0140). Valeurs par kg de matière sèche :
 - valeur énergétique 1,20 UFV
 - valeur azotée 377 g PDIN, 261 g PDIE
 - valeur minérale P_{abs} = 5,0 g, Ca_{abs} = 2,1 g.

1. Le fourrage peut-il subvenir seul aux besoins énergétiques de l'animal ?

$$\text{DERm} = 11,1 \text{ UFV} / 13,6 \text{ UEB} = 0,82$$

$$\text{DEF} = 0,53 \text{ UFV} / 1,2 \text{ UEB} = 0,44.$$

On a DEF < DERm : le fourrage ne peut pas à lui seul satisfaire les besoins énergétiques de l'animal, l'apport de concentré est nécessaire.

2. Quantités ingérées et couverture des besoins (Sg approximatif – tableau 1.2)

On travaille avec un bovin à l'engraissement à environ 40 % de concentré, et on considère donc que le taux de substitution Sg = 0,48 avec le foin retenu (1,20 UEB).

QI_{C1} et QI_{C2} sont respectivement les quantités de matière sèche d'orge en grain et de tourteau de soja.

UF_F et VE_F sont les valeurs énergétiques (UFV) et d'encombrement (UEB) du fourrage.

$$CI = (QI_F \times VE_F) + (QI_{C1} \times Sg \times VE_F) = 13,6$$

(équation 1.1)

$$\text{Apport UF} = (QI_F \times UF_F) + (QI_{C1} \times UF_C) - E = 11,1. \quad (\text{équation 1.3})$$

$$QI_{C1} = \frac{(11,1 + E) - (13,6 \times DEF)}{1,08 - (0,48 \times DEF \times 1,2)} \quad (\text{équation 1.4})$$

= 6,2 kg MS d'orge en grain, avec DEF = 0,44 et E = 0.

$$QI_F = \frac{13,6 - (6,2 \times 0,48 \times 1,2)}{1,2} = 8,3 \text{ kg MS.} \quad (\text{équation 1.5})$$

3. Couverture des besoins azotés

Les apports recommandés azotés de l'animal sont de 999 g de PDIN.

Apports PDIN de la ration :

$$PDIN = (8,3 \times 58) + (6,2 \times 79) = 971 \text{ g}$$

$$PDIE = (8,3 \times 72) + (6,2 \times 101) = 1\ 224 \text{ g.}$$

Les apports PDIE sont couverts par la ration, mais pas les apports PDIN qui sont limitants.

On va donc utiliser un second aliment concentré, du tourteau de soja, riche en protéines, en complément de l'orge en grain.

La valeur UFV de ce tourteau est peu différente de la valeur UFV de l'orge. Pour déterminer la quantité à apporter, on calcule approximativement en divisant le déficit par l'écart de valeur PDIN du soja et du maïs grain :

$$QI_{C2} = \frac{\text{BesPDIN} - (QI_F \times PDIN_F) - (QI_{C1} \times PDIN_{C1})}{PDIN_{C2} - PDIN_{C1}}. \quad (\text{équation 1.9})$$

D'où $QI_{C2} = 0,10$ kg MS de tourteau de soja, soit $QI_{C1} = 6,10$ kg MS d'orge.

On trouve ainsi après vérification de nouveaux apports azotés :

$$PDIN = 1\ 000 \text{ g}$$

$$PDIE = 1\ 240 \text{ g.}$$

4. Vérification du bon fonctionnement du rumen

$$(PDIN - PDIE) / UF = (1\ 000 - 1\ 240) / 11,1 = -21,6 \text{ g/UFV.}$$

Ce rapport est un peu trop élevé pour un animal en engraissement : il y a un risque de ne pas atteindre l'objectif de croissance souhaité. Pour un meilleur fonctionnement du rumen, on peut ajouter à la ration 100 g d'urée qui apporteront alors 147 g PDIN.

On obtient alors : $(PDIN - PDIE) / UF = -7,8 \text{ g.}$

5. Couverture des besoins minéraux

La ration apporte :

$$P_{\text{abs}} = (QI_F \times P_{\text{abs F}}) + (QI_{C1} \times P_{\text{abs C1}}) + (QI_{C2} \times P_{\text{abs C2}})$$

$$= (8,3 \times 1,0) + (6,10 \times 3) + (0,10 \times 5) = 27 \text{ g.}$$

L'excédent est de : $27 - 23 = 4 \text{ g.}$

$$Ca_{\text{abs}} = (QI_F \times Ca_{\text{abs F}}) + (QI_{C1} \times Ca_{\text{abs C1}}) + (QI_{C2} \times Ca_{\text{abs C2}})$$

$$= (8,3 \times 1,0) + (6,10 \times 0,5) + (0,10 \times 2,1) = 11,6 \text{ g.}$$

Le déficit est de : $21 - 11,6 = 9,4 \text{ g.}$

Ce déficit de calcium peut être comblé par un apport de 25 g de carbonate de calcium (à 40 % de calcium).

Ainsi, la ration est composée de 8,3 kg MS de foin, 6,1 kg MS (7,0 kg brut) d'orge et 0,1 kg MS (0,2 kg brut) de tourteau de soja 48 et 100 g d'urée.

Alimentation au pâturage

Hormis les taurillons qui sont alimentés intensivement, tous les autres types de bovins utilisent le pâturage, y compris les animaux âgés de deux ans et plus pour leur finition.

Dans la majorité des cas, lorsque l'herbe est abondante et de bonne qualité, l'exploitation du pâturage permet aux animaux d'ingérer une quantité d'herbe de valeur nutritive élevée qui « sature » presque leur capacité d'ingestion. Cet ajustement est réalisable en combinant simultanément les techniques d'exploitation de la prairie : rotation, fertilisation azotée et maîtrise du chargement. Les croûts permis à l'herbe (tableau 5.16) vont cependant dépendre largement de la nature et des potentialités de la prairie. Ils évoluent au cours de la saison et dépendent également des caractéristiques propres de l'animal (âge, race, passé).

Les performances maximales sont atteintes au cours des premiers mois, au printemps, lorsque les quantités d'herbe offertes et la valeur alimentaire de celle-ci sont élevées. C'est également au cours de cette période que l'animal peut réaliser une croissance compensatrice d'autant plus élevée qu'il a été plus restreint au cours de la période hivernale précédente. Sur des prairies semées, conduites de façon intensive, le gain de poids journalier peut atteindre 1,4 kg/j chez des vaches de réforme et 1,5 kg/j chez des animaux de 26 à 30 mois. Il se situe aux alentours de 1 kg/j chez des animaux plus jeunes (13-18 mois) ou sur des prairies où la disponibilité en herbe est plus limitée. Au cours de l'été et de l'automne, les performances diminuent par suite d'une réduction de la disponibilité et de la valeur alimentaire de l'herbe, mais aussi d'une augmentation de l'état d'engraissement des animaux, particulièrement lors de leur finition au pâturage. Les croissances à l'automne peuvent devenir nulles, voire négatives en cas de manque d'herbe.

L'apport d'un complément énergétique au pâturage, sous forme de céréales, permet de maintenir les croissances des animaux, en particulier en fin de saison, et de leur assurer une bonne finition à l'herbe. Cependant, il est délicat de définir un schéma précis de rationnement puisque les quantités ingérées d'herbe et d'énergie sont inconnues. On a donc recours à la distribution d'une quantité de céréales, fixée *a priori*, tenant compte de l'état du pâturage, des animaux et des objectifs de production. La complémentation au pâturage n'est pas nécessaire pour les vaches de réforme qui sont généralement engraisées, au printemps, au cours des deux premiers cycles de végétation. Elle est le plus généralement pratiquée pour les bœufs d'origine laitière qui doivent être finis à l'herbe à deux ans. Elle peut être également employée pour l'engraissement à l'herbe de bœufs et de génisses de 30-33 mois de races à viande tardives ou issues des croisements avec elles.

L'apport de céréales se situe entre 2,0 et 4,0 kg/animal/jour durant les trois derniers mois de la saison d'herbe ou précédant la période de vente escomptée. Il faut cependant l'ajuster au poids et à l'état des animaux. Il permet de moduler les dates de sortie et de rentrée des animaux.

Enfin, un apport de chlorure de sodium et d'oligo-éléments doit être assuré, sous forme de pierres à lécher.

Remerciements : un remerciement particulier à H. Dubroeuq qui a su rassembler les données de différentes origines et les mettre en forme pour les analyses ; à J.-C. Bonnefoy qui a participé à la mise en forme de ce chapitre ; à S. Rudel, R. Jailler (Inra-URH/Theix), J.-R. Peccatte (Inra-Le Pin au Haras) qui ont mis à disposition les données de leur installation.

Les auteurs remercient aussi tout particulièrement la société Arvalis-Institut du végétal qui nous a confié, gracieusement, ses données récentes sur les jeunes bovins.

Tableau 5.1. Paramètres du modèle caractérisant la courbe de croissance et la composition corporelle de l'animal de référence utilisés pour les différents types d'animaux.

Catégories	PV ₀	PV ₁	a ₁	a ₂	CD ₀	CD ₁	LIP ₀	LIP ₁	Ent
Animaux à l'engrais									
Taurillons CH à l'engrais	300	700	1,1028	0,0037	16	10	8	14	100
Taurillons LI et BA à l'engrais	300	650	1,1028	0,0037	16	10	8	14	100
Taureaux race à viande 2 ans	540	750	0,6526	0,0035	12	10	10,5	14	110
Taurillons SA et AU à l'engrais	250	600	1,4078	0,0038	20	12	9	17,5	100
Taurillons NO et MO à l'engrais	200	550	1,4078	0,0038	20	12	7	18	91
Taurillons PN à l'engrais	200	550	1,4078	0,0038	20	12	7,5	21	91
Bœufs tardifs à l'engrais	500	750	0,629	0,0035	12	10	11	16,5	105
Bœufs précoces à l'engrais	540	660	0,629	0,0035	13	11	16	21,2	102
Génisses tardives à l'engrais	450	600	0,6174	0,0035	13	11,5	13	16,5	102
Génisses précoces à l'engrais	440	540	0,5228	0,0035	14	12	16	22	102
Animaux en croissance									
Mâles tardifs CH en croissance	300	540	1,114	0,0025	16	12	8	11	90
Mâles tardifs LI et BA en croissance	300	540	1,114	0,0025	16	12	8	11	90
Mâles précoces en croissance	200	520	1,501	0,0025	20	13	7,5	18	90
Génisses tardives en croissance	300	550	1,114	0,0025	18	13	9	14	90
Génisses LI et BA en croissance	300	550	1,114	0,0025	18	13	9	14	90
Génisses précoces en croissance	200	480	1,501	0,0025	20	13	9	21	90

PV₀ et PV₁ : poids vifs initial et final.

a₁ et a₂ : paramètres de l'équation de Gompertz représentant l'évolution du poids vif en fonction de la durée (t en jour).

CD₀ et CD₁ : contenus digestifs initial et final (en % du poids vif).

LIP₀ et LIP₁ : lipides corporels initiaux et finaux (en % du poids vif vide).

Ent : coefficient des besoins d'entretien en kcal d'énergie nette par kg de poids métabolique.

Tableau 5.2. Paramètres I_{type} et b de la capacité d'ingestion (en 10⁻³ UEb/PV^b) des différentes catégories de bovins en croissance et à l'engrais. L'exposant b du poids vif est égal à 0,6 chez les bovins à l'engrais et à 0,9 chez les bovins en croissance.

Catégories	I _{type}	b
Animaux à l'engrais		
Taurillons CH à l'engrais	197	0,6
Taurillons LI et BA à l'engrais	187	0,6
Taureaux race à viande 2 ans	220	0,6
Taurillons SA et AU à l'engrais	207	0,6
Taurillons NO et MO à l'engrais	205	0,6
Taurillons PN à l'engrais	219	0,6
Bœufs tardifs à l'engrais	220	0,6
Bœufs précoces à l'engrais	242	0,6
Génisses tardives à l'engrais	220	0,6
Génisses précoces à l'engrais	248	0,6
Animaux en croissance		
Mâles tardifs CH en croissance	34,6	0,9
Mâles tardifs LI et BA en croissance	31,1	0,9
Mâles précoces en croissance	38,7	0,9
Génisses tardives en croissance	34,6	0,9
Génisses LI et BA en croissance	31,1	0,9
Génisses précoces en croissance	34,9	0,9

Tableau 5.3. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des taurillons à l'engrais, issus des troupeaux allaitants : Charolais, Charolais × Salers, Charolais × Aubrac...

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFV	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
250	1 000	4,5	473	16,8	13,6	5,4	0,82
	1 200	4,8	521	19,4	15,1		0,89
	1 400	5,2	567	22,0	16,6		0,97
300	1 000	5,0	512	17,0	14,6	6,0	0,82
	1 200	5,4	561	19,5	16,1		0,89
	1 400	5,8	608	22,0	17,5		0,96
	1 600	6,2	654	24,5	18,9		1,03
350	1 000	5,4	550	17,4	15,7	6,6	0,82
	1 200	5,9	600	19,8	17,1		0,89
	1 400	6,3	648	22,2	18,5		0,95
	1 600	6,8	694	24,6	19,8		1,03
	1 800	7,3	738	27,1	21,2		1,10
400	1 000	5,9	589	17,8	16,8	7,2	0,82
	1 200	6,4	640	20,1	18,1		0,89
	1 400	6,8	688	22,5	19,5		0,95
	1 600	7,3	734	24,8	20,8		1,02
	1 800	7,9	778	27,2	22,2		1,10
	2 000	8,4	819	29,5	23,5		1,18
450	1 000	6,4	629	18,2	17,9	7,7	0,83
	1 200	6,9	681	20,5	19,2		0,89
	1 400	7,4	730	22,8	20,5		0,96
	1 600	7,9	776	25,1	21,9		1,03
	1 800	8,5	820	27,4	23,2		1,10
	2 000	9,1	860	29,7	24,5		1,18
500	1 000	6,8	672	18,7	19,0	8,2	0,83
	1 200	7,4	726	20,9	20,3		0,90
	1 400	7,9	775	23,2	21,6		0,96
	1 600	8,5	821	25,4	22,9		1,03
	1 800	9,1	864	27,7	24,2		1,11
	2 000	9,7	903	29,9	25,5		1,19
550	1 000	7,3	720	19,2	20,1	8,7	0,84
	1 200	7,9	774	21,4	21,4		0,91
	1 400	8,5	824	23,6	22,7		0,97
	1 600	9,1	870	25,8	24,0		1,05
	1 800	9,8	911	28,0	25,3		1,12
600	1 000	7,8	773	19,8	21,3	9,2	0,85
	1 200	8,4	828	21,9	22,6		0,92
	1 400	9,1	878	24,1	23,8		0,99
	1 600	9,7	921	26,2	25,1		1,07
650	1 000	8,3	832	20,3	22,5	9,6	0,87
	1 200	9,0	887	22,4	23,7		0,94
	1 400	9,7	934	24,5	24,9		1,01
	1 600	10,5	973	26,7	26,2		1,09
700	800	8,2	831	18,8	22,4	10,0	0,82
	1 000	8,9	894	20,9	23,6		0,89
	1 200	9,7	944	23,0	24,8		0,96
	1 400	10,5	982	25,1	26,1		1,04
750	800	8,8	889	19,4	23,6	10,5	0,84
	1 000	9,6	941	21,5	24,8		0,92
	1 200	10,5	973	23,5	26,0		1,00
800	800	9,5	889	20,1	24,8	10,9	0,88
	1 000	10,6	898	22,1	26,0		0,97

Tableau 5.4. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des taurillons à l'engrais, issus des troupeaux allaitants : Limousin et Blond d'Aquitaine.

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFV	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
250	1 000	4,5	473	16,8	13,6	5,1	0,87
	1 200	4,9	521	19,4	15,1		0,94
	1 400	5,3	568	22,0	16,6		1,02
300	1 000	5,0	512	17,0	14,6	5,7	0,87
	1 200	5,4	562	19,5	16,1		0,94
	1 400	5,8	609	22,0	17,5		1,02
	1 600	6,3	654	24,5	18,9		1,10
350	1 000	5,5	551	17,4	15,7	6,3	0,87
	1 200	5,9	601	19,8	17,1		0,94
	1 400	6,4	649	22,2	18,5		1,01
	1 600	6,9	694	24,6	19,8		1,09
	1 800	7,4	738	27,1	21,2		1,17
400	1 000	6,0	590	17,8	16,8	6,8	0,87
	1 200	6,4	641	20,1	18,1		0,94
	1 400	6,9	689	22,5	19,5		1,01
	1 600	7,4	734	24,8	20,8		1,09
	1 800	8,0	777	27,2	22,2		1,17
	2 000	8,6	818	29,5	23,5		1,26
	450	1 000	6,4	631	18,2		17,9
1 200	6,9	682	20,5	19,2	0,95		
1 400	7,5	731	22,8	20,5	1,02		
1 600	8,0	776	25,1	21,9	1,10		
1 800	8,6	818	27,4	23,2	1,18		
2 000	9,2	857	29,7	24,5	1,26		
500	1 000	6,9	674	18,7	19,0	7,8	0,89
	1 200	7,4	727	20,9	20,3		0,96
	1 400	8,0	775	23,2	21,6		1,03
	1 600	8,6	820	25,4	22,9		1,11
	1 800	9,3	860	27,7	24,2		1,19
	2 000	10,0	897	29,9	25,5		1,28
550	1 000	7,4	722	19,2	20,1	8,3	0,90
	1 200	8,0	775	21,4	21,4		0,97
	1 400	8,6	823	23,6	22,7		1,04
	1 600	9,3	866	25,8	24,0		1,12
	1 800	10,0	905	28,0	25,3		1,21
600	1 000	7,9	774	19,8	21,3	8,7	0,91
	1 200	8,5	828	21,9	22,6		0,98
	1 400	9,2	875	24,1	23,8		1,06
	1 600	10,0	915	26,2	25,1		1,15
650	1 000	8,4	833	20,3	22,5	9,1	0,92
	1 200	9,2	884	22,4	23,7		1,00
	1 400	9,9	927	24,5	24,9		1,09
	1 600	10,8	960	26,7	26,2		1,18
700	800	8,3	834	18,8	22,4	9,5	0,87
	1 000	9,0	892	20,9	23,6		0,95
	1 200	9,9	936	23,0	24,8		1,03
	1 400	10,8	967	25,1	26,1		1,13
750	800	8,9	889	19,4	23,6	9,9	0,90
	1 000	9,8	932	21,5	24,8		0,99
	1 200	10,8	952	23,5	26,0		1,08

Tableau 5.5. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des taureaux de deux ans à l'engrais de race à viande.

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFV	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
450	1 000	6,7	622	18,6	18,0	8,6	0,78
	1 200	7,2	675	20,9	19,4		0,83
	1 400	7,7	725	23,3	20,8		0,89
	1 600	8,2	772	25,6	22,1		0,95
	1 800	8,7	817	28,0	23,5		1,01
500	1 000	7,2	666	19,0	19,2	9,2	0,79
	1 200	7,7	720	21,3	20,5		0,84
	1 400	8,2	771	23,7	21,8		0,89
	1 600	8,7	819	26,0	23,2		0,95
	1 800	9,3	865	28,3	24,5		1,01
	2 000	9,9	907	30,6	25,8		1,08
550	1 000	7,7	715	19,6	20,3	9,7	0,79
	1 200	8,2	772	21,8	21,6		0,84
	1 400	8,8	824	24,1	22,9		0,90
	1 600	9,3	873	26,3	24,2		0,96
	1 800	9,9	918	28,6	25,5		1,02
600	1 000	8,2	772	20,1	21,5	10,2	0,80
	1 200	8,7	831	22,3	22,7		0,85
	1 400	9,3	885	24,5	24,0		0,91
	1 600	9,9	935	26,7	25,3		0,97
650	1 000	8,7	839	20,6	22,6	10,7	0,81
	1 200	9,3	901	22,8	23,9		0,86
	1 400	9,9	958	25,0	25,2		0,92
700	800	8,6	844	19,1	22,5	11,2	0,77
	1 000	9,2	919	21,2	23,8		0,82
	1 200	9,8	984	23,4	25,0		0,88
	1 400	10,5	1 041	25,5	26,3		0,94
750	800	9,1	931	19,7	23,7	11,7	0,78
	1 000	9,7	1 010	21,8	24,9		0,83
	1 200	10,5	1 077	23,9	26,2		0,89
800	800	9,6	1 022	20,3	24,9	12,2	0,79
	1 000	10,3	1 101	22,4	26,1		0,85

Tableau 5.6. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des taurillons à l'engrais de précocité intermédiaire, issus des troupeaux allaitants : Salers, Aubrac...

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFV	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
250	1 000	4,5	475	17,1	13,8	5,7	0,79
	1 200	4,9	523	19,8	15,3		0,87
	1 400	5,4	568	22,5	16,8		0,94
	1 600	5,8	611	25,2	18,3		1,02
300	1 000	5,0	518	17,4	14,8	6,3	0,79
	1 200	5,5	566	19,9	16,3		0,86
	1 400	5,9	613	22,5	17,7		0,93
	1 600	6,4	657	25,1	19,2		1,01
350	1 000	5,5	560	17,7	15,8	7,0	0,80
	1 200	6,0	610	20,2	17,3		0,86
	1 400	6,5	657	22,7	18,7		0,93
	1 600	7,0	701	25,2	20,1		1,01
	1 800	7,6	742	27,6	21,5		1,09
400	1 000	6,0	603	18,1	16,9	7,5	0,80
	1 200	6,5	654	20,5	18,3		0,87
	1 400	7,1	702	22,9	19,7		0,94
	1 600	7,6	746	25,3	21,1		1,01
	1 800	8,2	787	27,7	22,5		1,09
450	1 000	6,5	649	18,5	18,0	8,1	0,80
	1 200	7,0	701	20,9	19,4		0,87
	1 400	7,6	749	23,2	20,7		0,94
	1 600	8,2	794	25,6	22,1		1,02
	1 800	8,9	834	27,9	23,4		1,10
500	1 000	7,0	699	19,0	19,1	8,6	0,81
	1 200	7,6	753	21,3	20,5		0,88
	1 400	8,2	802	23,6	21,8		0,95
	1 600	8,8	846	25,9	23,1		1,02
550	1 000	7,5	757	19,5	20,3	9,1	0,82
	1 200	8,1	813	21,8	21,6		0,89
	1 400	8,8	862	24,0	22,9		0,96
600	800	7,4	761	17,8	20,1	9,6	0,77
	1 000	8,0	827	20,1	21,4		0,83
	1 200	8,6	885	22,3	22,7		0,90
	1 400	9,4	935	24,5	24,0		0,97
650	800	7,8	844	18,4	21,3	10,1	0,78
	1 000	8,5	916	20,6	22,6		0,84
700	800	8,3	953	19,0	22,5	10,5	0,79
	1 000	9,0	1 031	21,2	23,8		0,86

Tableau 5.7. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des taurillons à l'engrais, issus des troupeaux laitiers : Normand, Montbéliard et leur croisement Charolais.

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFV	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
150	1 000	3,2	379	16,5	11,7	4,2	0,78
	1 200	3,6	423	19,4	13,3		0,86
	1 400	4,0	465	22,2	14,9		0,95
	1 600	4,3	505	25,1	16,5		1,05
200	1 000	3,8	424	16,4	12,5	4,9	0,77
	1 200	4,2	468	19,1	14,1		0,85
	1 400	4,6	510	21,8	15,6		0,94
	1 600	5,1	551	24,4	17,1		1,03
250	1 000	4,3	465	16,5	13,5	5,6	0,77
	1 200	4,8	509	19,1	14,9		0,85
	1 400	5,3	551	21,6	16,4		0,93
	1 600	5,7	590	24,2	17,8		1,02
300	1 000	4,9	503	16,8	14,5	6,3	0,77
	1 200	5,4	547	19,2	15,9		0,85
	1 400	5,9	588	21,7	17,3		0,93
	1 600	6,4	625	24,1	18,7		1,02
350	1 000	5,4	540	17,1	15,6	6,9	0,78
	1 200	5,9	583	19,5	16,9		0,86
	1 400	6,5	622	21,8	18,3		0,94
	1 600	7,1	657	24,2	19,6		1,03
400	1 000	5,9	576	17,5	16,6	7,5	0,79
	1 200	6,5	617	19,8	18,0		0,87
	1 400	7,2	653	22,1	19,3		0,96
	1 600	7,9	683	24,4	20,6		1,05
450	1 000	6,5	612	18,0	17,8	8,0	0,81
	1 200	7,2	649	20,2	19,1		0,89
	1 400	7,9	680	22,4	20,4		0,98
	1 600	8,7	704	24,7	21,7		1,08
500	1 000	7,1	647	18,5	18,9	8,6	0,83
	1 200	7,8	678	20,6	20,2		0,92
	1 400	8,7	700	22,8	21,4		1,01
	1 600	9,6	767	25,0	22,7		1,12
550	1 000	7,7	678	19,0	20,0	9,1	0,85
	1 200	8,6	698	21,1	21,3		0,95
	1 400	9,6	766	23,3	22,5		1,06
	1 600	10,6	852	25,4	23,8		1,18
600	1 000	8,5	697	19,5	21,2	9,5	0,89
	1 200	9,5	761	21,6	22,4		1,00
650	800	8,3	695	18,0	21,1	10,0	0,83
	1 000	9,4	753	20,1	22,3		0,94

Tableau 5.8. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des taurillons à l'engrais de race laitière : Holstein.

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFV	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
150	1 000	3,3	379	16,5	11,7	4,4	0,74
	1 200	3,7	422	19,4	13,3		0,83
	1 400	4,1	463	22,2	14,9		0,91
	1 600	4,5	502	25,1	16,5		1,01
200	1 000	3,9	424	16,4	12,5	5,3	0,74
	1 200	4,3	467	19,1	14,1		0,82
	1 400	4,7	508	21,8	15,6		0,90
	1 600	5,2	547	24,4	17,1		0,99
250	1 000	4,4	465	16,5	13,5	6,0	0,74
	1 200	4,9	508	19,1	14,9		0,81
	1 400	5,4	548	21,6	16,4		0,90
	1 600	5,9	585	24,2	17,8		0,99
300	1 000	5,0	504	16,8	14,5	6,7	0,74
	1 200	5,5	545	19,2	15,9		0,82
	1 400	6,1	583	21,7	17,3		0,90
	1 600	6,7	618	24,1	18,7		0,99
350	1 000	5,5	541	17,1	15,6	7,4	0,75
	1 200	6,1	581	19,5	16,9		0,83
	1 400	6,7	616	21,8	18,3		0,92
	1 600	7,4	646	24,2	19,6		1,01
400	1 000	6,1	577	17,5	16,6	8,0	0,76
	1 200	6,7	613	19,8	18,0		0,84
	1 400	7,4	644	22,1	19,3		0,93
	1 600	8,2	669	24,4	20,6		1,03
450	1 000	6,7	611	18,0	17,8	8,6	0,78
	1 200	7,4	643	20,2	19,1		0,86
	1 400	8,2	666	22,4	20,4		0,96
500	1 000	7,3	644	18,5	18,9	9,1	0,80
	1 200	8,1	667	20,6	20,2		0,89
	1 400	9,1	726	22,8	21,4		0,99
550	1 000	8,0	670	19,0	20,0	9,7	0,83
	1 200	9,0	718	21,1	21,3		0,93
	1 400	10,1	807	23,3	22,5		1,04
600	1 000	8,8	704	19,5	21,2	10,2	0,87
650	800	8,6	686	18,0	21,1	10,7	0,80

Tableau 5.9. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des bœufs à l'engrais de races tardives, issus des troupeaux allaitants.

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFV	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
400	1 000	6,1	574	17,9	16,8	8,0	0,77
	1 200	6,6	622	20,2	18,2		0,82
450	1 000	6,6	613	18,3	17,9	8,6	0,77
	1 200	7,1	660	20,6	19,3		0,83
	1 400	7,7	704	22,9	20,6		0,89
500	1 000	7,1	653	18,8	19,0	9,2	0,78
	1 200	7,7	701	21,0	20,4		0,84
	1 400	8,3	744	23,3	21,7		0,90
	1 600	8,9	784	25,6	23,0		0,97
550	1 000	7,7	698	19,3	20,2	9,7	0,79
	1 200	8,3	745	21,5	21,5		0,85
	1 400	8,9	787	23,7	22,8		0,92
	1 600	9,6	824	25,9	24,0		0,99
600	1 000	8,2	747	19,8	21,3	10,2	0,80
	1 200	8,9	793	22,0	22,6		0,86
	1 400	9,6	832	24,2	23,9		0,93
	1 600	10,3	864	26,4	25,1		1,01
650	800	8,1	749	18,3	21,2	10,7	0,75
	1 000	8,8	802	20,4	22,5		0,82
	1 200	9,5	845	22,5	23,7		0,88
	1 400	10,3	877	24,7	25,0		0,96
	1 600	11,2	899	26,8	26,2		1,04
700	800	8,6	811	18,9	22,4	11,2	0,77
	1 000	9,4	859	21,0	23,7		0,84
	1 200	10,2	891	23,1	24,9		0,91
	1 400	11,2	909	25,2	26,1		0,99
750	600	8,5	813	17,4	22,4	11,7	0,72
	800	9,3	870	19,5	23,6		0,79
	1 000	10,1	901	21,6	24,8		0,87
	1 200	11,2	907	23,6	26,1		0,95
800	600	9,1	801	18,1	23,6	12,2	0,75
	800	10,0	820	20,1	24,8		0,82
850	600	9,9	793	18,8	24,8	12,6	0,79

Tableau 5.10. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des bœufs à l'engrais abattus à 24-30 mois, issus des troupeaux laitiers.

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFV	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
400	1 000	6,2	578	18,1	16,9	8,8	0,70
	1 200	6,8	623	20,5	18,3		0,76
450	1 000	6,8	619	18,5	18,0	9,5	0,72
	1 200	7,4	663	20,9	19,4		0,78
	1 400	8,0	701	23,2	20,7		0,85
	1 600	8,7	735	25,6	22,1		0,92
500	1 000	7,4	663	19,0	19,1	10,1	0,73
	1 200	8,0	704	21,3	20,5		0,80
	1 400	8,8	739	23,6	21,8		0,87
	1 600	9,5	767	25,9	23,1		0,95
550	1 000	8,0	712	19,5	20,3	10,7	0,74
	1 200	8,7	749	21,7	21,6		0,82
	1 400	9,5	778	24,0	22,9		0,89
600	800	7,8	724	17,8	20,1	11,3	0,69
	1 000	8,6	768	20,0	21,4		0,76
	1 200	9,5	798	22,2	22,7		0,84
	1 400	10,4	832	24,4	24,0		0,92
650	800	8,4	800	18,4	21,3	11,8	0,71
	1 000	9,3	835	20,6	22,6		0,79
	1 200	10,3	850	22,8	23,8		0,87
700	800	9,0	845	19,0	22,5	12,4	0,73
	1 000	10,1	857	21,2	23,7		0,81

Tableau 5.11. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des génisses à l'engrais abattues à 24-28 mois, issues des troupeaux allaitants.

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFV	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
400	800	5,7	527	15,2	15,3	8,0	0,71
	1 000	6,2	574	17,6	16,7		0,77
	1 200	6,8	617	19,9	18,0		0,84
450	800	6,2	564	15,8	16,5	8,6	0,72
	1 000	6,7	610	18,0	17,8		0,78
	1 200	7,3	652	20,3	19,1		0,85
	1 400	8,0	689	22,5	20,4		0,93
500	800	6,7	602	16,3	17,6	9,2	0,73
	1 000	7,3	648	18,5	18,9		0,79
	1 200	7,9	687	20,7	20,2		0,87
	1 400	8,7	719	22,9	21,5		0,94
550	800	7,2	642	16,9	18,8	9,7	0,74
	1 000	7,9	685	19,0	20,1		0,81
	1 200	8,6	719	21,2	21,3		0,88
600	800	7,7	683	17,5	20,0	10,2	0,76
	1 000	8,5	720	19,6	21,2		0,83
	1 200	9,3	747	21,7	22,4		0,91
650	800	8,4	720	18,1	21,1	10,7	0,78
	1 000	9,2	742	20,1	22,4		0,86
700	800	9,1	731	18,7	22,3	11,2	0,81

Tableau 5.12. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des génisses à l'engrais abattues à 24-28 mois, issues des troupeaux laitiers.

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFV	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
350	800	5,5	476	14,5	14,1	8,3	0,66
	1 000	6,1	514	16,8	15,4		0,74
	1 200	6,8	545	19,2	16,8		0,82
400	800	6,2	505	15,0	15,2	9,0	0,68
	1 000	6,9	552	17,3	16,5		0,76
	1 200	7,7	616	19,5	17,8		0,85
450	800	6,9	550	15,5	16,4	9,7	0,71
	1 000	7,8	620	17,7	17,6		0,80
	1 200	8,7	699	19,9	18,9		0,90
500	800	7,7	614	16,1	17,5	10,3	0,74
	1 000	8,8	700	18,2	18,8		0,85
550	600	7,5	597	14,5	17,5	10,9	0,68
600	600	8,4	673	15,2	18,6	11,5	0,73

Tableau 5.13. Tableau synthétique de calcul des apports énergétiques (UFV) recommandés pour des vaches de réforme à l'engrais issues des troupeaux allaitants (UFV) et des troupeaux laitiers (UFL).

Poids vif (kg)	Effets principaux						Correctif multiplicatif				
	UFV Allaitante	UFL Laitière	GMQ (kg/j)	UFV Allaitante	UFL Laitière	Note d'état	UFV Allaitante	UFL Laitière	Format Allaitante	UFV Laitière	
500	4,29	3,79	0,6	1,62	3,00	0,5	0,27	0,16	3	0,26	0,48
550	4,72	4,17	0,8	2,31	4,06	1	0,53	0,33	4	0,35	0,64
600	5,15	4,55	1	3,04	5,14	1,5	0,80	0,49	5	0,43	0,81
650	5,58	4,93	1,2	3,80	6,22	2	1,06	0,66	6	0,52	0,97
700	6,01	5,31	1,4	4,59	7,32	2,5	1,33	0,82	7	0,61	1,13
750	6,44	5,69	1,6	5,42		3	1,59	0,99	8	0,69	
800	6,86	6,06				3,5	1,86	1,15			
850	7,29					4	2,12	1,31			
900	7,72					4,5	2,39	1,48			
950	8,15										

$$UFV = (\boxed{} + \boxed{} + \boxed{} + \boxed{}) \times \boxed{}$$

$$UFL = (\boxed{} + \boxed{} + \boxed{}) \times \boxed{}$$

Exemple : pour une vache allaitante moyenne de 5 ans à 800 kg ayant une note d'état de 2,5 avec un objectif de gain à 1 000 g/j.
 Besoins = (6,86 + 3,04 + 1,33 + 0,43) × 0,996 = 11,61 UFV/j.

Tableau 5.14. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des mâles en croissance issus des troupeaux allaitants : Charolais (CH), Limousin (LI) et Blond d'Aquitaine (BA).

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB		DERm	
		UFL	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}	CH	LI, BA	CH	LI, BA
250	400	3,4	316	9,0	9,2	5,0	4,5	0,68	0,75
	600	3,7	368	11,6	10,7			0,75	0,83
	800	4,1	417	14,2	12,2			0,83	0,92
	1 000	4,5	464	16,8	13,6			0,91	1,01
300	400	3,8	350	9,5	10,4	5,9	5,3	0,65	0,72
	600	4,2	403	12,0	11,8			0,71	0,79
	800	4,6	454	14,5	13,2			0,78	0,87
	1 000	5,0	502	17,1	14,6			0,86	0,95
350	400	4,2	383	10,1	11,5	6,7	6,1	0,63	0,70
	600	4,6	438	12,5	12,9			0,68	0,76
	800	5,0	490	15,0	14,3			0,75	0,83
	1 000	5,5	539	17,4	15,7			0,82	0,91
400	400	4,6	416	10,7	12,7	7,6	6,8	0,61	0,68
	600	5,0	473	13,1	14,1			0,66	0,73
	800	5,5	526	15,4	15,4			0,72	0,80
	1 000	6,0	576	17,8	16,8			0,78	0,87
450	400	5,0	449	11,3	13,9	8,4	7,6	0,59	0,66
	600	5,4	508	13,6	15,2			0,64	0,71
	800	5,9	563	15,9	16,6			0,70	0,78
	1 000	6,4	613	18,2	17,9			0,76	0,84
500	400	5,4	484	12,0	15,1	9,3	8,4	0,58	0,64
	600	5,8	545	14,2	16,4			0,63	0,70
	800	6,3	602	16,5	17,7			0,68	0,76
	1 000	6,9	654	18,7	19,0			0,74	0,82
550	400	5,8	520	12,6	16,3	10,1	9,1	0,57	0,63
	600	6,2	585	14,8	17,6			0,62	0,68
	800	6,8	644	17,0	18,9			0,67	0,74
	1 000	7,3	697	19,2	20,2			0,73	0,81
600	400	6,1	559	13,3	17,5	10,9	9,9	0,56	0,62
	600	6,6	629	15,5	18,8			0,61	0,67
	800	7,2	690	17,6	20,0			0,66	0,73
	1 000	7,8	744	19,8	21,3			0,71	0,79
650	400	6,5	603	14,0	18,7	11,8	10,6	0,55	0,61
	600	7,0	677	16,1	20,0			0,60	0,66
	800	7,7	741	18,2	21,2			0,65	0,72
	1 000	8,3	795	20,3	22,5			0,71	0,79
700	400	6,9	651	14,7	20,0	12,6	11,3	0,55	0,61
	600	7,5	729	16,8	21,2			0,59	0,66
	800	8,1	794	18,8	22,4			0,65	0,72

Tableau 5.15. Apports alimentaires recommandés et capacité d'ingestion pour des mâles en croissance issus des troupeaux laitiers.

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Apports journaliers				Capacité d'ingestion UEB	DERm
		UFL	PDI (g)	Ca _{abs}	P _{abs}		
150	400	2,5	240	8,1	7,0	3,5	0,70
	600	2,8	286	11,0	8,6		0,79
	800	3,2	329	13,9	10,2		0,90
	1 000	3,6	370	16,8	11,8		1,01
200	400	3,0	279	8,5	8,1	4,6	0,65
	600	3,3	327	11,2	9,6		0,73
	800	3,7	371	13,9	11,1		0,82
	1 000	4,2	413	16,7	12,7		0,92
250	400	3,4	316	9,0	9,2	5,6	0,62
	600	3,8	365	11,6	10,7		0,69
	800	4,3	410	14,2	12,1		0,77
	1 000	4,8	451	16,8	13,6		0,86
300	400	3,9	351	9,5	10,3	6,6	0,59
	600	4,3	401	12,0	11,8		0,66
	800	4,8	446	14,5	13,2		0,73
	1 000	5,4	487	17,0	14,6		0,82
350	400	4,3	386	10,1	11,5	7,5	0,57
	600	4,8	437	12,5	12,9		0,64
	800	5,3	482	14,9	14,3		0,71
	1 000	5,9	521	17,3	15,7		0,79
400	400	4,7	420	10,7	12,7	8,5	0,56
	600	5,2	472	13,0	14,1		0,62
	800	5,8	517	15,4	15,4		0,69
	1 000	6,5	554	17,7	16,8		0,77
450	400	5,1	456	11,3	13,9	9,5	0,54
	600	5,7	509	13,6	15,2		0,60
	800	6,4	552	15,9	16,5		0,67
	1 000	7,1	586	18,2	17,9		0,75
500	400	5,6	493	12,0	15,1	10,4	0,53
	600	6,2	547	14,2	16,4		0,59
	800	6,9	587	16,4	17,7		0,66
	1 000	7,7	617	18,7	19,0		0,74
550	400	6,0	534	12,6	16,3	11,3	0,53
	600	6,6	587	14,8	17,6		0,59
	800	7,4	624	17,0	18,9		0,66
	1 000	8,4	670	19,2	20,1		0,74
600	400	6,4	581	13,3	17,5	12,2	0,52
	600	7,1	632	15,4	18,8		0,58
	800	8,1	659	17,6	20,0		0,66
650	400	6,8	636	14,0	18,7	13,2	0,52
	600	7,7	680	16,1	20,0		0,58
	800	8,7	699	18,2	21,2		0,66

Tableau 5.16. Croissance des principales catégories de bovins dans de bonnes conditions de pâturage.

Type d'animal	Mise à l'herbe		Croissance (kg/j)		Période totale	
	Âge (mois)	Poids vif (kg)	Printemps	Automne	Durée (j)	Croît total (kg)
Bonne prairie de plaine						
Bovins laitiers de moins d'1 an (+ 1 kg concentré/j)	5-6	180-220	0,8-0,9	0,5-0,6	180	120
Bovins d'1 an et plus	14	370-400	1,1	0,5	170	140
Génisses de 2 ans	26	550	1,2	0,4	180	140
Bœufs à l'engrais (+ 2 kg de concentré/j)	26	600	1,3	1,0	140	160
Vaches laitières de réforme en finition	> 5 ans	600-700	1,1		60-90	60-80
Bonne prairie naturelle de moyenne montagne						
Génisses d'1 an	15	400	0,9	0,5	130	90-100
Génisses de 2 ans	27	550	1,0		90	80-90

6

Alimentation des ovins

P. HASSOUN, F. BOCQUIER¹

Besoins et recommandations

Au cours d'un cycle de production (gestation, lactation, repos), le poids vif et l'état d'engraissement des brebis varient fortement en fonction du bilan nutritionnel (différence entre les apports nutritifs et les besoins des brebis). Lorsque les apports sont supérieurs aux besoins des animaux, ces derniers prennent du poids et constituent des réserves corporelles essentiellement énergétiques, majoritairement sous forme de lipides. À l'inverse, lorsque le bilan est négatif, les brebis perdent du poids et mobilisent leurs réserves corporelles pour compenser le déficit. Il est possible de ne pas couvrir les besoins à chaque instant du cycle ; cette tolérance correspond aux recommandations alimentaires. Les recommandations intègrent le rôle des réserves corporelles qui s'accumulent lorsque les besoins sont relativement faibles (pendant la phase de repos et la gestation) et peuvent être mobilisées pendant la lactation et principalement au cours des deux premiers mois. Au cours d'un cycle de production, la succession des phénomènes accumulation-mobilisation des réserves doit aboutir autant que possible à un bilan nul ou positif chez les primipares. Les réserves corporelles sont estimées par une note d'état corporel (NEC) pouvant varier de 1 (très maigre) à 5 (très bon état).

Brebis tarie ou mise à la lutte

La brebis tarie a des besoins faibles par rapport à sa capacité d'ingestion (voir les besoins d'entretien au tableau 6.1). C'est donc la période la plus favorable pour lui permettre de reconstituer ses réserves corporelles (tableau 6.2). Cette reconstitution doit se faire aussi progressivement que possible.

Les besoins quotidiens en énergie (BesUF) sont obtenus à partir de la relation :

$$\text{BesUF} = 0,033 \times \text{PV}^{0,75} \quad (\text{PV en kg}) \quad (6.1)$$

et les besoins en PDI (BesPDI, en g/j) à partir de la relation :

$$\text{BesPDI} = 2,5 \times \text{PV}^{0,75}. \quad (6.2)$$

La capacité d'ingestion (en UEM) des brebis tariées ou en début de gestation dépend de l'état corporel de l'animal (tableau 6.1). Elle peut être calculée à partir de l'équation :

$$\text{CI} = I_{\text{note}} \times \text{PV}^{0,75} \quad (6.3)$$

1. Ce texte s'inspire largement de Bocquier F., Theriez M., Prache S., Brelurut A., 1988. Alimentation des ovins. In Jarrige R. (dir.), *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Paris, Inra Éditions, 249-280.

où $I_{\text{note}} = 0,075$ pour une NEC de 4 à 4,5
 $I_{\text{note}} = 0,081$ pour une NEC de 3 à 3,5 et
 $I_{\text{note}} = 0,089$ pour une NEC de 2 à 2,5.

Lorsque la ration à base de fourrages est complétée avec des aliments concentrés, il se produit une baisse de consommation de fourrage qui est proportionnelle au taux de substitution qui diminue avec la valeur d'encombrement du fourrage (tableau 6.3).

En période de lutte, on peut compenser un état d'engraissement moyen par un « *flushing* » : cette suralimentation énergétique pendant la période de reproduction (débutant trois semaines avant et s'achevant trois semaines après la lutte) permet d'améliorer surtout la prolificité et, dans une moindre mesure, la fertilité moyenne du troupeau.

Brebis en gestation

Du fait d'une croissance modeste du (ou des) fœtus au cours des trois premiers mois, les besoins n'augmentent pas notablement par rapport à ceux d'une brebis en entretien. Cependant, à cette période, il est recommandé d'alimenter les brebis au-dessus du strict besoin énergétique d'entretien. Cet excédent d'énergie permettra de poursuivre la reconstitution des réserves corporelles et assurera un volant de sécurité aux brebis les plus prolifiques.

La fin de la gestation (deux derniers mois) est une période délicate chez les brebis prolifiques. En effet leurs besoins s'accroissent fortement alors que leur capacité d'ingestion reste stable et que le taux de substitution augmente (tableau 6.3). La proportion d'aliment concentré doit alors augmenter pour que la ration satisfasse les recommandations alimentaires.

Les recommandations pour les brebis en gestation sont présentées dans le tableau 6.4. Elles doivent être suivies au plus près pour limiter les risques de toxémie de gestation car du point de vue des apports énergétiques, elles sont inférieures aux stricts besoins de gestation. Quant aux apports protéiques, relativement élevés, ils doivent être impérativement couverts pour subvenir aux exigences des fœtus.

Brebis allaitante

Les besoins pour la production de lait des brebis allaitantes au cours des 14 semaines de lactation sont calculés sur la base de la vitesse de croissance des agneaux sur la période du 10^e au 30^e jour après le début de l'allaitement (tableau 6.5). Cette donnée représente l'objectif de production de lait par la femelle.

Contrairement à la fin de gestation, la brebis allaitante en bon état corporel à l'agnelage peut puiser sur ses réserves (essentiellement énergétiques) sans risque de troubles métaboliques (tableau 6.6). Il faut veiller, cependant, à couvrir les besoins protéiques correspondant à la production de lait afin de réaliser les objectifs de croissance des agneaux. En particulier, la mobilisation des réserves corporelles représentant une source d'énergie, il faut impérativement apporter les nutriments protéiques (riches en PDIA) pour compenser ces apports énergétiques d'origine métabolique.

Ainsi, lorsque le potentiel de production laitière est élevé, la production risque d'être limitée par les apports insuffisants en PDI de la ration. En effet, les besoins en UFL et PDI pour un litre de lait à 60 g/l de TB et 50 g/l de TP sont élevés

puisqu'ils correspondent à 0,61 UFL et 86 g de PDI. Dans le tableau 6.6, on peut lire qu'une brebis de 70 kg ayant une note d'état initiale de 3,5 à 4,0 peut mobiliser en moyenne sur 6 semaines 0,68 UFL/j. Cela permet environ $0,68/0,61 = 1,1$ litre de lait. Il faudra donc apporter $1,1 \times 86 = 95$ g de PDI en plus quotidiennement pour couvrir les besoins de production permis par la mobilisation.

Sur la période des trois premières semaines de lactation, la variation du taux de substitution global (Sg) dépend de la valeur d'encombrement du fourrage, du taux de substitution global (tableau 6.7) et d'un coefficient correcteur (tableau 6.8) déduit des quantités ingérées et de Sg calculés pour les semaines 4 à 6. En effet, pour connaître les consommations volontaires lors des premières semaines, il faut d'abord estimer ces consommations lorsque la CI est stabilisée (semaines 4 à 6) et ensuite avec le terme de correction, calculer la ration de ce début de lactation.

Il faut aussi appliquer une correction selon la température ambiante de la bergerie (T) qui agit sur les quantités ingérées (QI). En effet, au-dessus d'une température de 19-20 °C, les QI de fourrage diminuent, et inversement, en-deçà de cette valeur, les QI augmentent. Ne connaissant pas précisément les besoins de thermorégulation, on considèrera qu'à l'issue du calcul de la ration à distribuer aux brebis dans l'une des trois situations physiologiques précédentes, il est nécessaire de tenir compte des effets de la température ambiante.

Les quantités de fourrage, préalablement déterminées, doivent alors être multipliées par un terme correctif CF_{ovins} obtenu par la formule :

$$CF_{\text{ovins}} = 1,345 - (0,0183 \times T) \quad (6.4)$$

où T est exprimé en degrés Celsius.

Ainsi, pour une quantité à distribuer de 1,2 kg, obtenue par le calcul de la ration, si $T = 5$ °C, $CF_{\text{ovins}} = 1,25$. Il faudra alors distribuer : $1,2 \times 1,25 = 1,5$ kg. Ce surcroît d'offre de fourrage doit permettre aux brebis d'accroître leur consommation et de couvrir les besoins pour lutter contre le froid.

Brebis mise à la traite

Besoins et capacité d'ingestion

Les brebis laitières sont généralement élevées en troupeaux de plusieurs centaines d'individus. De façon traditionnelle, la conduite alimentaire des brebis laitières repose sur une alimentation qui varie au cours de l'année selon le stade physiologique des animaux et les disponibilités alimentaires. En effet, selon les itinéraires de production, les brebis séjournent plus ou moins longtemps en bergerie (alimentation à base de fourrages conservés), et les périodes restantes correspondent à l'utilisation de différentes formes de pâturage (prairies naturelles ou artificielles, parcours, transhumance) pendant lesquelles elles peuvent parfois recevoir une complémentation alimentaire.

Pendant les premières semaines de lactation, lorsque les brebis sont à la fois en phase d'allaitement et à la traite, il faut ajouter les besoins pour la croissance de la portée (tableau 6.5) à ceux d'entretien (équations 6.1 et 6.2) et de production de lait estimée à la traite (équations 6.5 et 6.7).

Pour les brebis traites après le premier mois d'allaitement, les besoins en énergie (BesUF) et en protéines (BesPDI) sont calculés en additionnant les besoins pour la production de lait aux besoins d'entretien (tableau 6.9). Compte tenu de la forte

variation de la composition du lait au cours de la lactation et/ou entre races, les besoins en énergie pour la production de lait (PL, litre/jour) sont calculés sur la base d'un lait standard (PLS) obtenu à partir de la relation :

$$PLS = PL \times [(0,0071 \times TB) + (0,0043 \times TP) + 0,2224] \quad (6.5)$$

où TB et TP sont respectivement les taux butyreux et protéiques exprimés en g/l.

Les besoins en énergie sont calculés à partir de l'équation :

$$BesUF = (0,033 \times PV^{0,75}) + (0,71 \times PLS). \quad (6.6)$$

Les besoins en protéines sont calculés à partir de l'équation :

$$BesPDI = (2,5 \times PV^{0,75}) + [(PL \times TP)/0,58]. \quad (6.7)$$

La capacité d'ingestion est dépendante du poids vif et du niveau de production selon l'équation :

$$CI = (0,9 \times PLS) + (0,024 \times PV). \quad (6.8)$$

Le taux de substitution global (Sg) ne dépend que de la VE_F selon l'équation :

$$Sg = 3,35 - (2,3 \times VE_F). \quad (6.9)$$

Rationnement hivernal : tactiques alimentaires et rationnement en lots

Une fois que les agneaux ont été sevrés, la période de traite proprement dite commence. À ce moment, les productions laitières sont si différentes entre brebis (stades, numéro de lactation, niveau génétique, etc.) qu'il n'est pas judicieux de raisonner le calcul de la ration selon les besoins de l'individu moyen ou selon des recommandations telles qu'elles sont formulées habituellement. Il est alors nécessaire de raisonner l'alimentation au niveau collectif en tenant compte de la variabilité des performances des brebis : c'est la « tactique alimentaire ». La tactique alimentaire permet à la fois d'intégrer la variabilité des exigences nutritionnelles des brebis au sein du lot et de tenir compte des différentes réponses attendues de ce troupeau dans les semaines qui viennent. Il faut donc caractériser les divers ensembles d'animaux par des critères pertinents qui sont, dans l'ordre d'importance : la parité (primipares, multipares) et le niveau de production laitière standardisée.

À un moment donné de la période de traite, on peut caractériser un troupeau par son niveau moyen de production laitière (PL_{moy}). Mais, du fait de la variabilité des productions laitières individuelles, on trouve de part et d'autre de la moyenne, des brebis qui produisent plus ou moins de lait. Si on formule une ration pour satisfaire les besoins correspondant à la production laitière moyenne du troupeau (PL_{moy}), les brebis qui produisent davantage de lait (la moitié) seront sous-alimentées (réduction des performances) et celles qui produisent moins de lait que la moyenne seront suralimentées (gaspillage). La tactique la plus simple (tactique 1) consiste à formuler des rations qui couvrent environ 110 % des besoins moyens (poids vif et production laitière moyenne du troupeau). Cette tactique est réaliste car c'est à environ 110 % de la moyenne que se trouvent les brebis qui, en proportion, contribuent le plus à la production laitière totale du troupeau.

C'est ainsi que les taux de couverture des besoins moyens en énergie sont, en début de traite, de l'ordre de 110 à 120 % des besoins théoriques de la brebis moyenne alors qu'ils sont de 140 à 160 % pour les besoins protéiques. Au plan nutritionnel, le déséquilibre des taux de couverture des besoins se concrétise par la possibilité

pour les brebis les plus performantes de mobiliser leurs réserves lipidiques (énergie) alors même que la mobilisation de protéines corporelles est faible et qu'elle n'est pas recommandée. De plus, lorsque les apports protéiques sont excédentaires, il se produit un accroissement faible, mais réel, de l'exportation de protéines dans le lait, ce qui explique que, dans la pratique, on apporte fréquemment un excédent de protéines dans la ration. Malgré tout, ceci ne se fait pas sans accroître les rejets azotés, ce qui peut être préjudiciable à l'environnement.

Ce raisonnement en termes de taux de couverture des besoins moyens ne tient cependant pas compte de la dispersion réelle des performances. Si on dispose de données individuelles, issues du contrôle laitier par exemple, il est préférable d'adopter une tactique qui consiste à couvrir les besoins des brebis qui contribuent le plus à la production laitière (tactique 2). Ainsi, la proportion de brebis dont les besoins seront couverts se situe aux environs de 85 % du point de vue de l'énergie et approche 100 % pour l'alimentation protéique.

Ces deux tactiques sont équivalentes lorsque les productions laitières sont peu dispersées (coefficient de variation de 20 %). L'application de la tactique 1 ou de la tactique 2 donne des taux de couverture des besoins moyens voisins. Lorsque les productions laitières sont très dispersées (30 %), la tactique 2 est plus adaptée car elle permet de satisfaire les besoins des brebis qui contribuent le plus à la production laitière totale.

Cette situation de suralimentation de la grande majorité des brebis d'un troupeau peut être affinée si on effectue une mise en lot des animaux selon leurs exigences nutritionnelles. Lorsqu'on fait des lots de brebis sur la base des productions laitières individuelles, on peut aisément calculer qu'au-delà de 3 lots, il n'y a plus de réduction significative de l'hétérogénéité des performances. Si on ne peut constituer que deux lots, il faut alors diviser le troupeau en deux lots égaux. Une fois les lots constitués, il faut appliquer des tactiques alimentaires libérales (couverture des besoins de 85 % des brebis) pour les brebis les plus performantes et des tactiques très économes pour les brebis peu performantes (suppression des aliments concentrés et/ou distribution de fourrage de moindre qualité). Toutefois, ces tactiques d'alimentation au sein des lots peuvent être également affinées selon la densité protéique (PDI/UEM). En effet, il faut tenir compte de la relation qui existe entre la capacité d'ingestion des brebis et leurs besoins. Ainsi, les tactiques doivent être d'autant plus libérales (160 % des besoins protéiques théoriques) que la densité protéique est faible (55 g PDI/UEM) et elles peuvent être mieux ajustées (110 % des besoins) lorsque la densité protéique est élevée (115 g PDI/UEM).

Agneau à l'engrais

Pour des agneaux de même poids et à même vitesse de croissance, les apports recommandés sont d'autant plus faibles que leur potentiel est élevé (tableau 6.10). La ration des agneaux doit contenir par kg de matière sèche, plus de 0,8 UFV et 135 g de PDI au début puis 95 g de PDI ensuite, soit en moyenne 120 g de PDI.

Agnelle de renouvellement

L'alimentation des agnelles ne se différencie de celle des agneaux qu'à partir d'un poids qui varie avec la race entre 22 et 28 kg (tableau 6.10). Dès lors, on doit concilier les exigences d'un poids vif suffisant à la lutte (2/3 du poids des brebis adultes) et d'une croissance modérée à la puberté (100 à 150 g/j) (tableau 6.2). On

cherchera cependant à privilégier les apports sous forme de fourrage de qualité afin de réduire progressivement les apports de concentrés et de favoriser le développement du rumen.

Béliers en reproduction

L'alimentation des béliers dépend avant tout de leur poids vif et on peut s'appuyer sur les relations utilisées chez la brebis adulte tarie (tableau 6.1) pour calculer des rations. Compte tenu de la durée de la spermatogenèse, il faut veiller à alimenter correctement les béliers au moins deux mois avant le début de la période de lutte. D'autant que pendant la lutte, il n'est généralement pas possible de leur distribuer une alimentation spécifique. En ce qui concerne les béliers d'insémination artificielle, les besoins pour l'activité physique sont moindres qu'en lutte naturelle mais il est admis que les régimes doivent rester stables pendant la période de collecte.

Exemples de calcul de rations

La démarche (encadrés 6.1 et 6.2) consiste à fournir les apports alimentaires journaliers recommandés (AJR) avec une quantité de fourrage (Q_F , kg de matière sèche) et d'aliment concentré (Q_C , kg de matière sèche) dont on connaît les valeurs nutritionnelles (UFL, PDI, Ca, P...). Ces deux quantités Q_F et Q_C sont obtenues en résolvant un système de deux équations à deux inconnues :

- la première équation implique que la quantité d'UEM apportée par les constituants de la ration est égale à la capacité d'ingestion (CI) ;
- la seconde correspond à la couverture des apports journaliers recommandés (AJR) en énergie puis en protéines.

Encadré 6.1

Calcul de ration pour un lot de brebis laitières

Caractéristiques moyennes du lot

Brebis laitières adultes de poids vif moyen de 80 kg.

Objectif de production de 2 litres de lait avec un TB de 72 g/l et un TP de 54 g/l.

Aliments disponibles et valeurs alimentaires (/kg MS)

• Foin de dactyle 2^e cycle repousses feuillues de 7 semaines, fané au sol (< 10 j) :

0,68 UFL 88 g PDIN 85 g PDIE 1,6 g Ca_{abs} 1,7 g P_{abs} VE_{foin} = 1,38 UEM.

• Orge :

1,09 UFL 79 g PDIN 101 g PDIE 0,5 g Ca_{abs} 3,0 g P_{abs}.

• Tourteau de soja 46 :

1,20 UFL 360 g PDIN 253 g PDIE 2,1 g Ca_{abs} 5,0 g P_{abs}.

Le foin est distribué à volonté (Q_{foin}).

Besoins et capacité d'ingestion moyens (tableau 6.9)

2,25 UFL 254 g PDI 5,5 g Ca_{abs} 5,5 g P_{abs} CI = 3,66 UEM.

Calcul des apports fourragers

Dans un premier temps, on vérifie si le fourrage seul, consommé à volonté, peut couvrir les besoins énergétiques de la brebis. On compare donc la densité énergétique minimale de la ration (DER_m) à la densité énergétique du foin (DEF_{foin}) :

$$\begin{aligned} \text{DERm} &= \text{besoins en UFL/CI} & (6.10) \\ &= 2,25/3,66 = 0,62 \text{ UFL / UEM} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DEF}_{\text{foin}} &= \text{teneur en UFL d'un kg MS de foin/valeur d'encombrement} & (6.11) \\ &\text{du kg de MS de foin} \\ &= 0,68/1,38 = 0,49 \text{ UFL / UEM.} \end{aligned}$$

Comme $\text{DEF}_{\text{foin}} < \text{DERm}$, son apport seul ne permet pas de couvrir les besoins en énergie de la brebis. Il faut donc avoir recours à un aliment concentré.

Calcul de la quantité d'aliments concentrés à apporter pour satisfaire les besoins énergétiques

Dans le système des unités d'encombrement, l'encombrement des aliments ingérés (fourrages et concentrés) est égal à la capacité d'ingestion CI (chapitre 1). On peut donc écrire :

$$\text{CI} = (\text{VE}_{\text{foin}} \times \text{Q}_{\text{foin}}) + (\text{VE}_{\text{orge}} \times \text{Q}_{\text{orge}}). \quad (6.12)$$

L'orge, comme tout aliment concentré, n'a pas de valeur d'encombrement (VE_C) propre. Elle dépend de la valeur d'encombrement du fourrage (VE_F), ici du foin (VE_{foin}), selon l'équation :

$$\text{VE}_{\text{orge}} = \text{Sg} \times \text{VE}_{\text{foin}} \quad (6.13)$$

où Sg est le taux de substitution global.

Sg est calculé avec l'équation 6.9 : $\text{Sg} = 3,35 - (2,3 \times 1,38) = 0,18$.

On déduit de l'équation 6.13 :

$$\text{VE}_{\text{orge}} = 0,18 \times 1,38 = 0,24 \text{ UEM.}$$

Pour obtenir les apports d'énergie requis, il faut que la somme des apports énergétiques (fourrages + concentrés) soit égale aux besoins énergétiques exprimés en UFL de la brebis :

$$\text{BesUF} = (\text{UFL}_{\text{foin}} \times \text{Q}_{\text{foin}}) + (\text{UFL}_{\text{orge}} \times \text{Q}_{\text{orge}}). \quad (6.14)$$

D'après les équations 6.11 et 6.14, on déduit :

$$\text{Q}_{\text{orge}} = [\text{BesUF} - (\text{CI} \times \text{DEF}_{\text{foin}})] / [\text{UFL}_{\text{orge}} - (\text{Sg} \times \text{VE}_{\text{foin}} \times \text{DEF}_{\text{foin}})]$$

$$\text{Q}_{\text{orge}} = [2,25 - (3,66 \times 0,49_n)] / [1,09 - (0,18 \times 1,38 \times 0,49)] = 0,47 \text{ kg de MS}$$

et

$$\text{Q}_{\text{foin}} = [\text{CI} - (\text{Q}_{\text{orge}} \times \text{VE}_C)] / \text{VE}_{\text{foin}}$$

$$\text{Q}_{\text{foin}} = [3,66 - (0,47 \times 0,24)] / 1,38 = 2,57 \text{ kg MS.}$$

Donc $\text{Q}_{\text{orge}} = 0,47 \text{ kg de MS}$ et $\text{Q}_{\text{foin}} = 2,57 \text{ kg MS}$.

On calcule alors les quantités brutes à distribuer en divisant chaque quantité de MS par sa teneur respective en MS (87 % et 85 % pour l'orge et le foin respectivement) :

$$\text{Q}_{\text{orge}} = 0,47 / 87 \% = 0,54 \text{ kg brut}$$

$$\text{Q}_{\text{foin}} = 2,57 / 85 \% = 3,0 \text{ kg brut.}$$

Calcul de la quantité d'aliment concentré à apporter pour satisfaire les besoins en protéines

Les apports protéiques (PDI) de chaque constituant de la ration doivent, au total, couvrir les besoins en protéines de la brebis. En outre, on doit veiller à ce que les apports en PDIN et en PDIE soient au moins égaux aux besoins et aussi proches que possible entre eux. La valeur des apports en PDI de la ration étant la plus faible des valeurs PDIN et PDIE. En effet, lorsque les apports en PDIN sont très supérieurs aux PDIE, il y a un excès d'apport d'azote dégradable qui se traduit par une augmentation de l'urée dans le sang et dans le lait. À l'inverse, on pourra tolérer un léger déficit en PDIN du fait du recyclage de l'urée (chapitre 1).

L'apport en PDIE doit donc satisfaire l'équation suivante :

$$\begin{aligned} \text{BesPDI} &= (Q_{\text{foin}} \times \text{PDIE}_{\text{foin}}) + (Q_{\text{orge}} \times \text{PDIE}_{\text{orge}}) \\ &= (2,57 \times 85) + (0,47 \times 101) = 266 \text{ g de PDI.} \end{aligned} \quad (6.15)$$

Cette valeur est supérieure aux besoins (254 g de PDI).

On peut s'arrêter à ce stade, mais auparavant il faut vérifier que les apports en protéines sont équilibrés pour le bon fonctionnement du rumen :

$$\text{Rmic} = (\text{PDIN} - \text{PDIE})/\text{UFL}. \quad (6.16)$$

Ce rapport doit être supérieur ou égal à - 6 g pour ce niveau de production.

Pour cela, nous calculons d'abord les apports totaux en PDIN, PDIE et UFL :

$$\begin{aligned} &(Q_{\text{foin}} \times \text{PDIN}_{\text{foin}}) + (Q_{\text{orge}} \times \text{PDIN}_{\text{orge}}) \\ &= (2,57 \times 88) + (0,47 \times 79) = 263 \text{ g de PDIN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &(Q_{\text{foin}} \times \text{PDIE}_{\text{foin}}) + (Q_{\text{orge}} \times \text{PDIE}_{\text{orge}}) \\ &= (2,57 \times 85) + (0,47 \times 101) = 266 \text{ g de PDIE.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &(Q_{\text{foin}} \times \text{UFL}_{\text{foin}}) + (Q_{\text{orge}} \times \text{UFL}_{\text{orge}}) \\ &= (2,57 \times 0,68) + (0,47 \times 1,09) = 2,26 \text{ UFL.} \end{aligned}$$

D'où, selon l'équation 6.16, $\text{Rmic} = (263 - 266)/2,26 = - 1,3 \text{ g}$.

Comme $\text{Rmic} > - 6$, on peut conserver les valeurs de :

$$Q_{\text{foin}} = 2,57 \text{ kg MS} \text{ et } Q_{\text{orge}} = 0,47 \text{ kg MS.}$$

Il faudra vérifier que les apports de calcium absorbable (Ca_{abs}) et de phosphore absorbable (P_{abs}) couvrent les besoins des brebis. En cas de déficit, il faudra apporter un complément minéral adapté à la nature du déficit.

Dans la pratique, cette ration serait distribuée à un lot de brebis dont la production laitière moyenne serait de 1,8 litres. Ainsi en terme de tactique alimentaire, l'éleveur viserait 1,8 litre \times 110 % soit 2 litres.

Encadré 6.2

Ration pour un lot de brebis allaitantes entre la 4^e et la 6^e semaine de lactation

Caractéristiques individuelles moyennes des brebis

Poids à la mise bas : 60 kg, note d'état corporel : 3,0.

Gain de poids de la portée entre 10 et 30 jours : 250 g/j.

Durée de l'allaitement : 6 semaines.

Variation de la note d'état corporel en 6 semaines : - 0,6 points.

Température ambiante moyenne : 12 °C.

Aliments disponibles et valeurs alimentaires (par kg de MS)

- Foin de Crau 1^{er} cycle coupe tardive fané au sol par beau temps :
0,63 UFL 65 g PDIN 75 g PDIE 3,5 g Ca_{abs} 2,0 g P_{abs} $\text{VE}_F = 1,50 \text{ UEM}$
 - Orge :
1,09 UFL 79 g PDIN 101 g PDIE 0,5 g Ca_{abs} 3,0 g P_{abs}
 - Tourteau de soja 46 :
1,20 UFL 360 g PDIN 253 g PDIE 0,1 g Ca_{abs} 5,0 g P_{abs}
- Le foin est distribué à volonté (Q_{foin}).

Besoins et capacité d'ingestion (tableaux 6.1 et 6.5)

Les besoins d'entretien sont lus dans le tableau 6.1 :

$$0,71 \text{ UFL} \quad 54 \text{ g de PDI} \quad 1,2 \text{ g de Ca}_{\text{abs}} \quad 1,6 \text{ g de P}_{\text{abs}}$$

Les besoins supplémentaires de lactation sont lus dans le tableau 6.5 :

$$0,70 \text{ UFL} \quad 80 \text{ g de PDI} \quad 2,2 \text{ g de Ca}_{\text{abs}} \quad 1,7 \text{ g de P}_{\text{abs}}$$

La CI corrigée de l'effet de mobilisation est :

$$2,15 + (0,15 \times 0,6) = 2,24 \text{ UEM.}$$

La mobilisation des réserves corporelles recommandée est obtenue à partir du tableau 6.6 (mobilisation des réserves sur la période 4 à 6 semaines avec une note d'état initiale égale à 3) :

$$\text{Mobilisation (UFL/j)} = \text{Besoins d'entretien (BesENT)} \times 0,36 \quad (6.17)$$

$$\text{Mobilisation} = 0,71 \times 0,36 = 0,26 \text{ UFL/j.}$$

Les brebis mobiliseront donc l'équivalent de 0,26 UFL par jour pour la production laitière ce qui diminuera d'autant les apports alimentaires d'énergie.

Les besoins totaux des brebis sont donc de :

$$1,15 \text{ UFL} \quad 134 \text{ g de PDI} \quad 3,4 \text{ g de Ca}_{\text{abs}} \quad 3,3 \text{ g de P}_{\text{abs}}$$

Calcul des apports de fourrage

Dans un premier temps, on vérifie si le foin seul peut couvrir les besoins énergétiques de la brebis. On compare donc la densité énergétique minimale de la ration (DERm) à la densité énergétique du foin (DEF_{foin}) en reprenant les équations 6.10 et 6.11 :

$$\begin{aligned} \text{DERm} &= \text{besoins en UFL/CI} \\ &= 1,15/2,24 = 0,51 \text{ UFL/UEM.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DEF}_{\text{foin}} &= \text{teneur en UFL du foin/valeur d'encombrement du foin} \\ &= 0,63/1,50 = 0,42 \text{ UFL/UEM.} \end{aligned}$$

Comme $\text{DEF}_{\text{foin}} < \text{DERm}$, son apport seul ne permet pas de couvrir les besoins en énergie de la brebis. Il faut donc avoir recours à un ou plusieurs aliments concentrés.

Calcul de la quantité d'aliment concentré à apporter pour couvrir les besoins énergétiques

Dans le système des unités d'encombrement, les quantités d'aliments volontairement ingérés (fourrages et concentrés) ne peuvent pas être supérieures à la CI. On peut donc écrire selon l'équation 6.12 :

$$\text{CE} = (\text{VE}_{\text{foin}} \times \text{Q}_{\text{foin}}) + (\text{VE}_{\text{orge}} \times \text{Q}_{\text{orge}}).$$

L'orge, comme tout aliment concentré, n'a pas de valeur d'encombrement (VE_C) propre. Elle dépend de la VE_F du fourrage de la ration selon l'équation 6.13 :

$$\text{VE}_{\text{orge}} = \text{Sg} \times \text{VE}_{\text{foin}}$$

où Sg est le taux de substitution global.

Sg peut être lu dans le tableau 6.8 pour un fourrage d'une VE_F de 1,50, soit $\text{Sg} = 0,50$.

On en déduit que $\text{VE}_{\text{orge}} = 0,50 \times 1,50 = 0,75 \text{ UEM}$.

Pour obtenir les apports attendus d'énergie de la ration, il faut que la somme des apports énergétiques (fourrages + concentrés) soit égale aux recommandations (équation 6.14) :

$$\text{Besoins énergétiques (BesUF) en UFL} = (\text{UFL}_{\text{foin}} \times \text{Q}_{\text{foin}}) + (\text{UFL}_{\text{orge}} \times \text{Q}_{\text{orge}})$$

D'après les équations 6.11 et 6.14, on déduit :

$$\begin{aligned} \text{Q}_{\text{orge}} &= [\text{BesUF} - (\text{CI} \times \text{DEF}_{\text{foin}})] / [\text{UFL}_{\text{orge}} - (\text{VE}_{\text{orge}} \times \text{DEF}_{\text{foin}})] \\ \text{Q}_{\text{orge}} &= [1,15 - (2,24 \times 0,42)] / [1,09 - (0,75 \times 0,42)] = 0,27 \text{ kg de MS} \end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned} \text{Q}_{\text{foin}} &= [\text{CI} - (\text{Q}_{\text{orge}} \times \text{VE}_C)] / \text{VE}_{\text{foin}} \\ \text{Q}_{\text{foin}} &= [2,24 - (0,32 \times 0,75)] / 1,50 = 1,33 \text{ kg de MS.} \end{aligned}$$

Donc $Q_{\text{orge}} = 0,27$ kg MS et $Q_{\text{foin}} = 1,33$ kg MS.

Calcul de la quantité d'aliment concentré à apporter pour couvrir les besoins en protéines

Les apports protéiques (PDI) doivent couvrir les besoins en protéines de la brebis. Comme la valeur PDI de la ration est la valeur la plus faible des apports en PDIN et PDIE, il faut choisir de commencer par PDIE et vérifier que les apports en PDIN sont au moins égaux aux apports en PDIE.

L'apport en PDIE doit donc satisfaire l'équation 6.15 :

$$\begin{aligned}\text{BesPDI} &= (Q_{\text{foin}} \times \text{PDIE}_{\text{foin}}) + (Q_{\text{orge}} \times \text{PDIE}_{\text{orge}}) \\ &= (1,33 \times 75) + (0,27 \times 101) = 127 \text{ g de PDI.}\end{aligned}$$

Cette valeur est inférieure aux besoins (137 g de PDI).

Nous compléterons donc la ration avec du tourteau de soja, riche en PDIE.

Comme la valeur énergétique du tourteau de soja est supérieure à celle de l'orge, il va se substituer à l'orge.

$$Q_{\text{concentrés}} = Q_{\text{orge}} + Q_{\text{soja}} = 0,27.$$

Il suffit alors de résoudre l'équation :

$$\text{BesPDI} = (Q_{\text{foin}} \times \text{PDIE}_{\text{foin}}) + (Q_{\text{orge}} \times \text{PDIE}_{\text{orge}}) + (Q_{\text{soja}} \times \text{PDIE}_{\text{soja}})$$

et de remplacer Q_{orge} par $(Q_{\text{concentrés}} - Q_{\text{soja}})$:

$$\begin{aligned}Q_{\text{soja}} &= [\text{BesPDI} - (Q_{\text{foin}} \times \text{PDIE}_{\text{foin}}) - (Q_{\text{concentrés}} \times \text{PDIE}_{\text{orge}})] / (\text{PDIE}_{\text{soja}} - \text{PDIE}_{\text{orge}}) \\ &= [134 - (1,33 \times 75) - (0,27 \times 101)] / (253 - 101) = 0,05 \text{ kg de MS.}\end{aligned}$$

$$Q_{\text{orge}} = 0,27 - 0,05 = 0,22 \text{ kg de MS.}$$

Nous vérifions que le rapport $(\text{PDIN} - \text{PDIE})/\text{UFL}$ de la ration est supérieur ou égal à la valeur seuil de - 12 g.

Pour cela, nous calculons d'abord les apports totaux en PDIN, PDIE et UFL :

$$\begin{aligned}(Q_{\text{foin}} \times \text{PDIN}_{\text{foin}}) + (Q_{\text{orge}} \times \text{PDIN}_{\text{orge}}) + (Q_{\text{soja}} \times \text{PDIN}_{\text{soja}}) \\ = (1,33 \times 65) + (0,22 \times 79) + (0,05 \times 360) = 122 \text{ g de PDIN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(Q_{\text{foin}} \times \text{PDIE}_{\text{foin}}) + (Q_{\text{orge}} \times \text{PDIE}_{\text{orge}}) + (Q_{\text{soja}} \times \text{PDIE}_{\text{soja}}) \\ = (1,33 \times 75) + (0,22 \times 101) + (0,05 \times 253) = 135 \text{ g de PDIE}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(Q_{\text{foin}} \times \text{UFL}_{\text{foin}}) + (Q_{\text{orge}} \times \text{UFL}_{\text{orge}}) + (Q_{\text{soja}} \times \text{UFL}_{\text{soja}}) \\ = (1,33 \times 0,63) + (0,22 \times 1,09) + (0,05 \times 1,20) = 1,14 \text{ UFL}\end{aligned}$$

d'où, selon l'équation 6.16, $R_{\text{mic}} = (122 - 135) / 1,14 = - 11,4$ g / UFL.

$R_{\text{mic}} > - 12$, on peut donc conserver les valeurs de $Q_{\text{foin}} = 1,33$ kg MS, $Q_{\text{orge}} = 0,22$ kg MS et $Q_{\text{soja}} = 0,05$ kg MS.

Il faudra vérifier que les apports de Ca_{abs} et P_{abs} couvrent les besoins des brebis. En cas de déficit, il faudra apporter un complément minéral adapté à la nature du déficit.

Comme la température ambiante est de 12 °C, il faut calculer le coefficient de correction CF_{ovins} (d'après l'équation 6.4) :

$$\text{CF}_{\text{ovins}} = 1,345 - (0,0183 \times T) = 1,125.$$

Il faudra donc distribuer une quantité de foin égale à :

$$Q_{\text{foin}} = 1,33 \times 1,125 = 1,5 \text{ kg de MS ou en kg brut } 1,8 \text{ kg.}$$

Au final, la ration à distribuer sera (en kg brut) :

$$\text{Foin} = 1,8 \text{ kg}$$

$$\text{Orge} = 0,3 \text{ kg}$$

$$\text{Tourteau de soja} = 0,1 \text{ kg.}$$

Tableau 6.1. Besoins d'entretien et capacité d'ingestion des brebis adultes (tarées ou en début de gestation) et des agnelles en croissance.

Âge	Poids vif (kg)	Besoins d'entretien				Capacité d'ingestion (UEM)		
		UFL (/j)	PDI (g/j)	Ca _{abs} (g/j)	P _{abs} (g/j)	Note d'état des brebis		
						2 à 2,5	3 à 3,5	4 à 4,5
Adultes	40	0,52	40	0,8	1,0	1,4	1,3	1,2
	50	0,62	47	1,0	1,3	1,7	1,5	1,4
	60	0,71	54	1,2	1,6	1,9	1,7	1,6
	70	0,80	61	1,4	1,8	2,2	2,0	1,8
	80	0,88	67	1,6	2,1	2,4	2,2	2,0
Agnelles*	30	0,44	32	0,8	0,6			
	40	0,52	40	1,0	0,8			

* Avant 30 kg de poids, les agnelles sont nourries comme des agneaux de boucherie.

NB : – augmenter les besoins de 0,08 UFL et de 7 g de PDI par 10 kg de poids vif supplémentaires ;

– les besoins d'entretien des béliers sont supérieurs de 10 % à ceux des brebis de même poids.

Tableau 6.2. Besoins supplémentaires pour la reconstitution des réserves corporelles (brebis adultes) et la croissance des agnelles.

Variation de poids* (g/j)	Besoins pour la reconstitution des réserves (brebis adultes)		Besoins supplémentaires de croissance (agnelles)			
	UFL (/j)	PDI (g/j)	UFL (/j)	PDI (g/j)	Ca _{abs} (g/j)	P _{abs} (g/j)
+ 50	0,28	11	0,13	11	0,2	0,3
+ 100	0,56	22	0,26	22	0,4	0,7
+ 150	0,84	33	0,39	33	0,7	1,0

* Une augmentation de 1 point de la note d'état corporel correspond à 13 % d'accroissement du poids vif des brebis (à contenus digestifs constants).

Tableau 6.3. Valeur du taux de substitution global (Sg) en fonction du stade physiologique des brebis et de la valeur d'encombrement du fourrage.

Stades physiologiques	Valeur d'encombrement du fourrage (UEM/kg MS)						
	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
Tariée	0,84	0,78	0,71	0,65	0,58	0,52	0,45
Gestation (semaines – 6 et – 5)	0,64	0,54	0,44	0,33	0,23	0,13	0,00
Gestation (semaines – 4 et – 3)	0,68	0,57	0,45	0,35	0,25	0,14	0,00
Gestation (semaines – 2 et – 1)	0,71	0,59	0,48	0,37	0,25	0,14	0,00
Allaitement : semaines 4 à 6	1,46	1,30	1,14	0,97	0,81	0,66	-
Allaitement : semaines 7 à 14	0,87	0,79	0,71	0,63	0,55	0,47	0,39
Brebis traitée	1,28	1,05	0,82	0,59	0,36	0,13	0,00

- donnée non disponible.

Tableau 6.4. Apports recommandés totaux et capacité d'ingestion des brebis en fin de gestation selon le poids des brebis et le poids de la portée.

Poids de la brebis ^a (kg)	Poids de la portée (kg) et (taille) ^b	Semaines avant l'agnelage												
		- 6 et - 5			- 4 et - 3			- 2 et - 1			- 6 à - 1 Capacité d'ingestion (UEM)			
		UFL (l/j)	PDI (g/l)	Ca _{abs} (g/l)	P _{abs} (g/l)	UFL (l/j)	PDI (g/l)	Ca _{abs} (g/l)	P _{abs} (g/l)	UFL (l/j)	PDI (g/l)	Ca _{abs} (g/l)	P _{abs} (g/l)	
55	4 (1)	0,74	74	1,7	1,9	0,84	93	2,1	2,1	0,99	107	2,7	2,4	1,29
	5 (2)	0,75	79	1,9	2,0	0,89	103	2,3	2,2	1,09	118	3,1	2,6	1,16
	7 (2)	0,77	89	2,2	2,2	0,97	113	2,7	2,5	1,24	139	3,9	3,0	1,29
60	5 (2)	0,80	83	1,9	2,2	0,93	107	2,4	2,4	1,13	121	3,2	2,8	1,26
	6 (2)	0,81	88	2,1	2,2	0,97	112	2,6	2,5	1,21	132	3,5	2,9	1,32
	7 (2)	0,82	93	2,2	2,3	1,02	117	2,8	2,6	1,30	143	4,0	3,2	1,40
	8 (2)	0,83	98	2,4	2,3	1,07	122	3,0	2,8	1,38	154	4,4	3,4	1,45
70	5 (1)	0,88	90	2,1	2,5	1,02	114	2,6	2,7	1,22	129	3,3	3,1	1,64
	7 (2)	0,90	100	2,4	2,6	1,09	133	3,0	2,9	1,37	150	4,1	3,5	1,58
	9 (2)	0,93	111	2,7	2,8	1,14	146	3,5	3,2	1,50	172	5,0	3,9	1,71
	11 (3)	0,96	121	3,0	2,9	1,24	169	4,0	3,4	1,63	188	5,7	4,3	1,65

^a Pour des brebis plus lourdes ou plus légères, on retiendra les variations suivantes pour 5 kg de poids de la brebis : 0,04 UFL, 3 g de PDI, 0,3 g Ca_{abs}, 0,2 g P_{abs} et 0,1 UEM.

^b Taille de la portée en nombre d'agneaux à naître.

Tableau 6.5. Besoins de lactation et capacité d'ingestion (CI) des brebis allaitantes d'un poids vif de 60 kg après la mise bas, selon le croît quotidien de la portée entre 10 et 30 j après l'agnelage (ces besoins s'ajoutent aux besoins d'entretien du tableau 6.1).

	Gain des agneaux entre 10 et 30 j (g/j)				
	150	250	350	450	550
De 0 à 3 semaines	<i>Consommation de lait par la portée (kg)</i>				
	0,90	1,40	1,90	2,60	3,00
UFL (/j)	0,60	0,90	1,20	1,65	1,95
PDI (g/j)	65	100	130	180	210
Calcium absorbable (g/j)	1,7	2,7	3,6	4,9	5,7
Phosphore absorbable (g/j)	1,4	2,1	2,9	3,9	4,5
CI en UEM* pour une note d'état de 3 ou 2	1,48	1,72	1,96	2,20	2,44
De 4 à 6 semaines	<i>Consommation de lait par la portée (kg)</i>				
	0,75	1,15	1,60	2,25	2,60
UFL (/j)	0,50	0,70	1,00	1,40	1,60
PDI (g/j)	52	80	110	155	180
Calcium absorbable (g/j)	1,4	2,2	3,0	4,3	4,9
Phosphore absorbable (g/j)	1,1	1,7	2,4	3,4	3,9
CI en UEM* pour une note d'état de 3	1,85	2,15	2,45	2,75	3,05
Variation de la CI en UEM* pour une note d'état de 2 par rapport à la CI d'une note de 3	+ 0,15	+ 0,15	+ 0,20	+ 0,20	+ 0,15
De 7 à 10 semaines	<i>Consommation de lait par la portée (kg)</i>				
	0,50	0,80	1,05	1,45	1,65
UFL (/j)	0,35	0,55	0,75	1,00	1,15
PDI (g/j)	40	60	80	110	130
Calcium absorbable (g/j)	1,0	1,5	2,0	2,8	3,1
Phosphore absorbable (g/j)	0,8	1,2	1,6	2,2	2,5
CI en UEM* pour une note d'état de 3	1,70	1,90	2,05	2,25	2,35
Variation de la CI en UEM* pour une note d'état de 2 par rapport à la CI d'une note de 3	+ 0,15	+ 0,20	+ 0,15	+ 0,15	+ 0,25
De 11 à 14 semaines	<i>Consommation de lait par la portée (kg)</i>				
	0,30	0,40	0,60	0,80	0,90
UFL (/j)	0,20	0,30	0,45	0,60	0,70
PDI (g/j)	25	35	50	65	75
Calcium absorbable (g/j)	0,6	0,8	1,1	1,5	1,7
Phosphore absorbable (g/j)	0,5	0,6	0,9	1,2	1,4
CI en UEM* pour une note d'état de 3	1,60	1,65	1,75	1,85	1,95
Variation de la CI en UEM* pour une note d'état de 2 par rapport à la CI d'une note de 3	+ 0,25	+ 0,35	+ 0,25	+ 0,20	+ 0,15

* Corriger la CI de 0,1 UEM par 5 kg de poids vif en plus ou en moins. Pour des brebis plus maigres (note < 2 au-delà de 3 semaines d'allaitement), rajouter 0,1 UEM par 0,5 point de note en moins.

Tableau 6.6. Utilisation des réserves corporelles par les brebis en lactation : déficit énergétique maximum toléré exprimé en fraction du besoin d'entretien (BesENT)*.

Âge et système d'élevage	Note d'état corporel à l'agnelage	Perte d'état corporel 0-6 semaines	Déficit quotidien maximum tolérable		
			Moyenne 0-6 semaines	Semaines 1 à 3	Semaines 4 à 6
Adulte lactation courte	3,5 à 4	- 1,0	0,85 × BesENT	1,13 × BesENT	0,57 × BesENT
	2,5 à 3	- 0,6	0,51 × BesENT	0,68 × BesENT	0,36 × BesENT
Brebis âgées Agnelles et brebis traites	3,5 à 4	- 0,6	0,51 × BesENT	0,68 × BesENT	0,36 × BesENT
	3,5 à 4	- 0,5	0,42 × BesENT	0,57 × BesENT	0,28 × BesENT

* Par exemple, une brebis de 70 kg de poids vif, de note d'état supérieure à 3,5, et qui a un besoin d'entretien (BesENT) de 0,80 UFL (tableau 6.1) pourra mobiliser en moyenne 0,85 × BesENT, soit 0,68 UFL par jour.

Tableau 6.7. Variation du taux de substitution global (Sg) du concentré au fourrage pendant les semaines d'allaitement 4 à 6 (Sg₍₄₋₆₎).

	Valeur d'encombrement du fourrage (UEM/kg MS)							
	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60
Sg ₍₄₋₆₎	1,46	1,30	1,14	0,97	0,81	0,66	0,50	0,34

Tableau 6.8. Valeurs du coefficient de correction (COR) à utiliser pour calculer Sg en semaines d'allaitement 1 à 3 : Sg₍₁₋₃₎ = 0,8 × Sg₍₄₋₆₎ + COR.

MSTI ₍₄₋₆₎ (kg de MS)	Quantité de concentré (kg/MS) distribuée en semaines 4 à 6 (C ₍₄₋₆₎)											
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	
1,6	- 1,51	- 0,94	- 0,66	- 0,48	- 0,37	- 0,29	- 0,23	- 0,18	- 0,14	- 0,11	- 0,09	
1,7	- 1,34	- 0,82	- 0,57	- 0,41	- 0,31	- 0,24	- 0,18	- 0,14	- 0,11	- 0,08	- 0,06	
1,8	- 1,16	- 0,71	- 0,48	- 0,34	- 0,25	- 0,19	- 0,14	- 0,10	- 0,07	- 0,05	- 0,03	
1,9	- 0,99	- 0,59	- 0,39	- 0,27	- 0,20	- 0,14	- 0,10	- 0,06	- 0,04	- 0,02	0,00	
2,0	- 0,81	- 0,47	- 0,31	- 0,20	- 0,14	- 0,09	- 0,05	- 0,02	0,00	0,02	0,03	
2,1	- 0,63	- 0,36	- 0,22	- 0,13	- 0,08	- 0,04	- 0,01	0,01	0,03	0,05	0,06	
2,2	- 0,46	- 0,24	- 0,13	- 0,06	- 0,02	0,01	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	
2,3	- 0,29	- 0,12	- 0,04	0,01	0,04	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	
2,4	- 0,11	- 0,01	0,05	0,08	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	
2,5	0,07	0,11	0,13	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	

MSTI₍₄₋₆₎ : quantité de matière sèche totale ingérée en 5^e semaine pour les semaines 4 à 6 ; MSTI₍₄₋₆₎ et C₍₄₋₆₎ sont obtenues lors du calcul de la ration en 5^e semaine d'allaitement.

Tableau 6.9. Besoins totaux et capacité d'ingestion (CI) après la phase d'allaitement, d'une brebis laitière de 70 kg de poids vif selon le niveau de production laitière (PL) et les taux butyreux (TB) et protéique (TP).

PL (l/j)	TB (g/l)	TP (g/l)	UFL (/j)	PDI (g/j)	Ca _{abs} (g/j)	P _{abs} (g/j)	CI (UEM)
3,0	58	45	2,56	295	7,1	6,8	3,91
2,5	61	48	2,33	268	6,2	6,1	3,62
2,0	72	54	2,17	247	5,2	5,3	3,42
1,5	86	59	1,95	213	4,3	4,6	3,15
1,0	94	60	1,61	164	3,3	3,8	2,71
0,5	105	62	1,24	114	2,4	3,1	2,24

Pour une variation de poids vif de 10 kg, modifier les besoins de 0,08 UFL, 7 g de PDI, et 0,3 g de Ca_{abs}, 0,2 g de P_{abs} et la CI de 0,24 UEM.

Pour une variation de TB de 5 g/l, modifier les besoins de 0,05 UFL et la CI de 0,06 UEM.

Pour une variation de TP de 5 g/l, modifier les besoins de 0,03 UFL, 17 g de PDI, et la CI de 0,04 UEM.

Tableau 6.10. Apports alimentaires recommandés pour les agneaux mâles et femelles en croissance et à l'engraissement selon leur potentiel de croissance.

Poids vif (kg)	Gain de poids vif (g/j)	Potentiel de croissance								Ensemble	
		Modéré				Élevé					
		Mâles		Femelles		Mâles		Femelles		Ca _{abs} (g/j)	P _{abs} (g/j)
UFV (/j)	PDI (g/j)	UFV (/j)	PDI (g/j)	UFV (/j)	PDI (g/j)	UFV (/j)	PDI (g/j)				
15	150	0,57	65	0,68	62					1,8	1,3
	200	0,58	78	0,69	75					2,3	1,6
	250	0,59	92	0,71	87					2,8	1,9
	300	0,60	108							3,3	2,2
20	150	0,72	69	0,80	65	0,63	71	0,73	67	1,8	1,4
	200	0,75	82	0,84	78	0,67	85	0,77	80	2,3	1,7
	250	0,79	96	0,89	90	0,71	99	0,80	93	2,7	1,9
	300	0,80	110	0,91	103	0,75	113	0,82	106	3,2	2,2
25	150	0,87	71	0,92	68	0,75	73	0,82	69	1,8	1,5
	200	0,93	84	0,98	80	0,77	86	0,85	82	2,3	1,8
	250	1,00	97	1,06	91	0,80	100	0,89	94	2,7	2,0
	300	1,03	110	1,10	103	0,82	114	0,92	107	3,1	2,3
	350	1,05	123			0,85	127	0,95	119	3,6	2,5
30	150	1,01	73	1,04	70	0,87	75	0,91	72	1,9	1,6
	200	1,09	86	1,13	81	0,91	88	0,96	84	2,3	1,9
	250	1,19	98	1,23	93	0,96	101	1,01	95	2,7	2,1
	300	1,25	111	1,25	104	0,98	114	1,04	107	3,1	2,4
	350	1,29	123			1,00	127	1,07	119	3,5	2,6
	400	1,33	136			1,03	142			3,9	2,9
35	150					0,99	76	1,01	73	1,9	1,7
	200	1,27	87			1,05	89	1,07	84	2,3	2,0
	250	1,38	99			1,11	101	1,15	96	2,7	2,2
	300	1,47	110			1,14	114	1,18	107	3,1	2,5
	350	1,57	122			1,16	126	1,21	118	3,5	2,7
	400	1,60	134			1,18	139	1,23	130	3,9	2,9
	450					1,20	150			4,3	3,2
40	200					1,18	90	1,21	76	2,4	2,1
	250					1,27	102	1,31	87	2,8	2,3
	300					1,32	115	1,36	99	3,1	2,6
	350					1,37	127	1,40	100	3,5	2,8
	400					1,39	140	1,43	121	3,9	3,0
	450					1,42	153			4,3	3,3

Alimentation des caprins

D. SAUVANT, S. GIGER-REVERDIN, F. MESCHY

La France possède deux grandes régions caprines, le Centre-Ouest principalement et le Sud-Est du pays. La population de chèvres et de chevrettes saillies est de l'ordre d'un million de têtes, elle est répartie entre 20 000 producteurs environ, 9 000 troupeaux possèdent plus de 10 chèvres. La production laitière est à destination fromagère avec une transformation dans près de la moitié des élevages. La production fromagère continue à progresser, sachant que la France est le premier producteur d'Europe et possède 11 types de fromages de chèvre d'appellation d'origine contrôlée. Les systèmes de production, en particulier les systèmes d'alimentation, sont diversifiés : depuis des troupeaux conduits de façon très extensive sur des parcours à faible productivité jusqu'à des troupeaux recevant un minimum de fourrages et des quantités importantes d'aliments concentrés et/ou déshydratés. Enfin, dans ce dernier contexte, la répartition des animaux en lots recevant des rations semi-complètes s'est assez largement répandue.

Les valeurs des besoins et recommandations proposées en 1988 restent globalement valables. Elles ont été cependant actualisées pour permettre une meilleure précision du calcul des rations et de la prévision des réponses zootechniques aux apports de concentré.

Les dépenses et besoins des chèvres laitières

Au cours du cycle de production, l'ingestion, la production et le poids vif des chèvres laitières varient fortement. En début de lactation, la mobilisation des réserves est à l'origine des bilans nutritifs négatifs ; cette période est ensuite compensée par une phase de restauration de ces réserves pendant la phase descendante de la lactation et le début de la période de tarissement.

L'énergie

À bilan énergétique équilibré, les besoins quotidiens en énergie, liés à l'entretien et à la production, et exprimés en UFL/j (BesUFL), sont résumés dans l'équation suivante :

$$\text{BesUFL} = 0,79 + 0,01 (\text{PV} - 60) + (0,40 \times \text{PL}_{35}). \quad (7.1)$$

Dans cette équation, PV représente le poids vif (kg) et PL_{35} (kg) la production de lait standard avec un taux butyreux (TB) de 35 g/kg de lait. Le besoin d'entretien d'une chèvre de 60 kg de PV est donc de 0,79 UFL/j. Un écart de 10 kg de PV correspond à une variation de 0,10 UFL/j du besoin d'entretien. On considère que le lait standard présente des valeurs de TB, taux protéique (TP) et de lactose (TL) de 35, 31 et 43 g/kg respectivement. Ces valeurs correspondent à une dépense

énergétique de 676,5 kcal/kg soit 0,40 UFL. Pour des laits présentant d'autres valeurs de TB, la dépense peut se calculer suivant l'équation :

$$\text{UFL/kg lait} = 0,4 + 0,0075 (\text{TB} - 35). \quad (7.2)$$

Cette équation tient compte des variations concomitantes, généralement observées, des valeurs de TB, TP et TL du lait. Si la valeur du TP est connue, la prévision peut être affinée à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{UFL/kg lait} = 0,4 + 0,0055 (\text{TB} - 35) + 0,0033 (\text{TP} - 31). \quad (7.3)$$

D'autre part, pour tenir compte de la diminution de la valeur énergétique des aliments liée aux niveaux élevés d'ingestion et aux interactions digestives dues aux apports de concentré, les besoins en énergie ont été majorés par la relation de correction suivante :

$$E = 2,5 \text{ PL}_{35} / \text{PV} \quad (7.4)$$

où PL_{35} et PV sont en kg.

Le tableau 7.1 présente les valeurs des besoins en énergie des chèvres en lactation en fonction de ces principaux déterminants.

Les variations pondérales, donc des réserves corporelles, pendant la lactation induisent des modifications des besoins en énergie. Au démarrage de la lactation, la durée et l'ampleur de la mobilisation des réserves lipidiques sont fonction du potentiel de production. La perte de poids peut atteindre 7 kg en un mois et demi chez des chèvres à fort potentiel. Une perte de poids de 1 kg correspond en moyenne à la fourniture de 2,6 UFL. Cette mobilisation est normale ; elle signifie, par exemple, qu'une perte pondérale de 1 kg par semaine en début de lactation « fournit » 0,37 UFL/j. Pour que la mobilisation ne soit pas excessive et risquée, il est recommandé de fournir un régime dont la concentration, ou densité, énergétique soit de l'ordre de 0,92-0,94 UFL/kg MS ou de 1,12-1,15 UFL/UFL. En phase descendante de lactation et de restauration des réserves, on estime qu'1 kg de gain de poids vif « coûte » en moyenne 3,9 UFL. Ainsi, par exemple, un gain de 1,2 kg PV/mois (valeur moyenne observée en phase descendante de lactation chez les multipares) correspond à un besoin énergétique accru de 0,16 UFL/j. Pour les primipares, il convient de tenir compte d'un besoin supplémentaire de croissance pendant la lactation, le gain de poids vif étant de l'ordre de 1 kg par mois, ce qui correspond à un accroissement du besoin énergétique total de 0,29 UFL/j. En phase de reconstitution des réserves, on estime qu'une augmentation de 0,5 point de la note d'état corporel (chapitre 3) correspond à environ à 0,02 UFL/j du bilan énergétique.

Le besoin énergétique de gestation ne devient significatif qu'à partir du 4^e mois de gestation. En pratique, il est évalué par une approche comparable à celle utilisée pour les brebis, compte tenu de l'analogie d'espèce. Il est recommandé de multiplier par environ 1,15 et 1,30 le besoin d'entretien calculé pendant les 4^e et 5^e mois de gestation. À cette période, il convient d'être attentif aux animaux les plus prolifiques pour éviter les toxémies de gestation. En outre, l'apport libéral d'un fourrage de bonne qualité est essentiel pour la réussite du démarrage de la lactation. Le besoin énergétique des chèvres en gestation est indiqué dans le tableau 7.2.

Les activités de déplacement et de pâturage accroissent le besoin d'entretien des animaux. Les valeurs mesurées indiquent que cette activité peut accroître de plus de 50 % la valeur du besoin d'entretien. Une augmentation moyenne de 20-30 %

pour du pâturage en zone de plaine et de 40-60 % pour du pâturage en terrain accidenté semble pouvoir être retenue. Cependant, si une description détaillée des activités est disponible, plutôt que d'appliquer les recommandations précédentes, on peut intégrer les coûts énergétiques moyens associés à 1 km de déplacement horizontal (0,03 UFL), ainsi qu'à 100 m de déplacement vertical en montée (0,022 UFL) ou en descente (0,010 UFL).

Les protéines

À l'équilibre azoté, les besoins quotidiens en protéines, liés à l'entretien et à la production, et exprimés en grammes de PDI/j (BesPDI), sont résumés dans l'équation suivante :

$$\text{BesPDI} = 50 + 0,62 (PV - 60) + 45 PL_{35}. \quad (7.5)$$

Le besoin PDI de 45 g par kg de lait est à peu près le même quelle que soit la valeur du TP du lait car les chèvres présentant un TP élevé, en raison du type de caséine alpha S1, semblent être plus efficaces pour transformer les PDI en protéines laitières. Au début de la lactation, un déficit PDI limité peut être toléré. Il ne doit pas excéder 80-90 g/j et 20-30 g/j au cours des semaines 1 et 2 respectivement. À partir de la 3^e semaine de lactation, l'équilibre doit être retrouvé. Pendant ce début de lactation, un rapport PDI/UFL de l'ordre de 92-95 g permet de satisfaire cette recommandation pour les animaux les plus forts producteurs. Lorsque le bilan PDI redevient positif, il convient d'appliquer la méthode générale de calcul des apports PDI en prévoyant d'ajouter de l'ordre de 13 et 4 g PDI/j aux besoins stricts pour les primipares et les multipares respectivement pendant la phase de reconstitution des réserves. Pour les animaux en gestation, il est recommandé de multiplier le besoin d'entretien en PDI par 1,6 et 2,2 aux 4^e et 5^e mois pour tenir compte des besoins utérins accrus.

Pour les teneurs souhaitables en LysDi et MetDi des régimes, les expérimentations conduites avec des chèvres en lactation ont été trop rares pour pouvoir dégager des relations et des recommandations précises et spécifiques. Cependant, il semble que les *minima* à respecter présentent le même ordre de grandeur que pour les vaches laitières.

Les tableaux 7.1 et 7.2 résumant les principales valeurs des besoins en PDI en fonction du PV, de la production laitière et du stade physiologique.

Les minéraux

Les apports journaliers recommandés (AJR) en phosphore (P) et calcium (Ca) sont exprimés en P et Ca absorbables (P_{abs} et Ca_{abs}). Les AJR de P et Ca (entretien et production de lait) pour la chèvre en lactation sont les suivants :

$$P_{\text{abs}} \text{ (g/j)} = 0,905 \text{ MSI(kg)} + 0,30 + 0,002 \text{ PV} + 0,95 \text{ PL}_{35} \quad (7.6)$$

$$Ca_{\text{abs}} \text{ (g/j)} = 0,67 \text{ MSI(kg)} + 0,010 \text{ PV} + 1,25 \text{ PL}_{35}. \quad (7.7)$$

Pour les primipares, il convient d'intégrer les besoins de croissance correspondant à la minéralisation du croît et à l'accrétion minérale optimale du squelette, soit :

$$P_{\text{abs}} \text{ (g/kg de croît)} = 1,2 + (3,188 \times PV_{\text{ad}}^{0,28} \times PV^{-0,28}) \quad (7.8)$$

$$Ca_{\text{abs}} \text{ (g/kg de croît)} = 6,75 \times PV_{\text{ad}}^{0,28} \times PV^{-0,28} \quad (7.9)$$

où PV_{ad} est le poids vif adulte.

Durant les deux derniers mois de la gestation, le besoin de minéralisation de l'utérus gravide est de 0,6 à 1,0 g de P_{abs}/j et 1,0 à 2,0 g de Ca_{abs}/j selon la taille de la portée.

Tout comme pour les bovins, il est possible de simplifier ces calculs en indexant les AJR de Ca et de P sur l'apport énergétique des rations (UFL/jour). Ainsi, pour les chèvres en lactation :

$$\begin{aligned} P_{\text{abs}} \text{ (g/j)} &= 2,8 \text{ UFL} - 0,5 \\ Ca_{\text{abs}} \text{ (g/j)} &= 3,3 \text{ UFL} - 1,07. \end{aligned}$$

Et pour les chèvres en fin de gestation portant un chevreau : $P_{\text{abs}} \text{ (g/j)} = 2,22 \text{ UFL}$ et $Ca_{\text{abs}} \text{ (g/j)} = 2,52 \text{ UFL}$; pour deux chevreaux ou plus, il convient de rajouter 0,4 g de P_{abs} et 1,0 g de Ca_{abs} par jour.

Les tableaux 7.1 et 7.2 indiquent quelques valeurs repères des besoins en Ca et P absorbables chez les chèvres en fonction de leur stade physiologique.

Cinétiques du poids et des principaux paramètres de la lactation

De manière à pouvoir décrire l'évolution d'un animal moyen dans le logiciel INRAtion, il a été nécessaire d'ajuster les cinétiques des principales caractéristiques de la production et de la composition du lait ainsi que celle du poids vif (figure 7.1).

Ainsi, pour la production de lait brut (PLB_t en kg/j), l'équation ajustée s'écrit :

$$PLB_t = PLT \times [(0,007 \times \exp(-0,0042 \times t)) - (0,003 \times \exp(-0,0303 \times t))] \quad (7.10)$$

dans laquelle PLT (en kg) représente la production totale de lait brut pendant la lactation, et t le temps en jours. Les deux formes exponentielles rendent compte de la phase croissante de la première partie de lactation puis de la phase décroissante. Cette équation a été confrontée et validée aux résultats observés du contrôle laitier caprin (respectivement 50 000 et 100 000 courbes) (figure 7.1a).

Une approche comparable a été effectuée, pour les taux butyreux (TB_t , g/kg) et protéique (TP_t , g/kg) (figure 7.1b et c). Les équations ont été définies de façon simultanée avec les cinétiques de production de lait et de matières, de manière à aboutir à un ensemble cohérent de valeurs des paramètres. Le TB moyen obtenu sur l'ensemble de la lactation est plus élevé que le TB minimal, la différence est en moyenne de 4,5 et 3,5 g/kg pour les multipares et les primipares respectivement. Pour le TP, la même approche a été appliquée et, dans ce cas, le TP moyen est égal au TP minimal théorique. Comme pour la production, les quatre cinétiques suivantes (7.11 à 7.14) résultent d'ajustement statistique sur les données moyennes du contrôle laitier français.

Taux butyreux (TB)

– pour les multipares

$$TB = 25,9 \times \exp(-0,0381 \times t) + 28,5 + \exp(0,0095 \times (t - 100)) \quad (7.11)$$

– pour les primipares

$$TB = 21,5 \times \exp(-0,0339 \times t) + 28,5 + \exp(0,0131 \times (t - 100)). \quad (7.12)$$

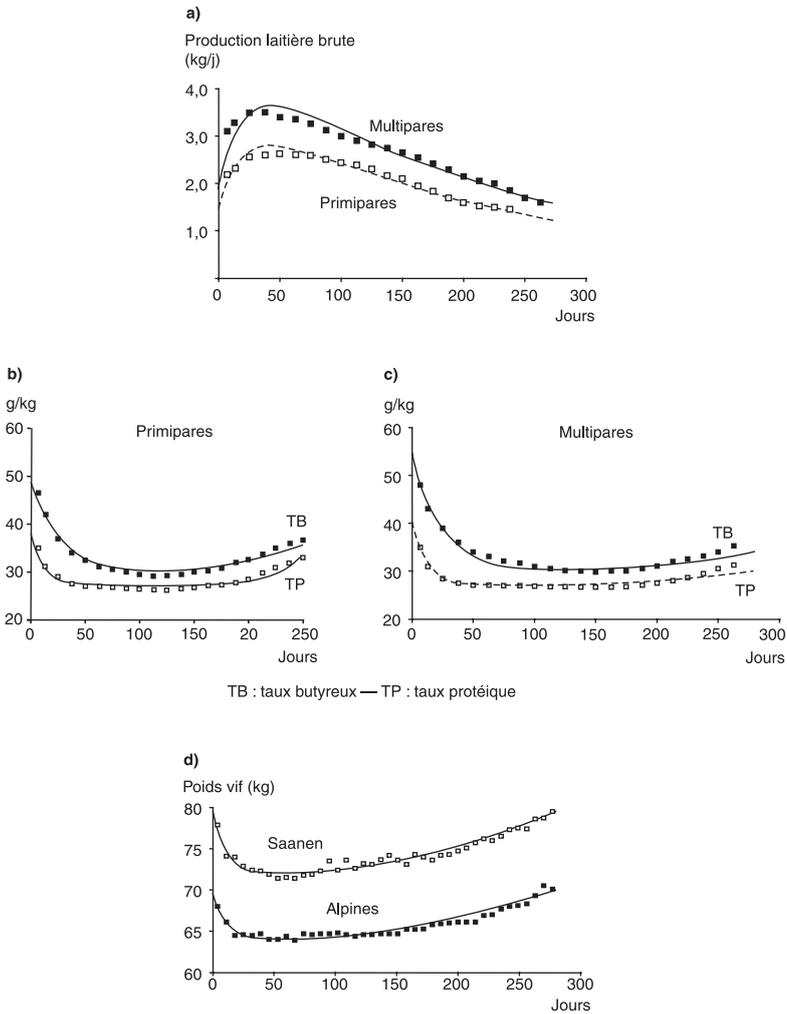


Figure 7.1. Cinétiques de la production laitière, des taux selon la parité, et du poids vif au cours de la lactation selon la race des chèvres (Saanen et Alpines).

Taux protéique (TP)

– pour les multipares

$$TP = 13,3 \times \exp(-0,0876 \times t) + 26,8 + \exp(0,0157 \times (t - 200)) \quad (7.13)$$

– pour les primipares

$$TP = 11,2 \times \exp(-0,0848 \times t) + 27,1 + \exp(0,0371 \times (t - 200)). \quad (7.14)$$

Ce sont les données du troupeau caprin de Grignon qui ont permis l'ajustement du poids vif (PV_t , kg) (figure 7.1d). L'équation d'ajustement combine poids vif initial et minimal théorique (PV_i , PV_{min}) et deux composantes exponentielles selon l'expression suivante :

$$PV_t = (PV_i - PV_{min}) \times \exp(-kA \times t) + PV_{min} + \exp(kB \times (t - t_0)).$$

Une distinction a été faite entre les animaux de race Alpine et Saanen, compte tenu des gabarits différents. Le tableau 7.6 présente les valeurs des paramètres correspondants.

L'ingestion

Application du système des unités d'encombrement lait (UEL)

La capacité d'ingestion en UEL d'une chèvre laitière en bilan équilibré se calcule par l'équation suivante :

$$CI = 1,30 + 0,016 (PV - 60) + 0,24 PL_{35}. \quad (7.15)$$

Les valeurs de CI ainsi calculées sont présentées aux tableaux 7.1 et 7.2. Elles doivent être modulées à certains stades physiologiques selon les principes suivants :

En début de lactation, il convient d'appliquer les coefficients multiplicatifs de 0,72, 0,85, 0,92, 0,95 et 0,98 aux semaines 1, 2, 3, 4 et 5 pour tenir compte de la mobilisation des réserves et de l'appétit limité des animaux. Pour le calcul automatique, on peut utiliser, pour ces semaines, l'index lactation IL multiplicatif de la CI suivant :

$$IL = 0,5 + [0,5 \times (1 - \exp^{-0,6 \times SL})] \quad (7.16)$$

avec SL le numéro de semaine de lactation.

En fin de gestation, au 5^e mois, il convient de réduire la CI de l'ordre de 0,10 UEL/j chez les chèvres porteuses de plus d'un chevreau.

Enfin, les effets de l'état corporel et de la température sur la CI sont connus mais il n'y a actuellement pas assez de données disponibles pour fournir des relations précises.

L'utilisation du système des UEL exige que les chèvres disposent de fourrages à volonté en limitant leur refus à environ 15 % des quantités distribuées, et que la ration qu'elles ingèrent ait une valeur énergétique égale ou supérieure à 0,70 UFL par kg de MS. La chèvre est sensible au niveau de refus et, dans le cas d'un mauvais fourrage, le refus devra être plus important (jusqu'à 30-40 %) pour aboutir aux niveaux d'ingestion indiqués dans les tables.

Le calcul des apports des UEL se fait sur la base du principe de la saturation de la CI des animaux par les encombrements cumulés des fourrages et des aliments concentrés. La valeur d'encombrement des fourrages (VE_F) se trouve dans les tables des valeurs des aliments (chapitre 9), celle de l'aliment concentré (VE_C) se calcule par la relation : $VE_C = Sg \times VE_F$ avec Sg le coefficient de substitution globale. Sur la base de l'interprétation de 65 essais étudiant les effets de l'apport de concentré, Sg dépend essentiellement du niveau d'apport de MS de concentré (QI_C) :

$$Sg = 0,38 QI_C. \quad (7.17)$$

Le tableau 7.3 présente les valeurs de VE_C en fonction des valeurs VE_F et du niveau d'apport des aliments concentrés.

Expression en quantité de matière sèche ingérée (MSI, kg/j)

Différentes équations ont déjà été proposées pour prévoir le niveau de MSI des chèvres en fonction de leur poids vif (PV) et de leur niveau de production. Sachant qu'une chèvre de 60 kg de poids vif et produisant 3 kg de lait ingère en moyenne

environ 2,4 kg de MSI, une différence de 10 kg de PV se traduit par une variation de même sens de 0,10 à 0,17 kg de MSI/j, tandis qu'une différence de production de 1 kg de lait brut (PL) est associée à une variation de même sens de 0,30 à 0,40 kg de MSI/j.

Par rapport à ces repères, l'ingestion est moindre en début de lactation : dans les cinq premières semaines, elle suit globalement la tendance indiquée ci-dessus en ce qui concerne la capacité d'ingestion (équation 7.11). En phase descendante de lactation, lorsque les chèvres regagnent du poids, on estime que 10 g de gain de poids quotidien en plus sont associés, en moyenne, à 0,012 kg de MSI supplémentaire.

En pratique, il peut être utile d'avoir une idée sur le niveau d'ingestion de MS du fourrage (QI_F , kg) sachant les niveaux de production et le poids des animaux, ainsi que la quantité de MS d'aliments concentrés ingérés (QI_C , kg). L'équation suivante permet de faire cette estimation :

$$QI_F = 0,31 + 0,015 PV + 0,26 PL - 0,65 QI_C. \quad (7.18)$$

Les réponses marginales multiples aux apports d'aliments concentrés

Des variations des niveaux d'apport de concentré induisent des réponses non seulement de l'ingestion et du comportement alimentaire, mais également de la production et de la composition du lait ainsi que du bilan énergétique des animaux. Le tableau 7.4 décrit les principales réponses moyennes à partir de l'interprétation de 65 essais focalisés sur ces aspects. Pour chaque caractère, la valeur 0 correspond à la ration non complétée. Dans la première partie du tableau 7.4, ce sont les réponses au niveau d'apport de concentré ; dans la seconde, ce sont les réponses à la proportion de concentré dans une ration complète. Ces relations sont utiles pour estimer l'ampleur des variations des réponses à partir d'une situation donnée calculée à l'aide du système des UEL.

L'apport de concentré réduit l'ingestion de fourrages (substitution) selon les valeurs présentées au tableau 7.4. La durée quotidienne de mastication diminue de près d'une demi-heure/100 g QI_C en plus, ce qui altère proportionnellement la salivation et le recyclage des substances tampons et accroît le risque d'acidose du rumen. La teneur en énergie du régime est significativement améliorée, de l'ordre de 0,014 UFL/MS par 100 g QI_C en plus. Dans les mêmes conditions, la production de lait brut s'accroît. Pour le TB du lait, il apparaît une réponse négative qui s'accroît de façon plus que proportionnelle au niveau de l'apport de QI_C . Le TP du lait varie peu avec l'apport de concentré. En conséquence, il arrive que la valeur du TB devienne inférieure à celle du TP. C'est le phénomène « d'inversion des taux » qui se rencontre assez fréquemment dans les troupeaux de fort potentiel et nourris avec des régimes riches en aliments concentrés. En terme de bilan d'énergie (BilUFL), l'amélioration moyenne est de l'ordre de 0,028 UFL/j par 100 g QI_C en plus. Cette valeur correspond à un gain de poids potentiel de l'ordre de 7,2 g/j pour 100 g QI_C . Le rapport TB/TP du lait est très sensible au bilan d'énergie (TB/TP = 1,19 - 0,24 BilUFL). Ces taux s'inversent en général lorsque BilUFL atteint une valeur de l'ordre de 0,80 UFL/j.

Dans le cas des rations complètes, les éleveurs se repèrent souvent au pourcentage de concentrés inclus dans la ration. Le niveau de MSI répond positivement au pourcentage de concentré, il en est de même pour la production laitière brute

(tableau 7.4). Le TB du lait diminue assez fortement, tandis que le TP du lait ne répond pas de façon systématique. La durée de mastication diminue d'environ 1 heure/j pour 10 % de concentré en plus. La teneur en énergie du régime s'accroît linéairement avec la proportion de concentré, en moyenne de 0,035 UFL/kg MS pour 10 % de concentré en plus. Enfin, l'amélioration du bilan d'énergie des animaux est en moyenne de 0,070 UFL/j pour 10 % de concentré en plus, ce qui correspond à un gain de poids potentiel d'un peu moins de 18 g/j.

L'alimentation en lots

Le niveau de production des chèvres varie d'un animal à l'autre. L'étendue de la variabilité des productions, au sein d'un même lot, est en moyenne de 3 kg de lait brut (écart-type égal à 0,75 kg), ce qui correspond à une étendue d'environ 1 kg de MSI. Cette variabilité peut être sensiblement réduite par une mise en lots spécifique selon les niveaux de production ou selon les stades de production. En conséquence de cette variabilité, si on apporte une « ration moyenne » en qualité, c'est-à-dire adaptée au niveau moyen de production du lot, les animaux les plus productifs auront tendance à être sous-alimentés, à l'inverse des moins productifs qui auront tendance à s'engraisser et à inverser les TB et TP de leur lait. En général, il est recommandé de fournir une ration un peu plus riche en énergie (10 à 15 %) que la ration moyenne évoquée ci-dessus pour mieux satisfaire les besoins énergétiques des animaux les plus performants.

Le pâturage et le parcours

Ce mode d'alimentation traditionnel regagne de l'intérêt, en relation notamment avec certaines productions fromagères AOC. Comparées à celles entreprises pour les espèces bovine et ovine, les recherches analytiques sur les réponses des chèvres au pâturage restent assez limitées. Cependant, des recommandations sont diffusées aux éleveurs sur la base des études effectuées par différents organismes du développement, au Domaine du Pradel (en Ardèche) en particulier. Elles suggèrent en particulier de respecter un certain nombre de repères techniques. Ainsi, la mise à disposition d'une quantité de MS inférieure à 2,5-3,0 kg/chèvre/j entraîne une réduction de l'ingestion individuelle. Il en est de même si le couvert n'est pas assez dense, la limite minimale étant de l'ordre de 300-400 kg de MS disponible par hectare (soit une hauteur minimale du couvert d'environ 4 à 5 cm). La durée de sortie des animaux détermine le temps effectif de pâture et, en conséquence, le niveau de complémentation en fourrages et en concentrés à distribuer en chèvrerie. Si l'herbe est assez disponible, une durée de l'ordre de 10 h est recommandée pour atteindre un temps de pâturage effectif de 5-6 h et exploiter au mieux une parcelle de bon niveau de productivité (plus de 700 kg MS disponible/ha). Si cette durée est réduite, l'ingestion de fourrages sera diminuée dans les mêmes proportions dans le cas d'une prairie de bonne qualité (PBQ), dans des proportions un peu plus importantes pour une prairie de qualité médiocre (PQM) (exemple : - 30 % de durée correspond à - 30 % de MSI en PBQ et - 45 % en PQM). Il convient alors de compenser avec des compléments de fourrage et de concentré à l'auge.

En *pâturage tournant*, la surface instantanée à prévoir par chèvre est de l'ordre de 40-80 m², avec une durée de présence limitée à 3-4 jours pour ne pas compromettre la repousse. Dans ce cas, la différence de hauteur de l'herbe entre l'entrée et la sortie des animaux est de l'ordre de 4 à 6 cm. En *pâturage continu*, la surface

instantanée à prévoir par chèvre est de l'ordre de 500-1 000 m². Ces différentes recommandations varient sensiblement selon la saison, le climat de l'année en cours, la nature et le stade du fourrage pâturé, la hauteur du fourrage disponible, etc.

L'apport des aliments concentrés en complément du pâturage, et leur nature, doit se raisonner en fonction de la qualité du fourrage offert et du mode d'exploitation choisi. L'application du système des UEL permet d'avoir un bon ordre d'idée de la quantité de concentré à apporter.

Sur un parcours constitué d'une flore variée, il a été montré que la chèvre peut atteindre des niveaux d'ingestion particulièrement élevés.

Les autres caprins

Les apports alimentaires recommandés pour les chevrettes d'élevage (tableau 7.5) ont été établis pour qu'elles atteignent 31-32 kg à 7-8 mois afin qu'elles puissent être saillies à cet âge et produire du lait dès l'âge d'un an. Les besoins journaliers de croissance sont de 0,10 à 0,15 UFL, de 12 à 17 g de PDI, de 0,30 à 0,35 g P_{abs} et de 0,45 à 0,57 g de Ca_{abs} pour des gains de poids variant de 1,5 à 2 kg par mois.

Le tableau 7.7 indique les apports alimentaires recommandés ainsi que des valeurs moyennes de la capacité d'ingestion pour les boucs à l'entretien et en période de lutte, les différences pouvant être importantes.

Le calcul des rations

Le rationnement des chèvres laitières repose sur le même principe que celui des autres ruminants laitiers (chapitre 1). Les rations contiennent des fourrages dont un au moins doit être distribué à volonté, parfois des racines et des tubercules, et des aliments concentrés. Les chèvres reçoivent assez fréquemment de la luzerne déshydratée : pour calculer les quantités ingérées, celle-ci doit être considérée comme un bon fourrage (environ 0,85 UEL_F / MS) plutôt que comme un concentré.

L'encadré 7.1 présente un exemple de calcul de ration.

En première étape, on calcule les besoins des chèvres en UFL et en g de PDI, de calcium et de phosphore absorbable, et leur capacité d'ingestion, en UEL, à partir des équations proposées (équations 7.1 à 7.9) ou des tableaux 7.1 et 7.2. On relève les valeurs nutritives des aliments dans les tables du chapitre 9.

En seconde étape, on examine si la densité énergétique du fourrage (DEF) (chapitre 1) est supérieure ou non à la densité énergétique minimale de la ration (DER_m). Si DEF > DER_m, le fourrage seul peut permettre de couvrir les besoins en énergie, il reste alors à calculer l'apport de PDI pour équilibrer la ration. Si DEF < DER_m, il faut calculer les quantités d'aliments concentrés à distribuer. Pour cela, on a recours à deux équations (chapitre 1), l'une exprimant que les apports en MS de fourrage (QI_F) et de concentrés (QI_C) doivent couvrir le besoin énergétique :

$$\text{BesUFL} = (\text{QI}_F \times \text{UFL}_F) + (\text{QI}_C \times \text{UFL}_C)$$

l'autre que ces apports saturent la capacité d'ingestion des chèvres :

$$\text{CI} = (\text{QI}_F \times \text{VE}_F) + (\text{QI}_C \times \text{VE}_C).$$

Cette dernière équation exige que l'on connaisse la valeur d'encombrement de l'aliment concentré ($VE_C = Sg VE_F$). Le tableau 7.3 fournit ces valeurs en fonction des valeurs VE_F du fourrage et du niveau d'apport de concentré. Si un fourrage, ou de la luzerne déshydratée, est apporté en quantité fixe et connue, le calcul précédent doit être effectué sur la partie restante de la ration (voir l'exemple de l'encadré 7.1).

En troisième étape, on cherche à couvrir, si nécessaire, le déficit en PDI que la partie fourragère fait apparaître en calculant la proportion adéquate de la source azotée (tourteaux...) dans le concentré.

En quatrième étape, si les besoins en calcium et en phosphore ne sont pas couverts par le fourrage et le concentré, des minéraux peuvent être incorporés au concentré ou bien un aliment minéral vitaminique peut être distribué séparément.

Encadré 7.1

Exemple de calcul d'une ration

Caractéristiques animales

Chèvres adultes en fin de 2^e mois de lactation en équilibre pondéral.
Production moyenne de 4 kg de lait à 35 g/kg de TB.
Poids vif moyen de 65 kg.

Besoins alimentaires

UFL	PDI	Caabs	Pabs	UEL
2,59	233	7,5	6,8	2,34

Aliments disponibles

	UFL	PDIN	PDIE	Caabs	Pabs	UEL
Foin de pré (FF0070)	0,72	69	82	1,5	2,0	1,11
Luzerne déshydratée	0,68	114	100	6,5	1,9	0,85
Orge (CC0010)	1,09	79	101	0,5	3	
Tourteau de soja (CX0130)	1,2	360	253	2,1	5	

L'éleveur apporte 300 g de luzerne déshydratée (CD0030) par chèvre ($QI = 0,27$ kg MS).

Le reste de la ration doit donc apporter :

UFL	PDIN	PDIE	Caabs	Pabs	UEL
2,41	202	206	5,7	6,3	2,11

Équations de calcul des quantités de MSI à partir des UEL et UFL :

$$0,72 QI_F + 1,09 QI_O = 2,41$$

$$1,11 QI_F + VE_C QI_O = 2,11.$$

Après quelques itérations, on obtient : $QI_F = 0,94$ et $QI_O = 1,59$.

Apports PDI à couvrir par les concentrés :

PDIN	PDIE
137	129

Équations sur MS et PDIN :

$$O + S = 1,59$$

$$79 O + 360 S = 137.$$

Apports O = 1,55 et S = 0,04 kg.

Apports de la ration non complétée en P et Ca :

UFL	PDIN	PDIE	Caabs	Pabs	UEL
3,79	232	271	4,0	7,2	2,34

Déficits en minéraux : $Ca_{abs} = -3,5$; $P_{abs} = +0,4$.

Complémentation minérale : le besoin en P est couvert par la ration, le déficit calcique peut être corrigé par 25 g environ de carbonate de calcium enrichi en sodium et oligo-éléments.

Tableau 7.1. Besoins alimentaires des chèvres laitières adultes^a.

Poids vif (kg)	Production laitière 35 g TB (kg/j)	Énergie ^b UFL/j	Protéines PDI (g/j)	Calcium abs. (g/j)	Phosphore abs. (g/j)	Capacité d'ingestion CI (UEL/j)	MS ingérée ^c (kg/j)
50	0	0,69	44	1,2	1,4	1,14	1,25
50	1	1,14	89	2,7	2,7	1,38	1,57
50	2	1,59	134	4,2	4,0	1,62	1,90
50	3	2,04	179	5,7	5,2	1,86	2,22
50	4	2,49	224	7,2	6,5	2,10	2,54
50	5	2,94	269	8,7	7,7	2,34	2,86
50	6	3,39	314	10,2	9,0	2,58	3,18
50	7	3,84	359	11,6	10,3	2,82	3,50
60	0	0,79	50	1,5	1,7	1,30	1,41
60	1	1,23	95	3,0	2,9	1,54	1,74
60	2	1,67	140	4,5	4,2	1,78	2,06
60	3	2,12	185	5,9	5,4	2,02	2,38
60	4	2,56	230	7,4	6,7	2,26	2,70
60	5	3,00	275	8,9	7,9	2,50	3,02
60	6	3,44	320	10,3	9,1	2,74	3,34
60	7	3,88	365	11,8	10,4	2,98	3,66
70	0	0,89	56	1,9	2,0	1,46	1,58
70	1	1,33	101	3,3	3,2	1,70	1,90
70	2	1,76	146	4,8	4,4	1,94	2,22
70	3	2,20	191	6,2	5,7	2,18	2,54
70	4	2,63	236	7,6	6,9	2,42	2,86
70	5	3,07	281	9,1	8,1	2,66	3,18
70	6	3,50	326	10,5	9,3	2,90	3,50
70	7	3,94	371	12,0	10,5	3,14	3,82

^a Pour les premières semaines de lactation, les ingestions doivent être corrigées et une partie de la dépense d'énergie est couverte par la mobilisation des réserves.

^b En tenant compte des interactions digestives.

^c Valeurs indicatives.

Tableau 7.2. Besoins alimentaires des chèvres en gestation.

Poids vif (kg)	Stade (mois)	Énergie (UFL/j)	Protéines PDI (g/j)	Calcium abs. (g/j)	Phosphore abs. (g/j)	Capacité d'ingestion (UEL/j)	MS ingérée (kg/j)
40	1 à 3	0,59	38	1,1	1,4	0,98	1,09
40	4	0,68	60	2,0	1,9	0,98	1,09
40	5	0,77	83	2,2	2,0	0,98	1,00
50	1 à 3	0,69	44	1,3	1,5	1,14	1,25
50	4	0,79	70	2,3	2,0	1,14	1,25
50	5	0,90	96	2,4	2,2	1,14	1,16
60	1 à 3	0,79	50	1,5	1,7	1,30	1,41
60	4	0,91	80	2,4	2,2	1,30	1,41
60	5	1,03	110	2,6	2,3	1,30	1,32
70	1 à 3	0,89	56	1,8	1,9	1,46	1,58
70	4	1,02	90	2,6	2,3	1,46	1,58
70	5	1,16	124	2,8	2,5	1,46	1,49
80	1 à 3	0,99	62	2,0	2,0	1,62	1,74
80	4	1,14	100	2,8	2,4	1,62	1,74
80	5	1,29	137	3,0	2,6	1,62	1,65

Tableau 7.3. Valeurs d'encombrement des aliments concentrés (en UEL_C/kg MS).

Concentré (kg MS/j)	Valeur UEL/kg MS du fourrage				
	0,9	1	1,1	1,2	1,3
0,25	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12
0,5	0,17	0,19	0,21	0,23	0,24
0,75	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37
1	0,34	0,38	0,41	0,45	0,49
1,25	0,42	0,47	0,52	0,56	0,61
1,5	0,51	0,56	0,62	0,68	0,73

Tableau 7.4. Réponses moyennes des chèvres aux variations d'apport des aliments concentrés*.

	kg MSI concentré					
	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
MS fourrages (kg/j)	- 0,02	- 0,09	- 0,21	- 0,38	- 0,59	- 0,85
Lait brut (kg/j)	0,25	0,48	0,69	0,87	1,02	1,16
TB (g/kg)	- 0,06	- 0,24	- 0,55	- 0,98	- 1,53	- 2,20
Bilan UFL/j	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42
	% MS de concentré					
	10	20	30	40	50	60
MS ingérée (kg/j)	0,10	0,21	0,31	0,42	0,52	0,62
Lait brut (kg/j)	0,28	0,52	0,73	0,90	1,04	1,14
TB (g/kg)	- 0,07	- 0,27	- 0,60	- 1,08	- 1,68	- 2,42
Bilan UFL/j	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42

* La valeur 0 de la réponse correspond à la ration sans concentré.

Tableau 7.5. Besoins alimentaires des caprins en croissance.

Animal	Âge (mois)	Poids vif (kg)	Gain de poids (g/j)	Énergie (UFL/j)	Protéines PDI (g/j)	Calcium abs. (g/j)	Phosphore abs. (g/j)	MSI* (kg/j)
Chevreaux	1	6,0	200	0,47	75	3,0	1,7	
	1	7,0	250	0,53	85	3,6	2,1	
Chevrettes	1	6,5	165	0,42	62	2,3	1,4	
	2	11,5	165	0,48	65	2,3	1,4	
	3	16,3	155	0,55	64	2,3	2,4	0,90
	4	20,7	140	0,62	62	2,2	2,5	1,05
	5	24,5	115	0,66	59	2,0	2,4	1,10
	6	27,6	90	0,68	55	1,8	2,4	1,15
	7	30,0	70	0,69	50	1,7	2,3	1,19

* Ordre de grandeur.

Tableau 7.6. Paramètres des cinétiques de poids des chèvres en cours de lactation selon leur race.

		PV _i	PV _{min}	A	B	t ₀
Alpines	Primipares	52,1	48,8	0,158	0,0095	8
	Multipares	56,4	51,8	0,158	0,0095	8
Saanen	Primipares	68,8	62,6	0,077	0,0079	27
	Multipares	78,7	70,3	0,077	0,0079	27

Tableau 7.7. Besoins alimentaires des boucs.

Poids vif (kg)	État	Énergie (UFL/j)	Protéines (g/j)	Calcium abs. (g/j)	Phosphore abs. (g/j)	Capacité d'ingestion (UEL/j)
60	Entretien	0,87	50	1,2	1,8	1,29
60	Lutte	0,99	53	1,4	2,1	1,46
70	Entretien	0,98	56	1,4	2,1	1,46
70	Lutte	1,11	59	1,6	2,4	1,66
80	Entretien	1,09	62	1,6	2,4	1,64
80	Lutte	1,24	66	1,8	2,8	1,86
90	Entretien	1,20	69	1,8	2,7	1,82
90	Lutte	1,36	72	2,1	3,1	2,06
100	Entretien	1,31	75	2,0	3,0	1,99
100	Lutte	1,34	79	2,3	3,5	2,26
110	Entretien	1,42	81	2,2	3,3	2,17
110	Lutte	1,61	85	2,5	3,8	2,46
120	Entretien	1,53	87	2,4	3,6	2,34
120	Lutte	1,74	92	2,8	4,1	2,66

Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières : tables et prévision

R. BAUMONT, J.-P. DULPHY, D. SAUVANT, F. MESCHY, J. AUFRÈRE, J.-L. PEYRAUD

Raisonnement l'alimentation des ruminants nécessite une bonne connaissance de la composition chimique et de la valeur alimentaire des fourrages conservés ou pâturés ainsi que des matières premières utilisées dans les rations. Les tables de la composition chimique et de la valeur alimentaire constituent le principal support de synthèse et de diffusion de cette connaissance. Elles fournissent des données de référence qui permettent d'estimer en première approche la valeur d'un aliment, estimation qui peut être affinée par l'utilisation d'outils de prévision lorsqu'une analyse chimique est réalisée.

Pour les fourrages, les tables publiées en 1988¹ ont été rénovées pour intégrer de nouvelles connaissances, prendre en compte l'évolution de la composition chimique des fourrages et des techniques de récolte et de conservation de l'herbe². Au niveau des types de fourrages nous avons revu les valeurs du maïs fourrage et accru le nombre d'ensilages pour être plus représentatif de la diversité rencontrée en pratique. Nous avons ainsi introduit les ensilages mi-fanés (généralement réalisés par la technique des balles rondes enrubannées). Depuis une quinzaine d'années, cette technique s'est considérablement développée, car elle est plus souple à mettre en œuvre qu'un chantier d'ensilage direct et elle permet de sécuriser la récolte lorsque le climat ne permet pas de bonnes conditions de séchage pour le foin. Nous avons aussi diversifié les types de fourrages déshydratés du fait des nouvelles valeurs disponibles.

La caractérisation de la composition chimique des fourrages a été complétée avec l'introduction, en plus des teneurs en cellulose brute, de la composition en constituants pariétaux basée sur le fractionnement « Van Soest » qui distingue les teneurs en parois végétales totales (NDF) et en fraction lignocellulosique (ADF). Nous avons également introduit une estimation de la digestibilité de ces deux fractions pariétales. Ces ajouts étaient nécessaires car la nature et la quantité des parois végétales jouent un rôle à la fois sur la digestibilité et l'ingestibilité des fourrages, donc sur leur valeur alimentaire, mais aussi sur la santé de l'animal et la qualité des produits, à travers leur rôle dans la fibrosité de la ration,

1. Andrieu J., Demarquilly C., Sauvant D., 1988. Tables de la valeur nutritive des aliments. In Jarrige R. (dir.), *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Paris, Inra Éditions, 351-464.

2. Baumont R., Dulphy J.-P., Doreau M., Peyraud J.-L., Nozières M.-O., Andueza D., Meschy F., 2005. La valeur des fourrages pour les ruminants : comment synthétiser et diffuser les nouvelles connaissances, comment répondre aux nouvelles questions ?, *Rencontres Recherches Ruminants*, (12) : 85-92.

et sur l'orientation des fermentations dans le rumen. Nous avons aussi revu la composition en éléments minéraux majeurs, notamment les teneurs totales en phosphore (P) et en calcium (Ca), et nous avons introduit les teneurs en minéraux absorbables. Les valeurs PDI ont été recalculées pour les fourrages à base d'herbe, à partir de nouvelles données pour l'estimation de la dégradabilité de l'azote dans le rumen (DT) et de la digestibilité réelle des protéines alimentaires dans l'intestin (dr).

Pour les matières premières et co-produits, de nouvelles tables de composition chimique et de valeur nutritive pour les animaux d'élevage ont été publiées récemment³, et nous en avons directement repris la partie concernant les ruminants.

La présentation des tables associe désormais la table imprimée dans cet ouvrage et le module de consultation informatique (sur le cédérom et identique à celui de INRAtion) avec une numérotation commune des aliments. Pour les fourrages verts, les céréales fourragères, les matières premières et les co-produits, tous les aliments du module informatique sont présents dans la table imprimée. Du fait de l'introduction des ensilages mi-fanés, nous avons enlevé de la table imprimée les foin fanés avec un temps de séjour au sol supérieur à 10 jours et les ensilages réalisés en coupe directe avec brins longs. En revanche, concernant les stades de récolte, nous avons cherché à être plus complets pour les fourrages récoltés après déprimage et pour les repousses.

L'objet de ce chapitre est de décrire l'origine des données qui ont permis d'élaborer les tables et d'expliquer les modes de calcul des différentes composantes de la valeur alimentaire dont les principes sont rappelés au tableau 8.1. Les démarches pour prévoir la valeur d'un aliment à partir d'une analyse sont également précisées. Les principales références aux méthodes de mesures et aux concepts utilisés sont citées en bas de page.

Les constituants organiques et leur digestibilité

La connaissance de la composition en constituants organiques d'un aliment et de leur devenir dans le tube digestif de l'animal est à la base de l'expression de sa valeur nutritive.

Les fourrages

Les mesures de composition et de digestibilité

Les données sur les fourrages résultent de mesures de la digestibilité et de l'ingestibilité des fourrages effectuées sur des moutons alimentés à volonté⁴. Les valeurs proposées en 1988 couvraient 294 fourrages verts de référence définis par espèce végétale, cycle et stade de végétation et provenaient de la compilation de 1 524 mesures de digestibilité *in vivo*. Pour les fourrages conservés, les mesures *in vivo* ont été moins systématiques, les valeurs proposées dans les tables ayant été calculées

3. Sauvant D., Perez J.-M., Tran G. (éds.), 2002. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. Paris, Inra-AFZ, 301 p.

4. Pour les méthodes de mesure voir : Demarquilly C., Chenost M., Giger-Reverdin S., 1995. Pertes fécales et digestibilité des aliments et des rations. In Jarrige R., Ruckebusch Y., Demarquilly C., Farce M.-H., Journet M. (éds.), *Nutrition des ruminants domestiques*. Paris, Inra Éditions, 501-648.

Baumont R., Chenost M., Demarquilly C., 2004. Measurement of herbage intake and ingestive behaviour by housed animals. In Penning P. (ed.), *Herbage Intake Handbook*. British Grassland Society, 121-150.

à partir de la valeur du fourrage vert correspondant et de relations de passage prenant en compte les effets des techniques de conservation et des conditions de récolte. Pour les nouvelles tables, nous avons conservé le même principe.

Cependant, deux nouvelles séries de mesures de digestibilité réalisées d'une part sur les graminées et légumineuses fourragères et d'autre part sur le maïs sont venues enrichir les tables. Quatre-vingt onze mesures ont été réalisées à l'Inra de Theix entre 1996 et 2000 sur des fourrages verts (26), des ensilages (23), des balles rondes enrubbannées (11), des foins (28) et des pailles (3). Les mesures ont porté sur une prairie permanente, des graminées (ray-grass anglais et hybride, dactyle) et des légumineuses (luzerne et trèfle violet). Les résultats de digestibilité de la matière organique (dMO) et ses liaisons avec la composition chimique sont très cohérents avec les valeurs présentes dans les tables de 1988. Nous avons donc décidé de ne pas les modifier. En revanche, ces nouvelles données nous ont servi de base pour estimer les digestibilités des constituants pariétaux, et, avec d'autres données acquises dans les unités expérimentales Inra des Monts Dore et du Pin-au-Haras, à estimer les valeurs des ensilages mi-fanés par rapport à ceux préparés avec d'autres techniques de conservation.

Pour le maïs fourrage, l'ensemble des valeurs a été revu en se basant sur les 254 mesures de digestibilité *in vivo* réalisées sur le maïs en vert et récapitulées auparavant⁵. Elles nous permettent de donner des valeurs moyennes de composition chimique et de digestibilité correspondant à un matériel génétique plus récent et de prendre en compte l'évolution des pratiques de récolte en proposant des valeurs pour le maïs récolté à une teneur en matière sèche proche de 40 %. La digestibilité de la matière organique augmente légèrement avec le stade de maturité et donc avec la teneur en matière sèche à la récolte. Les teneurs en matières azotées du maïs fourrage ont diminué par rapport aux valeurs des tables de 1988⁶.

Les constituants glucidiques

En complément des teneurs en cellulose brute, les nouvelles tables proposent une caractérisation plus complète de la composition en constituants pariétaux des fourrages. Les teneurs en NDF et ADF des fourrages verts ont été estimées à partir d'équations de calibration obtenues en spectrométrie dans le proche infra-rouge. Ces équations de calibration (tableau 8.2) ont été établies sur 220 échantillons de fourrages verts représentatifs de l'ensemble de la table, sur lesquels les teneurs en NDF et ADF ont été dosées de manière séquentielle, en utilisant l'appareil « Fibersac » (Ankom® Tech. Co., Fairport, NY, États-Unis). Ces calibrations ont ensuite été appliquées aux 1 137 échantillons pour lesquels nous disposons d'un spectre infra-rouge. Les valeurs indiquées dans la table proviennent de ces prévisions, complétées pour les échantillons pour lesquels nous ne disposons pas de spectre infra-rouge par des estimations obtenues à partir des relations entre les teneurs en NDF et ADF et les teneurs en cellulose brute (CB) calculées par espèce végétale. Ces relations, recalculées par famille botanique

5. Andrieu J., Demarquilly C., Dardenne P., Barrière Y., Lila M., Maupetit P., Rivière F., Femenias N., 1993. Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. I. Factors of variation. *Annales de Zootechnie*, (42) : 221-249.

Andrieu J., Aufrère J., 1996. Prédiction à partir de différentes méthodes (physique, chimique et biologique) de la digestibilité et de la valeur énergétique de la plante de maïs à l'état frais. *In* Colloque Maïs Ensilage, Nantes, 17-18 septembre 1996, AGPM éd., 61-69.

6. Michalet-Doreau B., Corneloup F., Aizac B., Andrieu J., Baumont R., 2004. Variabilité et facteurs de variation de la teneur en matières azotées des maïs récoltés en plantes entières. *Productions animales*, (17) : 3-10.

(tableau 8.3), peuvent servir à estimer les teneurs en parois végétales totales à partir d'un dosage de la CB, ou bien à effectuer des conversions entre les teneurs en ADF et en CB.

La digestibilité des constituants pariétaux a été estimée à partir des relations que l'on peut établir entre la teneur en parois non digestibles du fourrage et la digestibilité de la matière organique. En effet, la dMO d'un fourrage est étroitement liée à la quantité de parois végétales non digestibles (tableau 8.4) puisque les constituants non pariétaux du fourrage sont presque en totalité digestibles. Nous obtenons également des relations étroites entre la dMO et les quantités d'ADF et de CB non digestibles. Ces relations ont été utilisées pour calculer les digestibilités des constituants pariétaux dans les tables, à l'exception de la digestibilité de la CB pour les fourrages verts pour lesquels les valeurs résultent des mesures directes.

Pour le maïs fourrage, les teneurs en NDF et en ADF ainsi que l'estimation de leurs digestibilités proviennent directement de l'étude sur les maïs en vert citée précédemment.

Pour les autres constituants glucidiques, glucides solubles dans l'eau (encore appelés les sucres) et amidon, nous avons repris les données proposées en 1988, en actualisant les valeurs du maïs (annexe 1).

Les matières grasses

Pour les matières grasses estimées par l'extrait étheré, les données proposées ici reprennent celles de 1988 (annexe 2). Contrairement aux matières premières pour lesquelles des valeurs de teneurs en acides gras totaux et des profils ont pu être proposées, les connaissances actuelles pour les fourrages ne sont pas suffisamment complètes pour faire de même. La constitution d'une base de données et les mesures en cours à l'Inra de Theix devraient permettre, à l'avenir, de préciser la composition des fourrages en acides gras.

Les modifications entraînées par la conservation

L'ensilage modifie la composition chimique et la digestibilité des fourrages verts, en raison des pertes sous forme de gaz résultant d'abord de la respiration de la plante, puis des fermentations anaérobies et des pertes sous forme de jus dans le cas des fourrages ensilés à moins de 25 % de matière sèche. Le fanage entraîne des modifications de composition chimique et de digestibilité des fourrages verts plus importantes que celles provoquées par l'ensilage. Ces pertes proviennent de la respiration des tissus végétaux avant leur mort qui entraîne la combustion d'une partie des sucres, des pertes mécaniques de feuilles, en particulier pour les légumi-neuses, et des pertes provoquées par la pluie qui prolonge la respiration, augmente les pertes mécaniques et entraîne des phénomènes de lessivage.

Les teneurs en constituants pariétaux NDF et ADF des fourrages conservés ont été estimées à partir des relations données dans le tableau 8.3. Les relations entre la teneur en ADF et la teneur en CB ne sont pas affectées significativement par le mode de conservation de l'herbe. En revanche, la relation entre la teneur en NDF et la teneur en CB est affectée par le mode de conservation. Ainsi, à même teneur en CB, la teneur en NDF d'un foin est légèrement plus élevée que celle du fourrage vert correspondant et celle du fourrage fermenté est un peu plus faible. Cette diminution relative de la teneur en NDF des ensilages pourrait s'expliquer par la solubilisation d'une partie des hémicelluloses, substances constitutives de la fraction NDF, au cours du processus de fermentation dans l'ensilage. Nous

avons donc tenu compte de ces effets pour évaluer les teneurs en NDF des foins et des fourrages fermentés (tableau 8.3). Pour estimer la digestibilité des constituants pariétaux à partir de la dMO, nous avons utilisé les relations du tableau 8.4, celles-ci n'étant pas affectées par le mode de conservation.

La technique de récolte en balles rondes enrubannées permet de réaliser un ensilage mi-fané à des teneurs en matière sèche comprise entre 30 et 70 %, le risque de développement de spores butyriques étant limité lorsque la teneur en MS dépasse 50 %. Pour définir les valeurs des ensilages mi-fanés, nous avons récapitulé 30 essais (9 réalisés à l'Inra de Theix, 11 à l'unité expérimentale des Monts Dore et 10 à l'unité expérimentale du Pin-au-Haras) dans lesquelles un fourrage mi-fané a été comparé avec soit le fourrage vert de départ, soit un fourrage conservé différemment. Seize comparaisons ont été réalisées avec des prairies permanentes ou des graminées et 14 avec des légumineuses (luzerne et trèfle violet). Les teneurs en MS des ensilages mi-fanés ont varié de 32 à 70 %. Nous disposions de 9 correspondances avec des fourrages verts, en majorité des légumineuses, de 25 avec des ensilages récoltés avec une teneur en MS proche de 25 % et en majorité avec addition de conservateur, et de 19 avec des foins fanés au sol généralement par beau temps.

La composition chimique des fourrages mi-fanés est proche de celle des foins correspondants. Leurs teneurs en MAT sont plus faibles et leurs teneurs en CB sont plus fortes que celles des fourrages verts correspondants. Les écarts avec l'ensilage vont dans le même sens, mais sont plus faibles. En définitive, par rapport aux fourrages verts, la dMO des fourrages mi-fanés est plus faible de 2,7 points ce qui les situe légèrement en dessous des ensilages préfanés. Pour un stade de végétation donné, la dMO des fourrages mi-fanés est intermédiaire entre celles des ensilages et des foins avec un écart moyen de - 0,7 point par rapport aux ensilages et de + 1,1 par rapport aux foins. Les écarts de digestibilité sont plus élevés pour les légumineuses que pour les graminées sans doute parce que les pertes mécaniques de feuilles au cours du fanage sont plus importantes pour les légumineuses. Nous n'avons pas mis en évidence d'effet significatif de la teneur en MS du fourrage mi-fané sur sa digestibilité. En conséquence, nous n'avons défini qu'une seule catégorie de fourrages mi-fanés pour des teneurs en MS proches de 55 % permettant d'assurer une bonne qualité de conservation.

Les relations utilisées pour estimer les valeurs des fourrages conservés à partir de celles du fourrage vert correspondant sont récapitulées au tableau 8.5. Pour les foins, les ensilages réalisés en coupe directe et préfanés, nous avons conservé les relations utilisées en 1988 établies dans des études comparées entre fourrages verts et fourrages conservés, et qui ont porté sur 154 foins et 277 ensilages⁷. Pour les ensilages mi-fanés, les comparaisons directes avec le fourrage vert étaient trop peu nombreuses pour estimer leur valeur directement. Nous avons utilisé les relations entre les valeurs des fourrages mi-fanés et les ensilages ou les foins correspondants pour les situer dans la table des fourrages conservés, puis nous avons recalculé les relations avec les fourrages verts correspondants.

Pour l'ensilage de maïs, les modifications de composition chimique par rapport au fourrage vert sont plus faibles que pour les ensilages d'herbe. Nous les avons estimées à partir de résultats de 110 maïs analysés avant et après ensilage à l'Inra

7. Andrieu J., Demarquilly C., 1987. Valeur nutritive des fourrages : tables et prévision. *Bulletin technique CRZV Theix*, (70) : 61-74.

de Rennes et de 18 comparaisons réalisées à Theix. Nous avons considéré que la dMO de l'ensilage de maïs est équivalente à celle du maïs en vert correspondant. Cette hypothèse, appliquée aux 254 mesures de digestibilité du maïs en vert, conduit à proposer des valeurs de digestibilité pour les ensilages de maïs qui sont très cohérentes avec l'ensemble des mesures réalisées directement sur l'ensilage⁸. Nous avons donc construit les valeurs des quatre ensilages types pour une teneur en MS variant de 25 à 40 % à partir des valeurs mesurées sur le maïs en vert. Ces valeurs sont données pour des conditions de végétation normales. Nous avons conservé les autres ensilages de maïs des tables, correspondant à de mauvaises conditions de végétation (sécheresse ou températures estivales insuffisantes) ou à de très bonnes conditions de végétation. Ce dernier ensilage peut être aussi utilisé pour des géotypes particulièrement riches en grains et à digestibilité élevée.

Enfin, les valeurs des caractéristiques fermentaires des ensilages ont été complétées pour tenir compte de l'introduction des ensilages mi-fanés et des modifications faites sur les valeurs du maïs (annexe 3).

Les matières premières

Les matières premières proposées sont issues des tables Inra-AFZ (Sauvant, Perez, Tran, 2002⁹). Certaines peuvent être utilisées en l'état, la plupart d'entre elles étant utilisées comme aliments concentrés. Les valeurs de composition chimique ont été élaborées par la banque de données de l'alimentation animale (G. Tran, AFZ) à partir d'un fonds de données collectées depuis 1989 et rassemblant plus d'un million de valeurs de caractéristiques chimiques, physiques et nutritives issues des laboratoires des organismes adhérents (tables Inra-AFZ, 2002). Un traitement statistique a été utilisé pour éliminer les données aberrantes et aboutir à des valeurs cohérentes de composition chimique. Les teneurs des matières premières en amidon et en matières grasses ne sont pas reprises dans la table imprimée, mais sont données dans le cédérom. Les valeurs nutritives ont été calculées sur la base de résultats expérimentaux déjà rassemblés dans la base ou bien obtenus par des laboratoires à l'Inra ou dans d'autres pays.

La détermination de la digestibilité de la matière organique

La prévision de la digestibilité de la matière organique (dMO) est nécessaire pour estimer la valeur d'un aliment. Cette dMO peut être lue dans les tables, estimée à partir de la composition chimique ou par une méthode enzymatique associant la pepsine et une cellulase pour simuler la digestion des aliments dans le tube digestif du ruminant¹⁰.

8. Barrière Y., Émile J.-C., Traineau R., Surault F., Briand M., Gallais A., 2004. Genetic variation for organic matter and cell wall digestibility in maize silage. Lessons from a 34-year experiment with sheep in digestibility crates. *Maydica*, (49) : 115-126.

9. Voir note 3, p. 150.

10. Aufrère J., Michalet-Doreau B., 1988. Comparison of methods for predicting digestibility of feeds. *Animal Feed Science and Technology*, (20) : 203-218.

Détermination à partir de la composition chimique

L'étude très complète de la digestibilité des fourrages verts a permis de proposer des équations de prévision basées sur l'âge du fourrage ou sur sa composition chimique exprimée en CB et MAT¹¹. L'ensemble de ces équations proposées par espèce végétale et cycle de végétation ont été incluses dans le logiciel PrévAlim¹². Les équations basées sur les teneurs en CB et en MAT ont une précision qui varie de 2 à 4 points de digestibilité. Celles basées sur l'âge, qui traduit le stade de développement du fourrage, sont plus précises (écart-type de prévision compris entre 1 et 3 points de digestibilité), mais difficiles à utiliser en pratique. Nous donnons ici à titre indicatif des équations plus générales par type de fourrage et famille botanique en fonction des teneurs en CB ou en ADF et en MAT. Elles ont été établies à partir de l'ensemble des fourrages verts qui sous-tendent les valeurs de la table et à partir des ensilages et des foins proposés dans la table imprimée (tableau 8.6). La précision de ces équations est comprise pour les fourrages verts entre 3 et 4 points de digestibilité. Pour le maïs, nous avons repris les équations proposées par J. Andrieu et J. Aufrère en 1996¹³.

Pour les matières premières, l'étude des relations entre la dMO et les critères représentatifs des constituants pariétaux (CB, NDF, ADF) a conduit D. Sauvant *et al.* à proposer en 2002 des équations de prévision en distinguant six groupes de matières premières (tableau 8.6). À l'intérieur de chaque groupe les relations de prévision retenues sont les plus précises. La dMO des aliments concentrés composés, mélanges de différentes matières premières, peut être prévue à partir de la teneur en ADF et du résidu lignine ADL, selon les équations proposées par S. Giger-Reverdin *et al.*¹⁴

Détermination à partir de la digestibilité enzymatique

La méthode de prévision de la digestibilité par la digestibilité pepsine-cellulase peut être appliquée à l'ensemble des aliments. Cette méthode de prévision est particulièrement recommandée dès lors que l'on ne connaît pas précisément les caractéristiques du fourrage ou de l'aliment. Simulant les processus de digestion, elle permet de s'affranchir des effets liés à l'espèce végétale, au cycle de végétation ou au groupe de matières premières, qui doivent être pris en compte pour obtenir une prévision précise à partir de la composition chimique.

Pour les fourrages, les équations de prévision à partir de la digestibilité pepsine-cellulase ont été récemment mises à jour et complétées à partir d'une banque de données regroupant 384 échantillons (tableau 8.7). Ces nouvelles équations ont une précision comprise entre 2 et 3 points de digestibilité. La digestibilité pepsine-cellulase peut maintenant être appliquée directement sur les fourrages fermentés. Pour les fourrages associant des graminées et des légumineuses, une équation spécifique est proposée, notamment pour les associations graminées et trèfle blanc en vert. Dans le cas des fourrages conservés (ensilage et foin), on pourra utiliser les

11. Demarquilly C. (éd.), 1981. *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. Paris, Inra Éditions, 580 p.

12. Baumont R., Champciaux P., Agabriel J., Andrieu J., Aufrère J., Michalet-Doreau B., Demarquilly C., 1999. Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants : PrévAlim pour INRAtion. *Productions animales*, 12 (3) : 183-194.

13. Voir note 5, p. 151.

14. Giger-Reverdin S., Aufrère J., Sauvant D., Demarquilly C., Vermorel M., Pochet S., 1990. Prévision de la valeur énergétique des aliments composés pour les ruminants. *Productions animales*, (3) : 181-188.

équations qui ont une pente identique entre graminées et légumineuses avec une ordonnée à l'origine moyenne entre celles des deux familles. Pour l'ensilage de maïs, la digestibilité se prévoit à partir de l'analyse d'un échantillon en vert, selon l'équation proposée par J. Andrieu et J. Aufrère en 1996 qui associe la digestibilité pepsine-cellulase et la teneur en MAT.

Pour les matières premières concentrées et les aliments concentrés composés, nous avons repris les équations proposées respectivement par J. Aufrère et B. Michalet-Doreau, 1988¹⁵ et par S. Giger-Reverdin *et al.*, 1990¹⁶, ainsi qu'une équation spécifique pour les luzernes déshydratées (tableau 8.7).

La détermination de la teneur en énergie nette des aliments

Les valeurs énergétiques sont obtenues en appliquant la démarche et les équations proposées par l'Inra dans le système des unités fourragères¹⁷. L'application des différentes étapes de calcul depuis l'estimation de l'énergie brute jusqu'à celle de l'énergie nette (tableau 8.1) conduit à attribuer des valeurs UFL et UFV à chaque aliment de la table. Pour prévoir la valeur énergétique d'un aliment, il convient de procéder de la même façon à partir des résultats de l'analyse et de l'application des équations de prévision de la dMO, les valeurs non renseignées pouvant être lues dans les tables pour l'aliment correspondant. Nous rappelons ici les équations utilisées pour les différents types d'aliments en précisant les quelques modifications et nouveautés introduites avec les nouvelles tables.

La teneur en énergie brute

La teneur en énergie brute (EB) d'un aliment se mesure par calorimétrie. Elle peut aussi être prévue à partir de sa composition chimique. Pour les fourrages, la teneur en EB varie principalement avec la teneur en MAT, mais aussi avec le pH pour les ensilages réalisés en coupe directe. À partir de huit comparaisons, nous avons estimé que l'EB des ensilages mi-fanés est équivalente à celle du fourrage vert correspondant, ce qui est cohérent avec le coefficient de 1,03 proposé précédemment pour estimer l'EB des ensilages préfanés à partir de celle du fourrage vert. La méthode de calcul de l'EB du maïs fourrage a été mise à jour à partir des résultats de J. Andrieu *et al.* (1993)¹⁸. Pour les matières premières des aliments concentrés, les tables Inra-AFZ (2002), comme précédemment S. Giger-Reverdin *et al.* (1990)¹⁹ pour les aliments composés, ont établi des équations de prévision basées sur les constituants analytiques courants et généralement mesurés lors d'une analyse. Les équations utilisées pour estimer la teneur en EB des aliments sont récapitulées au tableau 8.8.

15. Voir note 10, p. 154.

16. Voir note 14, p. 155.

17. Vermorel M., Coulon J.-B., Journet M., 1987. Révision du système des unités fourragères. *Bulletin technique CRZV Theix*, (70) : 9-18.

18. Voir note 5, p. 151.

19. Voir note 14, p. 155.

La digestibilité de l'énergie

La digestibilité de l'énergie (dE) des fourrages est généralement très étroitement corrélée à celle de la matière organique. Elle peut donc être estimée directement à partir de celle-ci en distinguant les grandes catégories de fourrages. Les quelques mesures de dE réalisées pour les ensilages mi-fanés conduisent à utiliser l'équation donnée pour les foin. Pour les matières premières, il existe également une relation très étroite entre les valeurs de dE et dMO. Les équations utilisées pour estimer la digestibilité de l'énergie combinent la dMO et les critères simples de composition chimique. L'ensemble des équations utilisées est récapitulé au tableau 8.9.

Les teneurs en énergie métabolisable et en énergie nette

L'énergie métabolisable d'un aliment se calcule à partir de son énergie digestible ($ED = EB \times dE$) et du rapport EM/ED qui rend compte des pertes d'énergie dans les urines et sous forme de gaz (CH_4). Ces pertes dépendent de la composition chimique de l'aliment et du niveau alimentaire auquel a été réalisée la mesure de digestibilité (tableau 8.1). Le niveau alimentaire d'un mouton placé en mesure de digestibilité est égal à la quantité de matière organique digestible (MOD) ingérée exprimée par kg de poids métabolique divisée par le besoin d'entretien du mouton qui est de 23 g de MOD par kg de poids métabolique. Les niveaux alimentaires moyens auxquels les mesures de digestibilité ont été réalisées et donc à retenir pour les calculs de prévision sont de 1,7 pour les fourrages verts, de 1,5 pour les ensilages d'herbe, de 1,2 pour le maïs en vert ou ensilé, de 1,35 pour les foin et de 0,75 pour les pailles distribuées seules. Pour les aliments concentrés, le niveau alimentaire a été fixé à 1 dans le calcul du rapport EM/ED.

Les valeurs UFL et UFV sont ensuite calculées à partir des équations permettant d'estimer l'énergie nette et qui sont communes pour tous les aliments (tableau 8.1). Le seul correctif apporté à ces valeurs dans les tables concerne la valeur UFV de l'ensilage de maïs qui est multipliée par 0,95 pour tenir compte des interactions digestives particulièrement fortes avec l'ensilage de maïs chez les animaux à l'engrais.

La détermination de la valeur azotée des aliments

La valeur azotée des aliments est exprimée en protéines digestibles dans l'intestin ou PDI²⁰ (tableau 8.1). Les tables donnent deux valeurs parallèles. La valeur PDIN représente la valeur PDI de l'aliment s'il est inclus dans une ration déficitaire en azote dégradable, et la valeur PDIE représente la valeur PDI s'il est inclus dans une ration où l'énergie est le facteur limitant des synthèses microbiennes. Les valeurs PDIN et PDIE sont la somme des PDIA qui sont les protéines d'origine alimentaire non dégradées dans le rumen et des PDIM qui sont les protéines synthétisées dans le rumen et dont la production est limitée par l'énergie fermentescible (PDIME) ou par l'azote dégradable (PDIMN). Les valeurs PDIA sont données à titre indicatif dans les tables mais elles ne sont pas nécessaires au calcul des rations. Prévoir la valeur PDI d'un aliment nécessite d'évaluer deux paramètres spécifiques qui sont

20. Vérité R., Michalet-Doreau B., Chapoutot P., Peyraud J.-L., Poncet C., 1987. Révision du système des protéines digestibles dans l'intestin. *Bulletin technique CRZV Theix*, (70) : 19-34.

la dégradabilité théorique des matières azotées dans le rumen (DT), et la digestibilité intestinale des protéines alimentaires non dégradées (dr).

La dégradabilité théorique des matières azotées (DT)

La dégradabilité théorique se mesure à partir de la cinétique de dégradation de l'azote dans le rumen par la technique dite de la dégradabilité *in sacco* ou *in situ*²¹.

Les fourrages

En 1988, faute d'un nombre suffisant de données expérimentales, la DT des fourrages avait été fixée par grandes catégories. Depuis, plusieurs travaux ont montré que la DT des fourrages verts varie, notamment selon la famille botanique, l'espèce considérée, le stade ou l'âge des repousses. Pour préciser les valeurs de DT des fourrages, nous avons constitué une base de données regroupant 375 mesures sur des fourrages verts provenant des laboratoires Inra (214 mesures) et de la littérature européenne (161 mesures)²². L'analyse de ces données, « intra site et expérimentation » pour tenir compte des différences de méthodologie employées, a conduit à proposer un modèle de prévision de la DT prenant en compte un effet curvilinéaire de la MAT et des effets fixes (tableau 8.10). Nous avons vérifié que les variations de DT avec la MAT étaient indépendantes de l'origine de la variation de la MAT (niveau de fertilisation azotée, stade de végétation...). À même MAT, la DT varie significativement avec la famille botanique, la DT des prairies permanentes étant nettement plus faible que celle des graminées pures. La DT est aussi plus élevée lors du premier cycle que pour les cycles suivants, sauf pour les légumineuses.

La DT des fourrages conservés a été estimée à partir de celle des fourrages verts. Pour cela nous nous sommes basés sur les études où la DT avait été mesurée à la fois sur un ou plusieurs types de fourrages conservés et le fourrage vert correspondant. Nous avons rassemblé 29 comparaisons pour les foins, 32 comparaisons pour les différents types d'ensilages sans conservateur et 16 pour des ensilages réalisés avec conservateur. Les relations obtenues sont présentées dans le tableau 8.10. La DT des foins est inférieure à celle des fourrages verts correspondants. Elle varie dans le même sens, mais avec une gamme de variation plus resserrée. La DT des ensilages réalisés en coupe directe sans ressuyage est supérieure à celle des fourrages verts correspondants. La DT des ensilages diminue avec l'accroissement de la teneur en MS et donc lorsque le fanage est plus poussé. Ainsi, la DT des ensilages mi-fanés est intermédiaire entre celle des ensilages non ressuyés et celles des foins. Cette équation n'est valable que pour des ensilages correctement conservés. Enfin, la présence d'un conservateur efficace réduit la DT des ensilages de 4 % en moyenne. À des fins de prévision, nous avons recalculé pour les foins et les ensilages des tables des équations de prévision de la DT utilisant la MAT du fourrage conservé comme variable explicative. Les DT des fourrages pour lesquels les équations de prévision ne s'appliquent pas sont rappelées dans le tableau 8.11.

21. Pour les méthodes de mesure : Michalet-Doreau B., Vérité R., Chapoutot P., 1987. Méthodologie de mesure de la dégradabilité *in sacco* de l'azote des aliments dans le rumen. *Bulletin technique CRZV Theix*, (69) : 5-7.

Dulphy J.-P., Demarquilly C., Baumont R., Jailler M., L'Hotelier L., Dragomir C., 1999. Study of modes of preparation of fresh and conserved forage samples for measurement of their dry matter and nitrogen degradations in the rumen. *Annales de Zootechnie*, (48) : 275-288.

22. Nozières M.-O., Dulphy J.-P., Peyraud J.-L., Poncet C., Baumont R., 2005. Estimation de la dégradabilité de l'azote (DT) des fourrages dans le rumen et de la digestibilité réelle des protéines alimentaires dans l'intestin grêle (dr) : conséquences sur la valeur PDI des fourrages. *Rencontres Recherches Ruminants*, (12) : 105-108.

Les matières premières et les aliments composés

Pour actualiser les données publiées en 1988, les cinétiques de dégradation de l'azote provenant d'échantillons étudiés dans trois laboratoires de l'Inra ont été rassemblées (Theix : n = 112 échantillons, 32 matières premières ; Rennes : n = 76 échantillons, 21 matières premières ; Paris : n = 283 échantillons, 92 matières premières). Les résultats obtenus au sein du laboratoire de la Société Glon-Sanders (n = 113 échantillons, 29 matières premières), déjà intégrées dans les tables Inra 1988, ont été également utilisés compte tenu de la diversité apportée par les matières premières considérées. Pour la même raison, des résultats publiés dans la littérature (1 305 échantillons, 138 matières premières) ont été pris en compte. Les valeurs de DT corrigées des effets laboratoires ont été obtenues par analyse de la variance. Pour un certain nombre d'ingrédients absents ou mal représentés dans les ensembles de données précédents, des ensembles de résultats fiables de la littérature ont été considérés. Les DT des matières premières sont indiquées dans le cédérom. Ce travail de synthèse a permis notamment d'obtenir des informations originales et utiles sur les effets de certains traitements technologiques.

La DT d'un aliment concentré peut être prévue à partir de la mesure de sa dégradabilité pendant une heure d'incubation dans une solution contenant une protéase²³ (DE1, tableau 8.12). Cette méthode est particulièrement utile pour les aliments composés dont la formule n'est pas connue et dont la DT ne peut pas être calculée à partir des valeurs des différentes matières premières le composant.

La digestibilité intestinale des protéines alimentaires non dégradées (dr)

Les valeurs de digestibilité intestinale (dr) des protéines alimentaires non dégradées (PIA) ont été calculées à partir d'une estimation des quantités de PIA non digérées dans l'intestin (PANDI) : $dr = 100 \times (PIA - PANDI) / PIA$. Les PANDI ont été estimés en privilégiant les résultats obtenus par la technique des sachets mobiles dans l'intestin, de nombreuses données ayant été acquises depuis 1988. Pour cette mesure, l'aliment est enfermé dans un sachet de nylon. Après avoir subi une phase de digestion dans le rumen, le sachet est introduit dans l'intestin et récupéré dans les fèces. On évalue ensuite la quantité de matières azotées résiduelles contenues dans les sachets mobiles (MANDS). Nous avons au préalable vérifié, tant pour les fourrages que pour les matières premières, que l'on pouvait assimiler les PANDI à la mesure de MANDS.

Les fourrages

Nous avons rassemblé 63 mesures obtenues avec les sachets mobiles à l'Inra de Theix et de Rennes. Pour 51 de ces 63 mesures, nous disposons des quantités totales de matières azotées apparemment non digestibles dans l'ensemble du tube digestif (MAND) mesurées sur des moutons. L'établissement de la relation entre d'une part les quantités de MAND et d'autre part les MANDS, et les fractions organiques digestibles (MOD) et non digestibles (MOND) a permis de vérifier que les MANDS correspondaient aux PANDI (coefficient des MANDS statistiquement pas différent de 1 : $1,1 \pm 0,5$) :

23. Aufrère J., Graviou D., Demarquilly C., Vérité R., Michalet-Doreau B., Chapoutot P., 1989. Aliments concentrés pour ruminants : prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. *Productions animales*, (2) : 249-254.

$$\text{MAND} = 1,1 \text{ MANDS} + 0,033 \text{ MOD} + 0,058 \text{ MOND}$$

avec $n = 51$; $r = 0,48$; $\text{ETR} = 7,8$.

Nous avons ensuite établi, à partir des 63 données, une équation d'estimation de la teneur en PANDI des fourrages à partir de leur teneur en MAT et d'effets fixes liés à la famille botanique, le cycle de végétation et le mode de conservation (tableau 8.10). La valeur des PANDI est d'autant plus faible et donc la dr est d'autant plus élevée que le fourrage est riche en MAT. À même MAT, les PANDI sont plus faibles au premier cycle que pour les repousses. Elles sont plus faibles pour les graminées et les prairies permanentes que pour les légumineuses et pour les fourrages verts comparés aux fourrages conservés. Toutefois, les effets de ces facteurs sur la dr sont à pondérer des variations conjointes de la DT.

Les matières premières

Nous avons rassemblé les mesures obtenues par la méthode des sachets mobiles par une quinzaine de laboratoires ayant testé chacun au moins une dizaine de matières premières. À partir des 388 données ainsi rassemblées correspondant à 72 matières premières, nous avons vérifié que les MANDS correspondaient aux PANDI par l'établissement de la relation suivante entre d'une part les MAND et, d'autre part, les MANDS, les fractions azotées potentiellement fermentescibles dans le rumen ($\text{MAF} = \text{MAT} \times \text{DT} / 100$) mais non digestibles dans l'intestin et les fractions organiques, digestibles et non digestibles :

$$\text{MAND} = \text{MANDS} + 0,24 \text{ MAF} + 0,057 \text{ MOD} + 0,37 \text{ MOND}$$

avec $n = 54$; $r = 0,87$; $\text{ETR} = 10,9$.

La dr des principales matières premières ainsi que les effets moyens de certains traitements technologiques ont été calculés par analyse de variance de manière à aboutir à des valeurs de dr corrigées d'un effet laboratoire. Pour les matières premières n'ayant pas de valeur mesurée de dr, la digestibilité a été estimée à partir de l'équation :

$$\text{dr} = 88,3 + 0,371 \text{ MAT} - 0,00370 \text{ MAT}^2 - 1,07 \text{ ADL} - 0,313 \text{ MOND}$$

avec $n = 69$; $r = 0,95$; $\text{ETR} = 4,7$, et MAT, ADL et MOND en % de la MS.

Il n'existe pas de méthode de prévision en routine de la dr des aliments concentrés. Lorsque celle-ci ne peut pas être estimée à partir des valeurs des ingrédients les composant, il convient alors d'utiliser les équations de prévision directes des valeurs PDI proposées par J. Aufrère *et al.* (1989)²⁴ et rappelées au tableau 8.12.

Les valeurs PDI des aliments

Les valeurs PDI des aliments des tables ont été calculées avec les équations rappelées au tableau 8.1, les paramètres relatifs à la synthèse et à la digestibilité des protéines microbiennes demeurant inchangés. La matière organique fermentescible (MOF) nécessaire au calcul des PDIE est estimée pour chaque aliment à partir des caractéristiques données dans les tables. Pour les fourrages, les teneurs en matières grasses utilisées dans le calcul de la MOF sont celles données dans l'annexe 2 et les valeurs de produits de fermentation des ensilages celles données dans l'annexe 3.

24. Voir note 23, p. 159.

Pour les matières premières contenant plus de 10 % d'amidon, la teneur en MOF a été réduite pour tenir compte de la fraction amyliacée échappant à la digestion ruminale. Le coefficient multiplicatif retenu pour la MOF est de 0,6 pour le maïs, le sorgho et le riz, de 0,8 pour les pois, les féveroles, les pulpes de pommes de terre et les pommes de terre entières, les tourteaux et sons de riz, les tourteaux et sons de maïs et le manioc. Il a été de 0,95 pour les autres matières premières contenant moins de 10 % d'amidon.

La nouvelle façon d'estimer la DT et la dr des fourrages de graminées, de légumineuses et de prairies permanentes modifie essentiellement les valeurs PDIA et PDIME et donc les valeurs PDIE. Les valeurs PDIMN et PDIA évoluant en sens contraire, les valeurs PDIN des fourrages ne sont quasiment pas modifiées. Par rapport à 1988, la valeur PDIE au premier cycle de végétation diminue légèrement pour les stades précoces et augmente légèrement pour les stades tardifs. La valeur des autres cycles augmente de 3 g/kg MS en moyenne. En ce qui concerne les fourrages conservés, la valeur PDIE des foin est légèrement augmentée, de 2 à 3 g/kg MS en moyenne. La modification la plus importante est la diminution de la valeur PDIE des ensilages d'herbe réalisés en coupe directe, de 4 à 10 g/kg MS pour les ensilages avec conservateur.

Les équations rassemblées dans les tableaux 8.1 et 8.10 permettent d'estimer les valeurs PDI des fourrages à partir d'une analyse chimique, et les équations du tableau 8.12 permettent d'estimer les valeurs des aliments concentrés lorsqu'une analyse de dégradabilité enzymatique de l'azote est réalisée.

Les teneurs en acides aminés digestibles dans l'intestin

Les teneurs en acides aminés digestibles dans l'intestin ont été calculées selon la méthode proposée par H. Rulquin *et al.* (2001)²⁵. Elles ont été actualisées en prenant en compte l'évolution des valeurs de DT et de la digestibilité des PIA (dr). Les nouvelles valeurs reposent aussi sur une meilleure connaissance du profil en acides aminés des aliments. Dans le cas des fourrages, plus de 200 échantillons ont été analysés ce qui a permis de prendre en compte les variations de profil en acides aminés liées à l'espèce et au mode de conservation (63 profils moyens de fourrages ont été utilisés au lieu de 5 précédemment). Pour les matières premières, nous avons également pris en compte l'évolution des teneurs en protéines et une plus large base de données sur les profils en acides aminés. Les tables imprimées présentent les valeurs en LysDi et MetDi qui sont les plus utilisées pour le rationnement. Le cédérom contient les informations sur les autres acides aminés digestibles.

La détermination de la valeur d'encombrement des fourrages

Pour prévoir les quantités ingérées de fourrages par les différentes catégories de ruminants, trois unités d'encombrement ont été définies en 1988²⁶. Pour chaque catégorie de ruminants (mouton, vache laitière, autres bovins), la valeur d'encombrement d'un fourrage donné correspond au rapport entre l'ingestibilité du fourrage

25. Rulquin H., Vérité R., Guinard-Flament J., 2001. Acides aminés digestibles dans l'intestin. Le système AADI et les recommandations d'apport pour la vache laitière. *Productions animales*, (14) : 265-274.

26. Dulphy J.-P., Faverdin Ph., Micol D., Bocquier F., 1987. Révision du système des unités d'encombrement. *Bulletin technique CRZV Theix*, (70) : 35-48.

de référence (herbe jeune, exploitée au stade pâturage) et l'ingestibilité de ce fourrage (tableau 8.1). Nous rappelons ici comment les valeurs d'encombrement ont été obtenues, et comment elles peuvent être prévues en pratique.

Mesures d'ingestibilité et principes de calculs des valeurs d'encombrement

Comme précédemment en 1988, les valeurs d'encombrement des fourrages verts des tables ont été calculées à partir des ingestibilités mesurées chez le mouton et des relations établies entre l'ingestibilité des fourrages verts chez le mouton et chez les bovins (génisses pour les UEB et vaches laitières pour les UEL). Pour les foins et les ensilages, les valeurs mentionnées dans les tables ont été calculées à partir de celles des fourrages verts correspondants et des relations rendant compte des modifications d'ingestibilité entraînées par la conservation. Les relations utilisées sont rappelées dans le tableau 8.5 pour les ingestibilités chez le mouton et dans le tableau 8.13 pour l'estimation de l'ingestibilité chez les bovins. Les valeurs d'ingestibilité de certains fourrages chez les bovins sont le résultat de mesures réalisées directement sur génisses et vaches laitières. C'est le cas des foins et des ensilages de prairie naturelle de demi-montagne et de luzerne ainsi que de l'ensilage de maïs. Pour ces nouvelles tables, nous avons défini les valeurs d'encombrement des ensilages mi-fanés et nous avons mis à jour les valeurs d'encombrement de l'ensilage de maïs pour les vaches laitières.

Les comparaisons que nous avons rassemblées entre ensilage d'herbe mi-fané et autres modes de conservation montrent que l'ingestibilité des fourrages mi-fanés chez le mouton représente 76 % de celle des fourrages verts correspondants, ce qui la situe légèrement en dessous de celle de l'ensilage préfané correspondant (85 % pour les légumineuses), et proche de celle du foin correspondant fané au sol par beau temps. Chez les bovins, les quantités ingérées de fourrages mi-fanés sont légèrement inférieures à celles des ensilages bien conservés, et proches de celles des foins correspondants. Nous avons donc situé leur ingestibilité légèrement en dessous de celle des ensilages préfanés. Les relations utilisées sont données dans le tableau 8.5 pour les moutons et dans le tableau 8.13 pour les bovins.

Pour l'ensilage de maïs, les résultats des essais menés à l'Inra des Monts Dore par J. Andrieu, ainsi que des observations de terrain, indiquaient que les valeurs d'encombrement des tables de 1988 étaient surestimées d'environ 10 %. Pour réviser ces valeurs, nous avons rassemblé 71 mesures d'ingestion d'ensilage de maïs chez des vaches laitières obtenues à l'Inra (48 à Lusignan²⁷ et 23 à l'Inra des Monts Dore). L'ingestibilité et la valeur d'encombrement ont été recalculées en prenant en compte les nouvelles équations de la capacité d'ingestion des vaches laitières (chapitre 2). L'analyse de ces données conduit à des valeurs d'encombrement qui varient entre 1,09 et 0,91 pour les ensilages types que nous avons introduits dans les tables, correspondant à des conditions de végétation normales.

27. Barrière Y., Vérité R., Brunshwig P., Surault F., Émile J.-C., 2001. Feeding value of corn silage estimated with sheep and dairy cows is not altered by genetic incorporation of Bt176 resistance to *Ostia Nubialis*. *Journal of Dairy Science*, (84) : 1863-1871.

Barrière Y., Émile J.-C., Surault F., 2003. Genetic variation of maize silage ingestibility in dairy cattle. *Animal Research*, (52) : 489-500.

Barrière Y., Dias Gonçalves G., Émile J.-C., Lefèvre B., 2004. Higher intake of DK265 corn silage by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, (87) : 1439-1445.

Prévision de l'ingestibilité et des valeurs d'encombrement des fourrages

La méthode de calcul des valeurs d'encombrement des fourrages des tables à partir de l'ingestibilité du fourrage vert chez le mouton rend difficile la prévision des valeurs d'encombrement en pratique. Pour une espèce végétale donnée au cours d'un cycle de végétation, l'ingestibilité diminue comme la digestibilité avec le stade de végétation. Il existe par conséquent une liaison entre l'ingestibilité et la digestibilité et la prévision de ces deux composantes de la valeur alimentaire doit être cohérente.

En 1999, dans le logiciel Prévalim, nous avons proposé une méthode d'estimation de l'ingestibilité des fourrages à partir de la DMO et de la teneur en MAT du fourrage. Les équations ont été calculées en distinguant trois groupes de fourrages (prairies permanentes, graminées fourragères et légumineuses fourragères) et trois modes d'exploitation (vert, foin et ensilage) et en distinguant dans chaque groupe les espèces et les cycles de végétation. Ces équations expliquent entre 86 et 91 % de la variabilité de l'ingestibilité des foins présents dans les tables et entre 91 et 97 % de celle des ensilages. Par souci de simplification, nous donnons ici à titre indicatif des équations qui ne prennent pas en compte les effets liés aux espèces végétales et aux cycles de végétation (tableau 8.14). Pour l'ensilage de maïs, l'analyse des données que nous avons rassemblées confirme que l'ingestibilité de l'ensilage peut être estimée à partir de sa digestibilité et de sa teneur en MS (tableau 8.14).

En résumé, la valeur d'encombrement des fourrages peut être calculée à partir des équations de prévision de l'ingestibilité présentée dans le tableau 8.14 ou bien de celles données dans le logiciel Prévalim et des expressions des valeurs d'encombrement du tableau 8.1. Dans le cas des ensilages d'herbe réalisés à des teneurs en MS inférieures à 25 %, les valeurs UEB et UEL doivent être corrigées selon la méthode proposée dans l'annexe 4 qui prend en compte l'écart entre la teneur en MS de l'ensilage étudié et celle de l'ensilage correspondant dans les tables.

Les minéraux majeurs, phosphore (P) et calcium (Ca), et leurs coefficients d'absorption réelle (CAR)

La révision des valeurs de P et Ca des fourrages devenait nécessaire pour intégrer la diminution globale des teneurs en minéraux au cours des années passées. Cette évolution est sans doute à relier en grande partie à leurs modes de production et à l'évolution des rendements depuis une vingtaine d'années. La révision a aussi été l'occasion d'introduire les concepts d'éléments absorbables, qui sont à la base des nouveaux systèmes d'apports alimentaires recommandés²⁸. Seules les valeurs pour P et Ca figurent dans les tables imprimées, mais les données pour les autres macro-éléments et les oligo-éléments d'intérêt nutritionnel sont présentées dans le cédérom. La démarche générale a été de mettre à jour les valeurs de fourrages verts et d'utiliser ensuite des équations de passage pour évaluer celles des fourrages conservés.

28. Meschy F., 2002. Recommandations d'apport en phosphore absorbé chez les ruminants. *Rencontres Recherches Ruminants*, (9) : 279-285.

Meschy F., Corrias R., 2005. Recommandations d'apport alimentaire en calcium et magnésium absorbables pour les ruminants. *Rencontres Recherches Ruminants*, (12) : 221-224.

Actualisation des valeurs des fourrages verts

Les valeurs des tables de 1988 ont été comparées à celles provenant d'une base de données constituée à partir de résultats analytiques datant de moins de 5 ans mis à disposition par nos partenaires. Nous avons utilisé les données de 740 fourrages verts, principalement des graminées bien identifiées.

Pour les prairies permanentes, nous avons utilisé un jeu d'analyses réalisées en 2005 concernant 20 échantillons de prairies permanentes de plaine (Inra Le Pin-au-Haras) et 28 échantillons de prairies permanentes de demi-montagne (Inra Theix). Le tableau 8.15 regroupe les équations qui ont été utilisées pour calculer les nouvelles valeurs à partir des valeurs disponibles dans les tables de 1988. Pour les fourrages, peu nombreux, qui n'avaient pas de valeurs P et Ca dans les tables de 1988, nous avons estimé les valeurs à partir de données analytiques disponibles ou à partir de celles de la littérature.

Les passages des fourrages verts aux fourrages conservés

Les équations (tableau 8.16) ont été établies à partir de 16 foins et de 28 fourrages fermentés dont nous connaissions la composition minérale des fourrages verts correspondants. Les différents types de fourrages fermentés ont été regroupés dans la mesure où ils ne présentaient pas de différence entre eux. En revanche, nous avons retenu des équations différentes pour le calcium des graminées et des légumineuses en raison de leur forte différence de teneur en Ca. Les valeurs des ensilages de maïs (750 échantillons) et de pulpes de betteraves ont été établies à partir de la base de données. Les données disponibles ne permettaient pas de faire différentes sous-classes pour ces deux types de fourrages, même s'il reste une très forte variabilité, sans doute liée au type de sol et à l'itinéraire cultural.

Les valeurs des matières premières

Au sein d'une même matière première, la variabilité des teneurs en P et Ca est beaucoup plus faible que pour les fourrages. Les valeurs publiées en 2002 dans la table « matières premières » ont été reprises dans ces tables. Elles proviennent, pour chaque matière première, de plusieurs centaines, voire plusieurs milliers d'analyses.

Les valeurs de coefficient d'absorption réelle (CAR)

Seuls les éléments absorbés sont susceptibles de satisfaire les besoins physiologiques des animaux. Aussi est-il logique de proposer dans des tables modernes une estimation de ces valeurs. Les valeurs en P et Ca absorbables, c'est-à-dire potentiellement absorbées, résultent de la teneur totale de l'élément considéré multipliée par son coefficient d'absorption réelle. Les coefficients d'absorption réelle utilisés pour les fourrages figurent au tableau 8.17. Pour le phosphore, un coefficient spécifique selon le mode de conservation a été utilisé lorsque l'information disponible était suffisante. Pour le calcium, le nombre de données expérimentales plus restreint nous a conduits à retenir des valeurs indépendantes du mode de conservation. Pour les matières premières utilisées dans les aliments concentrés, les valeurs de CAR sont présentées au tableau 8.18. Un coefficient spécifique a été utilisé lorsque l'information disponible était suffisante ; dans le cas contraire, le CAR moyen de la « famille » a été adopté. Les valeurs de CAR des sources inorganiques de P et de Ca les plus couramment utilisées sont présentées à l'annexe 5.

En conclusion, les nouvelles tables des aliments pour les ruminants intègrent les valeurs des matières premières publiées dans les tables Inra-AFZ et de nombreuses améliorations pour les fourrages issues des travaux réalisés au cours de la dernière décennie. L'ensemble de ces améliorations doit permettre de mieux ajuster les apports de fourrages, d'aliments concentrés et de minéraux aux besoins des animaux. Les équations utilisées pour estimer la valeur des aliments ont été également mises à jour et récapitulées dans le but de permettre aux utilisateurs d'effectuer les calculs en cohérence maximale avec les tables.

Remerciements :

- à J. Andrieu, J.-P. Andrieu et C. Demarquilly (Inra Theix) ; à H. Rulquin, L. Delaby et P. Faverdin (Inra Rennes) ; à Y. Barrière et J.-C. Émile (Inra Lusignan), à J.-R. Peccatte (Inra Le Pin), à P. Chapoutot (INA-PG) et R. Daccord (Posieux, Suisse) pour les données fournies et les calculs réalisés ;
- à F. Picard, M. Jestin et D. Andueza pour les analyses de laboratoire et le traitement des données par la spectrométrie dans le proche infra-rouge ayant permis d'estimer les teneurs en parois végétales (NDF et ADF) des fourrages ;
- à M.-O. Nozières pour l'analyse des données concernant les valeurs PDI des fourrages et celles des ensilages mi-fanés ;
- aux sociétés et organismes suivants pour avoir mis à notre disposition leurs résultats d'analyses minérales des fourrages : CCPA, Celtic, Contrôle Laitier 44, 51, 53, 63, 72, 85, Cybelia, EDE Île de France, Euronutrition, Néolait, Trouw nutrition et Zootech.

Tableau 8.1. Principes de calcul de la valeur des aliments.

Valeur énergétique									
UFL = ENL/1 700 UFV = ENEV/1 820									
Énergie nette pour la lactation ENL = EM × kl en kcal/kg									
Énergie nette pour l'entretien et la production de viande ENEV = EM × kmf en Kcal/kg									
avec kl, km et kf coefficients d'efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable (EM) et q, la concentration en EM de l'aliment (q = EM/EB) :									
– pour la lactation et l'engraissement kl = 0,60 + 0,24 (q – 0,57)									
– pour l'entretien km = 0,287q + 0,554									
– pour l'engraissement kf = 0,78q + 0,006									
– pour l'entretien et la production de viande kmf = (km × kf × 1,5)/(kf + 0,5 km).									
Énergie métabolisable EM = EB × dE × (EM/ED) en kcal/kg									
avec EB = énergie brute de l'aliment									
dE = digestibilité de l'énergie fonction de la dMO de l'aliment									
EM/ED = rend compte des pertes d'énergie sous forme de gaz et dans les urines,									
= (84,17 – 0,0099CBo – 0,0196MATo + 2,21NA)/100									
avec NA = niveau alimentaire									
CBo = teneur en CB en g/kg MO									
MATo = teneur en MAT en g/kg MO.									
Valeur azotée									
PDIN = PDIA + PDIMN en g/kg									
PDIE = PDIA + PDIME									
avec PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire									
PDIM = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote									
dégradable (PDIMN), par l'énergie fermentescible (PDIME).									
PDIA = MAT × [1,11 × (1 – DT)] × dr									
PDIMN = MAT × [1 – 1,11(1 – DT)] × 0,9 × 0,8 × 0,8									
PDIME = MOF × 0,145 × 0,8 × 0,8									
avec MAT = matières azotées totales de l'aliment en g/kg									
DT = dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (0 < DT < 1)									
dr = digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (0 < dr < 1)									
MOF = matière organique fermentescible de l'aliment en g/kg									
avec MOF = matière organique digestible – matières grasses – matières azotées non dégradables									
soit (MAT × (1 – DT)) – produits de fermentation dans le cas des ensilages.									
Valeur d'encombrement									
Fourrages : UEM = 75/QIM UEB = 95/QIB UEL = 140/QIL									
avec UEM, UEB et UEL, respectivement unité d'encombrement mouton, bovin et lait									
QIM, QIB et QIL, respectivement ingestibilité mouton, bovin (génisse) et vache laitière									
en g/kg PV ^{0,75} .									
Concentrés : UE _{concentré} = Sg × UE _{fourrage} , avec Sg taux de substitution global de l'aliment									
concentré.									

Tableau 8.2. Caractéristiques des équations de calibration des teneurs en NDF et en ADF (g/kg de MS) des fourrages verts obtenus en spectrométrie dans le proche infra-rouge.

	N	Moyenne	Et	Min	Max	SEc	R ²	SEcv	r ²
NDF	220	540	75	350	714	10,7	0,98	14,1	0,97
ADF	220	292	48	174	428	9,1	0,96	11,7	0,94

N : effectif ; Et : écart-type de la population ; Min : valeur minimale ; Max : valeur maximale ; SEc : écart-type résiduel de calibration ; R² : coefficient de détermination de calibration ; SEcv : écart-type résiduel de validation croisée ; r² coefficient de détermination de validation croisée.

Tableau 8.3. Relations entre les teneurs en parois végétales totales (NDF), en lignocellulose (ADF) et en cellulose brute (CB) des fourrages verts. Toutes les valeurs sont exprimées en g/kg MS. À l'exception du maïs fourrage, les régressions sont calculées à partir des valeurs moyennes de la table.

Équations	R ²	ETR
Prairies permanentes (n = 28) NDF = 0,90CB + 306 ADF = 0,83CB + 76 CB = 1,19ADF - 88	0,96 0,99 0,99	9,9 4,0 4,8
Graminées fourragères (n = 147) NDF = 1,14CB + 260 ADF = 0,95CB + 40 CB = 0,98ADF - 19	0,88 0,93 0,93	17,1 10,8 11,0
Légumineuses (luzerne et trèfle violet) (n = 34) NDF = 0,575CB + 320 ADF = 0,579CB + 147 CB = 1,572ADF - 209	0,92 0,91 0,91	9,3 9,6 15,8
Maïs fourrage (n = 254) NDF = 1,30CB + 201 ADF = 1,06CB + 8,2 CB = 0,87ADF + 9,5	0,73 0,92 0,92	18,1 7,1 6,4
Autres céréales fourragères (n = 29) NDF = 1,24CB + 228 ADF = 0,97CB + 55 CB = 1,01ADF - 50	0,98 0,98 0,98	9,6 7,1 7,3

Les relations entre ADF et CB peuvent être appliquées pour tous les modes de conservation de l'herbe. Pour les ensilages de prairies permanentes, de graminées et légumineuses fourragères, la pente de la relation entre NDF et CB doit être diminuée de 0,13 dans le cas des ensilages réalisés en coupe directe et de 0,05 dans le cas des ensilages préfanés ou mi-fanés (type balles rondes enrubbannées). Pour les foin, la pente de la relation entre NDF et CB doit être augmentée de 0,07.

Tableau 8.4. Relations entre les teneurs en NDF, ADF et CB non digestible (NDFnd, ADFnd et CBnd en g/kg de MS) et la dMO des fourrages (%). Ces relations peuvent s'appliquer quel que soit le mode de conservation du fourrage.

Équations	R ²	ETR
Graminées + légumineuses + pailles (n = 91) NDFnd = 785 - 8,62dMO	0,92	17,4
Graminées + pailles ADFnd = 491 - 5,54dMO (n = 63) CBnd = 389 - 4,3dMO (n = 54)	0,89 0,87	15,1 13,5
Légumineuses (n = 28) ADFnd = 630 - 7,17dMO CBnd = 561 - 6,50dMO	0,86 0,79	13,4 15,4
Maïs (n = 99)* dNDF = 14,3 + 0,764dCB* dADF = - 2,02 + 0,969dCB	0,92 0,96	2,1 1,7

avec NDFnd = NDF × (1 - dNDF/100) et dNDF digestibilité du NDF en %
ADFnd = ADF × (1 - dADF/100) et dADF digestibilité de l'ADF en %
CBnd = CB × (1 - dCB/100) et dCB digestibilité de la CB en %.

* D'après Andrieu *et al.*, 1993 (voir note 5, p. 151).

Tableau 8.5. Relations retenues pour prévoir la composition chimique, la digestibilité de la matière organique et l'ingestibilité chez le mouton des fourrages conservés (Y dans les équations), à partir des valeurs du fourrage vert correspondant (X dans les équations).

	Techniques de conservation	Cendres (g/kg MS)	Matières azotées (g/kg MS)
Prairies naturelles et graminées	Ensilage BC SC BC AC Préfané Mi-fané	$Y = 1,07X + 1,50MSv - 37,4$ $Y = 0,882X + 21,0$ $Y = 0,479X + 43,4$	$Y = 0,81X + 0,627MSv + 16,1$ $Y = 0,859X + 26,3$ $Y = 0,926X + 11,2$
	Foin Ventilé Sol, beau temps Sol < 10 jours	$Y = 0,587X + 35,0$ $Y = 0,796X + 14,7$ $Y = 0,839X + 18,7$	$Y = 0,963X - 1,0$ $Y = 0,963X - 1,0$ $Y = 0,963X - 6,0$
Luzerne	Ensilage BC SC BC AC Préfané Mi-fané	$Y = 1,07X + 1,50MSv - 37,4$ $Y = X$ $Y = 0,888X + 4,1$	$Y = 0,72X + 0,827MSv + 28,4$ $Y = X$ $Y = 0,874X + 10,0$
	Foin Ventilé Sol, beau temps Sol, pluie	$Y = 0,809X + 14,4$ $Y = 0,809X + 2,4$ $Y = 0,809X + 0,4$	$Y = 0,472X + 87,4$ $Y = 0,472X + 83,4$ $Y = 0,472X + 78,4$
Trèfle violet	Ensilage BC SC BC AC Mi-fané	$Y = 1,07X + 1,50MSv - 37,4$ $Y = 0,888X + 4,1$	$Y = 0,51X + 0,864MSv + 67,1$ $Y = 0,874X + 10,0$
	Foin Ventilé Sol	$Y = X - 12$ $Y = X - 3$	$Y = X - 16$ $Y = X - 13$
Mais	Ensilage	$Y = X$	$Y = 0,98X$

BC SC : brins courts sans conservateur ; BC AC : brins courts avec conservateur. BC SC et BC AC correspondent à des ensilages réalisés en coupe directe avec une teneur en MS inférieure à 25 %. MSv : teneur en matière sèche du fourrage vert à la mise en silo (en %).

Techniques de conservation	Cellulose brute (g/kg MS)	dMO (en %)	Ingestibilité (g MS/kg P ^{0,75})
Ensilage BC SC BC AC Préfané Mi-fané	$Y = 0,77X - 2,16MSv + 125$ $Y = 0,935X + 31,0$ $Y = 0,757X + 95,0$	$Y = 0,920X + 6,0^*$ $Y = 0,920X + 4,0$ $Y = 0,888X + 5,0$	$Y = 0,416X + 25,4$ $Y = 0,416X + 27,9$ $Y = X - 18$ $Y = 0,498 + 19,0$
Foin Ventilé Sol, beau temps Sol < 10 jours	$Y = 0,927X + 42,5$ $Y = 0,927X + 42,5$ $Y = 0,852X + 96,8$	$Y = 0,867X + 4,8$ $Y = 0,867X + 4,8$ $Y = 0,695X + 15,0$ si $X > 65$ $Y = 0,867X + 3,8$ si $X < 65$	$Y = 0,690X + 12,5$ $Y = 0,690X + 8,5$ $Y = 0,690X + 4,0$
Ensilage BC SC BC AC Préfané Mi-fané	$Y = 0,713X + 105$ $Y = 0,657X + 112$ $Y = 0,651X + 140$	$Y = 0,920X + 5,0^*$ $Y = 0,920X + 3,0$ $Y = 0,743X + 12,5$	$Y = 0,76X + 6,1$ $Y = 0,80X + 6,5$ $Y = 0,85X$ $Y = 0,497X + 25,7$
Foin Ventilé Sol, beau temps Sol, pluie	$Y = 0,670X + 127$ $Y = 0,670X + 150$ $Y = 0,670X + 193$	$Y = 0,659X + 18,1$ $Y = 0,659X + 17,0$ $Y = 0,659X + 12,1$	$Y = 0,42X + 34,4$ $Y = 0,42X + 30,4$ $Y = 0,42X + 25,4$
Ensilage BC SC BC AC Mi-fané	$Y = 0,83X - 1,96MSv + 92,2$ $Y = 0,651X + 140$	$Y = 0,920X - 3,0^*$ $Y = 0,743X + 12,5$	$Y = 0,76X + 6,1$ $Y = 0,80X + 6,5$ $Y = 0,497X + 25,7$
Foin Ventilé Sol	$Y = X + 38$ $Y = X + 48$	$Y = 0,659X + 16,9$ $Y = 0,415X + 29,7$	$Y = 0,96X - 3,5$ $Y = 0,96X - 3,5$
Ensilage	$Y = 1,05X$	$Y = X$	-

Pour les ensilages d'herbe BC SC et AC : $MS_{\text{ensilage}} (\%) = 0,652 MSv + 8,45 + \Delta$
($\Delta = -0,54$ pour graminées et prairies naturelles, $-0,26$ pour la luzerne et $+0,80$ pour le trèfle violet).

Pour les ensilages de maïs : $MS_{\text{ensilage}} (\%) = 0,865 MSv + 5,96$.

* La dMO des ensilages d'herbe dont le % de MS est inférieur à 21 doit être diminuée de 0,25 point par point de MS en dessous de 21.

- non disponible.

Tableau 8.6. Équations de prévision de la digestibilité de la matière organique (dMO en %) à partir des constituants chimiques des fourrages et des aliments (CB, MAT, ADF et NDF en g/kg de MS ; CBo, MATo, ADFo et ADLo en g/kg de MO).

Types d'aliments	N	Équations	R ²	ETR
Fourrages verts	Prairies permanentes	dMO = 90,1 – 0,095CB + 0,044MAT	0,73	3,1
		dMO = 99,0 – 0,115ADF + 0,043MAT	0,73	3,0
	Graminées	dMO = 90,8 – 0,091CB + 0,035MAT	0,60	4,0
		dMO = 94,3 – 0,094ADF + 0,033MAT	0,63	3,8
	Légumineuses	dMO = 95,5 – 0,101CB	0,71	3,5
Maïs ^a	254	dMO = 114,5 – 0,152ADF	0,65	3,9
		dMO = 79,4 – 0,059CBo + 0,065MATo	0,40	2,0
Ensilages ^b	Prairies permanentes	dMO = 105,1 – 0,123CB	0,67	2,5
		dMO = 116,5 – 0,148ADF	0,67	2,5
	Graminées	dMO = 114,5 – 0,153CB	0,52	3,8
		dMO = 123,6 – 0,169ADF	0,62	3,4
Légumineuses	17	dMO = 96,2 – 0,102CB	0,78	1,8
		dMO = 134,2 – 0,211ADF	0,79	1,8
Foins ^b	Prairies permanentes	dMO = 56,5 – 0,022CB + 0,104MAT	0,74	2,6
		dMO = 58,5 – 0,026ADF + 0,104MAT	0,74	2,6
	Graminées	dMO = 93,2 – 0,104CB + 0,025MAT	0,64	3,1
		dMO = 104,9 – 0,127ADF + 0,014MAT	0,72	2,7
Légumineuses	20	dMO = 78,9 – 0,059CB	0,71	2,2
		dMO = 98,5 – 0,114ADF	0,78	1,9
Fourrages déshydratés	Graminées Luzerne	dMO = 74,1 – 0,1364 (ADF – 298,3)	0,64	3,6
		dMO = 65,9 – 0,0919 (ADF – 298,3)		
Céréales et co-produits de céréales	124	dMO = 95,8 – 0,191CB + Δ Δ = – 2,54 tous sauf co-produits du maïs Δ = + 2,54 co-produits du maïs	0,86	3,7
Tourteaux de colza, tournesol, coton, coprah et palmiste ; graines de coton	29	dMO = 97,51 – 0,1498CB	0,62	6,5
Tourteaux d'arachide et de soja ; graines de légumineuses	46	dMO = 87,75 – 0,0314CB + Δ Δ = – 4,36 graines de soja Δ = – 1,86 tourteaux d'arachide Δ = + 6,22 tourteaux de soja et autres graines de légumineuses	0,55	3,8
Pulpes Betteraves Agrumes	34	dMO = 87,2 – 0,0951 (CB – 163,9) dMO = 84,1 – 0,1374 (CB – 163,9)	0,74	2,0
Manioc, mélasse, vinasse et pommes de terre	5	dMO = 97,81 – 0,112NDF	0,96	2,6
Aliments concentrés composés	83	dMO = 87,9 – 0,258ADLo	0,66	2,8
		dMO = 88,2 – 0,0031ADFo – 0,253ADLo	0,66	2,8

^a Équation applicable également pour le maïs déshydraté en plante entière.

^b Équation calculée sur les valeurs des fourrages des tables.

Tableau 8.7. Équations de prévision de la digestibilité de la matière organique (dMO en %) à partir de la digestibilité pepsine-cellulase (DcellMS en % de la MS et DcellMO en % de la MO ; MATo en g/kg de MO).

Types d'aliments	N	Équations	R ²	ETR
Fourrages verts				
Graminées et prairies permanentes	177	dMO = 0,630DcellMS + 29,7	0,78	2,9
Graminées – trèfle blanc	60	dMO = 0,630DcellMS + 26,4		
Légumineuses	32	dMO = 0,949DcellMS + 3,0	0,86	2,2
Maïs*	254	dMO = 0,550DcellMS + 0,0732MATo + 28,5	0,45	1,9
Ensilages				
Graminées et prairies permanentes	39	dMO = 0,459DcellMS + 40,5	0,83	1,7
Légumineuses	25	dMO = 0,459DcellMS + 34,0		
Foins				
Graminées et prairies permanentes	37	dMO = 0,626DcellMS + 26,8	0,77	2,6
Légumineuses	14	dMO = 0,626DcelMS + 20,3		
Luzernes déshydratées	48	dMO = 0,896DcellMS – 0,99	0,81	2,1
Aliments concentrés simples	24	dMO = 0,699DcellMO + 22,6	0,96	3,2
Aliments concentrés composés	83	dMO = 0,648DcellMO + 26,5	0,74	2,4

* Équation applicable également pour le maïs déshydraté en plante entière.

Tableau 8.8. Équations utilisées pour calculer la teneur en énergie brute des aliments (EB en kcal/kg de MO) à partir de leurs constituants (en g/kg de MO).

Type d'aliment	N	Équations	R ²	ETR
Fourrages verts et foin Graminées, prairies permanentes, légumineuses et céréales immatures	166	EB = 4 531 + 1,735MAT + Δ Δ = - 71 fourrages verts de graminées Δ = - 11 fourrages verts de trèfle violet, de sainfoin, de prairie permanente de montagne ; foin de prairies temporaires ; céréales immatures en vert Δ = + 82 fourrages verts de luzerne et de prairie permanente de plaine ; foin de prairies permanentes de plaine et de montagne	0,89	38
Fourrages verts Sorgho Maïs ^a	8 59	EB = 4 478 + 1,265MAT EB = 4 487 + 2,019MAT	0,81 0,33	37 25
Ensilages d'herbe Brins courts coupe directe Préfanés MI-fanés	40	EB = 3 910 + 2,450MAT + 169,6pH EB = 1,03 × EBvert EB = EBvert	0,59	84
Ensilages de maïs		EB = 1,02 × EBvert si MS < 30 % EB = EBvert + 25 si MS > 30 %		
Luzernes déshydratées	27	EB = 4 618 + 2,051MAT	0,41	64
Aliments concentrés simples	> 2 000	EB = 4 134 + 1,473MAT + 5,239MG + 0,925CB - 4,44MM + Δ ^b		
Aliments concentrés composés	83	EB = 5,7MAT + 9,57MG + 4,24(MO - MAT - MG)	0,83	67

^a Équation applicable également pour le maïs déshydraté en plante entière.

^b Dans cette équation, les valeurs sont exprimées en g/kg MS. Pour les valeurs de Δ par groupe de matières premières, se reporter à G. Tran et D. Sauvant (2002) p. 22 in Sauvant D., Perez J.-M., Tran G. (éds.), 2002. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. Paris, Inra-AFZ, 301 p.

Tableau 8.9. Équations utilisées pour calculer la digestibilité de l'énergie des aliments (dE en %) à partir de la dMO (en %) pour les fourrages et à partir de la dMO et de la composition chimique pour les aliments concentrés (en g/kg MS).

Type d'aliment	N	Équations	R ²	ETR
Fourrages verts				
Graminées et légumineuses	59	$dE = 0,957dMO - 0,068$	0,99	0,6
Maïs	37	$dE = 0,997dMO - 2,35$	0,996	0,2
Ensilages				
Graminées et légumineuses	19	$dE = 1,0263dMO - 5,723$	0,98	0,8
Maïs ^a	27	$dE = 1,001dMO - 2,86$	0,96	0,7
Foins et ensilages mi-fanés				
Graminées et légumineuses	31	$dE = 0,985dMO - 2,556$	0,97	0,6
Pailles (normales ou traitées ^b)	48	$dE = 0,985dMO - 2,949$	0,99	0,8
Luzernes déshydratées	31	$dE = 1,003dMO - 3,00$	0,97	0,9
Aliments concentrés				
	183	$dE = dMO - 3,94 + 0,0104MAT$ $+ 0,0149MG + 0,0022NDF - 0,0244MM$	0,46	1,5
	216	$dE = dMO - 3,50 + 0,0046MAT$ $+ 0,0155MG$	0,24	1,8
	250	$dE = dMO - 2,90 + 0,0051MAT$	0,12	2,0

^a Équation applicable également pour le maïs déshydraté en plante entière.

^b Traitements à la soude ou à l'ammoniac.

Tableau 8.10. Équations utilisées pour estimer la DT (%) et la dr (%) des fourrages à base d’herbe en fonction des teneurs en MAT (g/kg MS), de la teneur en MS (%) pour les ensilages, et des caractéristiques des fourrages.

Estimation des valeurs de DT	N	Équations	R ²	ETR
Fourrages verts	375	$DT_{FV} = 51,2 + 0,14MAT_{FV} - 0,00017MAT_{FV}^2 + \Delta_{FV}$	0,87	3,5
Ensilages et foins : estimation à partir de la connaissance du fourrage vert correspondant				
Ensilages sans conservateur ^a	32	$DT = 46,5 + 0,56DT_{FV} - 0,25MS_{Ensilage}$	0,53	4,2
Ensilages avec conservateur	16	$DT = 0,96DT_{Ensilage \text{ sans conservateur}}$	0,83	1,8
Foins	29	$DT = 17,08 + 0,68DT_{FV}$	0,71	3,6
Ensilages et foins : estimation à partir de leur composition ^b				
Ensilages sans conservateur ^a		$DT = 73,7 + 0,088MAT - 0,00011MAT^2 - 0,25MS + \Delta_{Ensilage}$		
Ensilages avec conservateur		$DT = 0,96DT_{Ensilage \text{ sans conservateur}}$		
Foins		$DT = 50,8 + 0,12MAT - 0,00018MAT^2 + \Delta_{Foin}$		
Valeurs de Δ				
Graminées 1 ^{er} cycle		Δ_{FV}	$\Delta_{Ensilage}$	Δ_{Foin}
Graminées autres cycles		8,8	4,9	6,2
Légumineuses		4,6	2,5	3,2
Prairies permanentes 1 ^{er} cycle		6,8	4,2	5,0
Prairies permanentes autres cycles		4,4	2,5	1,9
		0,0	0,0	0,0
Estimation des valeurs de dr :				
$dr = 100 \times [1,11 \times (1 - DT / 100) \times MAT - PANDII / 11 \times (1 - DT / 100) \times MAT]$				
avec $PANDI = 7,9 + 0,08MAT - 0,00033MAT^2 + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$ (N = 63 ; R ² = 0,50 ; ETR = 2,1)				
et $\Delta_1 = -1,9$ au 1 ^{er} cycle et 0 pour les autres cycles				
$\Delta_2 = -2,3$ pour les graminées et prairies permanentes et 0 pour les légumineuses				
$\Delta_3 = -2,0$ pour les fourrages verts et 0 pour les fourrages conservés.				

^a Du fait de la prise en compte de la matière sèche de l’ensilage, ces équations s’appliquent pour tous les types d’ensilages (brins courts en coupe directe, préfanés et mi-fanés).

^b Équations calculées sur les valeurs des tables.

Tableau 8.11. Valeurs de DT et de dr (en %) retenues pour les autres fourrages.

Fourrages	DT	dr
Pailles, cannes et spathes	60	70
Ensilages		
Maïs plante entière	72	70
Cannes de maïs	78	60
Épis de maïs	55	90
Blé immature	72	70
Orge immature	72	70
Féverole avec conservateur	70	55
Pois avec conservateur	70	60
Tournesol sans conservateur	70	70
Choux sans conservateur	70	65
Betteraves, endives, navets	85	65
Carottes	85	60
Manioc	75	95
Pommes de terre	65	60
Rutabagas et topinambours	85	95
Pulpes de betteraves ensilées	60	65
Feuilles et collets de betteraves	75	70
Pulpes de pommes de terre	65	95

Tableau 8.12. Équations de prévision de la DT (%) et des valeurs PDI (g/kg) des matières premières et des aliments concentrés composés à partir de la dégradabilité enzymatique DE1 (%) (Aufrère *et al.*, 1989^a).

Matières premières	N	R ²	ETR
DT = 0,36 DE1 + 47,9 + Δ	97	0,97	3,0
Maïs – corn gluten meal			
Δ			
– 18,5			
Tourteaux de colza + soja tannés			
– 16,6			
Tourteaux de colza traités			
– 8,5			
Pulpes de betteraves – pellicules de soja et de colza			
– 4,2			
Luzerne déshydratée			
+ 2,6			
Tourteaux de soja – tourteaux d’arachide			
+ 3,6			
Féverole ou lupin extrudé			
+ 5,7			
Tourteaux de tournesol			
+ 8,5			
Céréales (sauf maïs) – son – corn gluten feed			
+ 11,0			
Tourteaux de colza			
+ 14,5			
Pois – lupin – féverole – graines de soja			
+ 15,4			
Matières premières n’appartenant pas aux classes ci-dessus			
DT = 1,48DE1 – 0,0076 DE1 ² + 21,1	97	0,88	6,0
PDIA = 0,359 MANDE1 + 0,00060 MANDE1 ²	97	0,98	20,7
PDIN = 0,576 MAT + 0,087 MANDE1 + 0,00028 MANDE1 ²	97	0,99	9,6
PDIE = 70,4 + 0,285 MANDE1 + 0,00063 MANDE1 ²	97	0,95	20,0
PDIE = 0,321 MANDE1 + 0,00056 MANDE1 ² + 0,088 MOD	97	0,99	18,3
PDIE = 20,9 + 0,291 MANDE1 + 0,00060 MANDE1 ² + 0,069 MOD – 0,90 MG	97	0,96	18,0
Aliments concentrés composés			
DT = 0,87DE1 + 34,5	49	0,91	2,5
PDIA = – 0,211MAT + 0,84 MANDE1	49	0,99	7,7
PDIN = 0,507 MAT + 0,278 MANDE1	49	0,96	3,4
PDIE = 67,1 – 0,220MAT + 0,802MANDE1	49	0,96	8,8
PDIE = – 0,199MAT + 0,766MANDE1 + 0,090MOD	49	0,99	7,8
PDIE = – 0,190MAT + 0,751MANDE1 + 0,096MOD – 0,13MG	49	0,99	7,1

avec MANDE1 = MAT (1 – DE1/100).

^a Voir note 23, p. 159.

Tableau 8.13. Équations utilisées pour estimer l’ingestibilité des fourrages à base d’herbe chez les bovins, en vert, foin et ensilage (QIB_V, QIB_F, QIB_E), et chez la vache laitière, en vert, foin et ensilage (QIL_V, QIL_F, QIL_E) à partir de l’ingestibilité du fourrage vert correspondant mesurée chez le mouton (QIM_V).

	Ingestibilité bovin	Ingestibilité vache laitière
Fourrages verts	$QIB_V = 22,4 + 0,969QIM_V$	$QIL_V = 78,0 + 0,826QIM_V$
Foins		
Ventilés et fanés au sol par beau temps	$QIB_F = QIB_V$	$QIL_F = QIL_V$
Fanés au sol (< 10 jours)	$QIB_F = 5,2 + 0,865QIB_V$	$QIL_F = 11,4 + 0,865QIL_V$
Ensilages		
Directs, brins courts sans conservateur	$QIB_E = QIB_V [1 - 0,0158 \times (32 - MS)]$	$QIL_E = QIL_V [1 - 0,0107 \times (32 - MS)]$
Directs, brins courts avec conservateur	$QIB_E = QIB_V [1 - 0,0127 \times (27 - MS)]$	$QIL_E = QIL_V [1 - 0,0086 \times (27 - MS)]$
Préfanés	$QIB_E = 0,95 \times QIB_V$	$QIL_E = 0,965 \times QIL_V$
Mi-fanés	$QIB_E = 0,93 \times QIB_V$	$QIL_E = 0,953 \times QIL_V$

avec MS teneur en matières sèches en %.

Tableau 8.14. Équations de prévisions de l'ingestibilité des fourrages à partir de la dMO (%) des MAT (g/kg de MS) et de la MS (%) selon les cas.

	Équations	R ²	ETR
<i>Fourrages verts</i> (N = 217)	QIM = - 16,0 + 0,806dMO + 0,115MAT + 0,686MS + Δ _M	0,72	5,69
	QIL = 66,3 + 0,655dMO + 0,098MAT + 0,626MS + Δ _L	0,67	5,10
	QIB = 6,44 + 0,782dMO + 0,112MAT + 0,679MS + Δ _B	0,72	5,51
Valeurs de Δ	Δ _M Δ _L Δ _B		
Prairies permanentes	0 0 0		
Graminées	- 1,7 - 3,7 - 1,6		
Légumineuses	+ 4,2 + 1,0 + 4,1		

	Équations	R ²	ETR
<i>Ensilages d'herbe</i> (N = 170)	QIM = 20,1 + 0,306dMO + 0,078MAT + Δ1 _M + Δ2 _M	0,83	3,12
	QIL = 99,3 + 0,167dMO + 0,128MAT + Δ1 _L + Δ2 _L	0,74	4,02
	QIB = 47,0 + 0,228dMO + 0,148MAT + Δ1 _B + Δ2 _B	0,73	4,53
Valeurs de Δ1	Δ1 _M Δ1 _L Δ1 _B		
Prairies permanentes	0 0 0		
Graminées	+ 0,8 - 1,4 - 1,9		
Légumineuses	+ 13,4 + 2,8 + 2,8		
Valeurs de Δ2	Δ2 _M Δ2 _L Δ2 _B		
BC SC*	+ 0,3 - 10,1 - 9,9		
BC AC*	+ 3,0 - 0,8 - 0,9		
Préfané	- 3,7 + 1,6 + 1,9		
Mi-fané	0 0 0		

	Équations	R ²	ETR
<i>Foins</i> (N = 148)	QIM = 11,8 + 0,432dMO + 0,100MAT + Δ1 _M + Δ2 _M	0,70	5,26
	QIL = 82,4 + 0,491dMO + 0,114MAT + Δ1 _L + Δ2 _L	0,65	5,52
	QIB = 30,3 + 0,559dMO + 0,132MAT + Δ1 _B + Δ2 _B	0,66	6,10
Valeurs de Δ1	Δ1 _M Δ1 _L Δ1 _B		
Prairies permanentes	0 0 0		
Graminées	- 0,8 - 0,9 - 1,4		
Légumineuses	+ 9,4 + 2,6 + 3,4		
Valeurs de Δ2	Δ2 _M Δ2 _L Δ2 _B		
Ventilé	+ 6,7 + 6,6 + 6,6		
Fané au sol beau temps	+ 2,9 + 5,5 + 5,2		
Fané au sol (< 10 jours)	0 0 0		

	Équations	R ²	ETR
<i>Ensilages de maïs</i> (N = 71)	QIM = - 1 701 + 48,92dMO - 0,34dMO ²	0,52	9,51
	QIL = - 76,4 + 2,39dMO + 1,44MS		
	QIB = - 45,49 + 1,34dMO + 1,15MS		

* BC SC : brins courts sans conservateur ; BC AC : brins courts avec conservateur. BC SC et BC AC correspondent à des ensilages réalisés en coupe directe avec une teneur en MS inférieure à 25 %.

Tableau 8.15. Équations utilisées pour estimer les teneurs en P et Ca (en g/kg de MS) des fourrages verts (Y dans les équations) à partir des valeurs des tables de 1988 (X dans les équations).

Fourrages	Élément	Équations	R ²	ETR
Prairie permanente de plaine	Phosphore	$Y = 0,33 X + 2,65$	0,75	0,13
	Calcium	$Y = 0,86 X$	0,98	0,8
Prairie permanente de demi-montagne	Phosphore	$Y = 0,59 X$	0,90	0,5
	Calcium	$Y = 0,64 X$	0,96	1,0
Graminées	Phosphore	$Y = 0,7 X + 0,55$	0,98	0,09
	Calcium	$Y = 0,95 X$	0,96	0,8
Légumineuses*	Phosphore	$Y = 0,7 X + 0,55$	0,98	0,09
	Calcium	$Y = 0,975 X$	0,96	1,6

* Ces équations ont également été appliquées aux protéagineux, composées et crucifères.

Tableau 8.16. Équations de passage des teneurs (en g/kg MS) en phosphore et en calcium des fourrages verts (X dans les équations) à celles des fourrages conservés (Y dans les équations).

Élément	Fourrages	Équations	R ²	ETR
Phosphore	Foins	$Y = 0,71 X + 0,53$	0,66	0,34
	Ensilages	$Y = 1,84 X - 0,21 X^2 - 0,79$	0,67	0,20
Calcium	Graminées			
	Foins	$Y = 0,82 X$	0,97	0,58
	Ensilages	$Y = 1,30 X - 0,97$	0,83	0,44
	Légumineuses			
	Foins	$Y = 0,78 X$	0,96	2,66
	Ensilages	$Y = 0,46 X + 5,38$	0,35	2,00

Tableau 8.17. Coefficients d'absorption réelle (CAR) du phosphore et du calcium des fourrages retenus pour le calcul des teneurs en phosphore et calcium absorbable.

	CAR du phosphore			CAR du calcium Vert ou conservé
	Vert	Ensilage	Foin	
Prairies permanentes	0,70	0,60	0,65	0,35
Graminées				
Ray-grass anglais et italien	0,60	0,60	0,65	0,40
Autres graminées	0,70	0,60	0,65	0,40
Céréales fourragères				
Maïs	0,70	0,70		0,40
Autres céréales	0,66	0,66		0,40
Légumineuses				
Luzerne	0,70	0,65	0,60	0,30
Trèfle	0,70	0,65	0,60	0,30
Autres légumineuses	0,70			0,30
Protéagineux	0,70	0,65		0,30
Composées	0,70	0,65		0,30
Crucifères	0,70	0,65		0,30

Tableau 8.18. Valeurs retenues pour les coefficients d'absorption réelle (CAR) du phosphore et du calcium pour les principales familles de matières premières ou d'aliments concentrés utilisées pour les ruminants.

Aliment	CAR du phosphore (%)	CAR du calcium (%)
Céréales	75	55
Blé	72	55
Orge	76	55
Tourteaux	68	55
Arachide	65	55
Colza	71	55
Coton	63	55
Lin	67	55
Soja	70	55
Tournesol	65	55
Divers	*	*
Luzerne déshydratée	70	30
Son de riz	64	55
Drèches de brasserie	78	55
Gluten de maïs	68	55
Pulpes de betteraves ou d'agrumes	90	20
Graines de coton	74	55

En caractères gras : moyenne de la famille.

* Famille trop hétérogène pour indiquer une valeur moyenne.

Les tables de la valeur des aliments

R. BAUMONT, J.-P. DULPHY, D. SAUVANT, G. TRAN, F. MESCHY,
J. AUFRÈRE, J.-L. PEYRAUD, P. CHAMPCIAUX

Les tables des fourrages reprennent celles de 1988¹ et intègrent l'ensemble des modifications et des compléments présentés dans le chapitre précédent ; celles des matières premières et des co-produits reprennent les valeurs des tables Inra-AFZ² pour les ruminants, les valeurs chimiques ayant été établies à partir des données de la Banque de données de l'alimentation animale de l'AFZ.

Classement des aliments

Types d'aliments		Code	Numéros	Page
Fourrages	Fourrages verts	FV		
	Prairies permanentes		FV0010 à FV0280	184
	Graminées fourragères		FV0290 à FV1750	186
	Céréales plante entière		FV1760 à FV2080	202
	Légumineuses fourragères		FV2090 à FV2580	206
	Protéagineux		FV2590 à FV2730	212
	Composées		FV2740 à FV2830	214
	Crucifères		FV2840 à FV2940	214
	Ensilages	FE		
	Prairies permanentes		FE0010 à FE1000	218
	Graminées fourragères		FE1010 à FE4690	220
	Céréales plante entière		FE4700 à FE4800	232
	Légumineuses fourragères		FE4810 à FE5550	234
	Protéagineux		FE5560 à FE5570	236
	Composées		FE5580	236
	Crucifères		FE5590	238
	Foins	FF		
	Prairies permanentes		FF0010 à FF0870	240
	Graminées fourragères		FF0910 à FF3100	246
	Légumineuses fourragères		FF3220 à FF3680	254
	Pailles, fourrages lignifiés	FP		FP0020 à FP0210
Racines, tubercules	FR		FR0010 à FR0120	260
Matières premières concentrées				
Déshydratés et agglomérés	CD		CD0020 à CD0110	262
Céréales	CC		CC0010 à CC0120	262
Coproduits de céréales	CS		CS0010 à CS0240	264
Graines	CN		CN0010 à CN0150	266
Tourteaux	CX		CX0010 à CX0170	266
Autres produits d'origine végétale	CF		CF0010 à CF0240	268
Coproduits	CA		CA0010 à CA0050	270
Graisses	CG		CG0010 à CG0030	272
Aliments traités	CT		CT0010 à CT0310	272
Produits divers	CV		CV0010	274

1. Andrieu J., Demarquilly C., Sauvant D., 1988. Tables de la valeur nutritive des aliments. In Jarrige R. (éd.), *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Paris, Inra Éditions, 351-464.

2. Sauvant D., Perez J.-M., Tran G. (éds.), 2002. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. Inra-AFZ, 301 p.

Signification des abréviations

MS	teneur en matière sèche de l'aliment (%).
UFL	valeur énergétique nette exprimée en « unité fourragère lait » (UFL/kg).
UFV	valeur énergétique nette exprimée en « unité fourragère viande » (UFV/kg).
PDIA	protéines digestibles dans l'intestin (PDI) d'origine alimentaire (g/kg).
PDIN	PDIA + protéines microbiennes digestibles dans l'intestin correspondant à l'azote de l'aliment dégradé dans le rumen (g/kg).
PDIE	PDIA + protéines microbiennes digestibles dans l'intestin correspondant à l'énergie de l'aliment dégradé dans le rumen (g/kg).
LysDI	teneur en lysine digestible dans l'intestin (% des PDIE).
MetDI	teneur en méthionine digestible dans l'intestin (% des PDIE).
UEM	valeur d'encombrement du fourrage exprimée en « unité d'encombrement » pour le mouton (UEM/kg).
UEL	valeur d'encombrement du fourrage exprimée en « unité d'encombrement » pour la vache laitière (UEL/kg).
UEB	valeur d'encombrement du fourrage exprimée en « unité d'encombrement » pour les autres bovins (UEB/kg).
MO	teneur en matière organique (g/kg).
MAT	teneur en matières azotées totales ($N \times 6,25$) (g/kg).
CB	teneur en cellulose brute Weende (g/kg).
NDF	teneur en « <i>neutral detergent fibre</i> » (parois totales) (g/kg).
ADF	teneur en « <i>acid detergent fibre</i> » (lignocellulose) (g/kg).
ADL	teneur en « <i>acid detergent lignin</i> » (lignine) (g/kg).
MG	teneur en matières grasses dosées par l'extrait éthéré (g/kg).
Amidon	teneur en amidon (g/kg).
dMO, dMA, dCB, dNDF, dADF, dE	coefficients de digestibilité de la MO, MAT, CB, NDF, ADF, énergie (%).
P, P _{abs}	teneurs en phosphore total et en phosphore absorbable (g/kg).
Ca, Ca _{abs}	teneurs en calcium total et en calcium absorbable (g/kg).
Mg	teneur en magnésium (g/kg).
EB	teneur en énergie brute (kcal/kg).
ED	teneur en énergie digestible (kcal/kg).
EM	teneur en énergie métabolisable (kcal/kg).

Définition des stades de végétation des fourrages

Graminées fourragères et prairies permanentes au premier cycle de végétation

Stade « feuillu » : la base de l'épi de la graminée, ou des graminées les plus représentatives (prairies permanentes), est située dans la gaine à une hauteur inférieure à 7 cm au-dessus du plateau de tallage.

Stade « épi à 10 cm » ou stade « pâturage » (prairies permanentes) : la base de l'épi est située dans la gaine à une hauteur comprise entre 7 et 10 cm au-dessus du plateau de tallage.

Stade « début épiaison » : apparition des épis hors de la gaine ; en pratique, de 5 à 10 % des plantes examinées sur une ligne de 1 mètre ont leurs épis sortis de la gaine.

Stade « épiaison » : 50 % des plantes examinées sur une ligne de 1 mètre ont leurs épis sortis de la gaine.

Stade « fin épiaison » : 90 % des plantes examinées sur une ligne de 1 mètre ont leurs épis sortis de la gaine.

Stade « début floraison » : de 5 à 10 % des plantes ont leurs étamines sorties.

Stade « fin floraison » : la majeure partie des plantes ont leurs étamines sorties.

Céréales plante entière

Stade « montaison » : absence totale d'épis sortis de la gaine.

Stade « floraison » : soies (maïs) ou étamines (autres céréales) visibles sur 50 % des plantes.

Stade « laiteux » : le grain a pris sa forme définitive et est rempli d'un liquide laiteux.

Stade « pâteux » : le grain est coloré, s'écrase facilement sous la pression des doigts et son contenu est pâteux.

Stade « vitreux » : le grain a un aspect corné ; il est ferme bien qu'on puisse encore le rayer à l'ongle.

Légumineuses fourragères

Stade « végétatif » : absence totale de boutons floraux.

Stade « début bourgeonnement » : apparition des boutons floraux ; en pratique de 5 à 10 % des tiges examinées sur une ligne de 1 mètre ont des boutons floraux à leur extrémité.

Stade « bourgeonnement » : 50 % des tiges examinées sur une ligne de 1 mètre ont des boutons floraux à leur extrémité.

Stade « début floraison » : de 5 à 10 % des tiges examinées sur une ligne de 1 mètre ont au moins une fleur épanouie.

Formation des gousses (féveroles) : apparition des fructifications et début de la formation de la graine.

Stade « maturité de la graine » : la graine, bien ferme, devient difficile à couper avec l'ongle.

Tableaux de la valeur des aliments

Code INRA	FOURRAGE VERT	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

PRAIRIE PERMANENTE, PLAINE (NORMANDIE)**1er cycle (a)**

FV0010	25/04, déprimage ST=172°C	15,5	1,01 0,16	0,98 0,15	49 8	143 22	106 16	6,86	1,99
FV0020	10/05, pâturage ST=298°C	16,6	0,97 0,16	0,92 0,15	43 7	114 19	99 16	6,92	1,99
FV0030	25/05, début épiaison ST=470°C	17,2	0,89 0,15	0,83 0,14	36 6	88 15	91 16	7,18	1,91
FV0040	10/06, épiaison ST=685°C	20,2	0,79 0,16	0,72 0,15	31 6	72 15	82 17	7,22	1,92
FV0050	25/06, floraison ST=903°C	19,2	0,70 0,13	0,60 0,12	27 5	61 12	74 14	7,24	1,93
FV0060	10/07, fin floraison ST=1142°C	22,7	0,60 0,14	0,50 0,11	28 6	63 14	70 16	7,19	1,91

2e cycle après déprimage

FV0070	Repousses à tiges de 5 semaines	17,1	0,89 0,15	0,83 0,14	45 8	103 18	99 17	6,87	1,99
FV0080	Repousses à tiges de 7 semaines	19,0	0,83 0,16	0,76 0,14	35 7	73 14	87 17	7,18	1,91
FV0090	Repousses à tiges de 9 semaines	22,1	0,74 0,16	0,66 0,15	34 7	70 15	81 18	7,17	1,90

2e cycle après coupe épiaison

FV0100	Repousses feuillues de 5 semaines	18,4	0,93 0,17	0,87 0,16	58 11	145 27	112 21	6,76	1,97
FV0110	Repousses feuillues de 7 semaines	18,8	0,88 0,17	0,82 0,15	46 9	104 20	99 19	6,87	1,99
FV0120	Repousses feuillues de 9 semaines	19,8	0,84 0,17	0,78 0,15	39 8	86 17	92 18	7,14	1,89

3e cycle

FV0130	Repousses feuillues de 6 semaines	15,7	0,90 0,14	0,84 0,13	55 9	135 21	108 17	6,77	1,98
FV0140	Repousses feuillues de 8 semaines	16,9	0,88 0,15	0,82 0,14	50 9	120 20	103 17	6,81	1,98

PRAIRIE PERMANENTE, DEMI-MONTAGNE (AUVERGNE)**1er cycle**

FV0150	10/05, déprimage	14,0	1,04 0,15	1,01 0,14	48 7	139 19	108 15	6,89	1,99
FV0160	25/05, pâturage	16,7	0,99 0,17	0,96 0,16	42 7	110 18	101 17	6,96	2,00
FV0170	10/06, début épiaison	16,2	0,89 0,14	0,83 0,13	39 6	99 16	95 15	7,16	1,90
FV0180	25/06, épiaison	20,4	0,79 0,16	0,71 0,14	32 6	74 15	83 17	7,21	1,92
FV0190	10/07, floraison	21,7	0,67 0,15	0,58 0,13	27 6	61 13	73 16	7,23	1,93

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) ST = Somme cumulée des températures au-dessus de 0°C depuis le 1^{er} avril.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques						Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %						g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM	
FV0010	0,80	0,90	0,84	870 80	215 79	215 82	499 81	256 81	4,1 2,9	6,5 2,3	4386 76	2790	
FV0020	0,95	0,98	0,96	889 77	172 73	244 78	525 77	280 77	4,0 2,8	6,0 2,1	4399 74	2684	
FV0030	1,05	1,02	1,04	906 72	133 65	272 73	550 70	303 70	3,8 2,7	5,6 2,0	4410 69	2514	
FV0040	1,28	1,11	1,20	921 66	109 61	313 65	587 63	336 63	3,6 2,5	5,2 1,8	4438 63	2293	
FV0050	1,44	1,16	1,31	922 60	92 52	335 52	606 56	354 55	3,6 2,5	4,7 1,7	4413 57	2060	
FV0060	1,58	1,20	1,39	914 54	95 54	335 57	606 47	354 46	3,6 2,5	4,7 1,7	4381 52	1826	
FV0070	0,99	1,00	0,99	902 72	153 68	261 70	540 70	294 69	3,8 2,7	6,0 2,1	4426 69	2520	
FV0080	1,21	1,08	1,15	921 68	110 61	318 67	591 66	340 66	3,6 2,5	5,6 2,0	4439 65	2371	
FV0090	1,28	1,11	1,20	913 63	105 59	310 64	584 59	334 58	3,6 2,5	5,2 1,8	4394 60	2164	
FV0100	0,90	0,95	0,92	897 74	215 77	267 76	545 73	299 73	4,0 2,8	6,9 2,4	4511 71	2612	
FV0110	1,04	1,02	1,03	903 72	155 70	272 70	550 70	303 70	3,8 2,7	6,9 2,4	4434 69	2513	
FV0120	1,09	1,04	1,07	902 70	128 63	272 69	550 67	303 66	3,8 2,7	6,5 2,3	4383 67	2422	
FV0130	0,94	0,97	0,95	895 73	201 76	269 74	547 72	300 71	4,0 2,8	6,0 2,1	4477 70	2556	
FV0140	1,09	1,04	1,07	876 74	178 72	248 71	528 72	283 71	4,0 2,8	5,6 2,0	4350 71	2513	
FV0150	0,83	0,92	0,87	892 81	210 79	180 82	467 81	228 81	3,0 2,1	5,1 1,8	4396 77	2854	
FV0160	0,91	0,96	0,93	905 79	166 73	224 78	485 79	247 78	2,7 1,9	5,1 1,8	4379 76	2771	
FV0170	1,12	1,05	1,09	917 73	149 68	262 73	530 71	287 70	2,4 1,7	4,8 1,7	4403 70	2534	
FV0180	1,20	1,08	1,14	928 66	111 63	304 65	583 63	331 62	1,8 1,2	4,5 1,6	4387 63	2277	
FV0190	1,39	1,14	1,27	917 59	92 58	323 55	595 54	344 52	1,5 1,0	3,5 1,2	4304 56	1979	

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

PRAIRIE PERMANENTE, DEMI-MONTAGNE (AUVERGNE)**2e cycle après coupe épiaison**

FV0200	Repousses feuillues de 6 semaines	18,5	0,90 0,17	0,85 0,16	57 10	141 26	111 21	6,77	1,98
FV0210	Repousses feuillues de 8 semaines	19,7	0,87 0,17	0,81 0,16	49 10	114 22	102 20	6,83	1,98

3e cycle

FV0220	Repousses feuillues de 7 semaines	19,6	0,88 0,17	0,82 0,16	51 10	120 24	104 20	6,81	1,98
--------	-----------------------------------	------	--------------	--------------	----------	-----------	-----------	------	------

PRAIRIE PERMANENTE, MONTAGNE (ALPES NORD) (a)**À base de graminées**

FV0230	1er cycle Épiaison du dactyle (b)	21,0	0,77 0,16	0,69 0,14	33 7	78 16	83 17	7,14	1,90
FV0240	1er cycle Fructification du dactyle (c)	30,0	0,61 0,18	0,51 0,15	23 7	50 15	66 20	7,25	1,93
FV0250	2e cycle Repousses feuillues de 6 semaines	26,0	0,79 0,21	0,71 0,18	43 11	96 25	92 24	7,08	1,88

À base de dicotylédones

FV0260	1er cycle Épiaison du dactyle (b)	18,0	0,78 0,14	0,70 0,13	35 6	84 15	84 15	7,11	1,89
FV0270	1er cycle Fructification du dactyle (c)	22,0	0,69 0,15	0,61 0,13	25 6	56 12	64 14	7,17	1,91
FV0280	2e cycle Repousses feuillues de 6 semaines	22,0	0,79 0,17	0,72 0,16	44 10	99 22	93 21	7,07	1,87

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS D'ITALIE, ALTERNATIF*(Lolium multiflorum)***Année de semis**

FV0290	1er cycle Épi à 10 cm du sol	12,3	0,98 0,12	0,95 0,12	40 5	147 18	98 12	7,47	2,02
FV0300	1er cycle Début épiaison	12,1	0,87 0,11	0,82 0,10	38 5	132 16	91 11	7,46	2,02
FV0310	1er cycle Début floraison	18,3	0,81 0,15	0,75 0,14	26 5	72 13	79 14	7,57	2,05
FV0320	2e cycle après coupe épiaison Repousses à tiges de 5 semaines	16,4	0,77 0,13	0,71 0,12	39 6	107 17	88 14	7,44	2,02
FV0330	2e cycle après coupe épiaison Repousses à tiges de 6 semaines	16,5	0,71 0,12	0,63 0,10	34 6	88 15	80 13	7,45	2,02
FV0340	3e cycle Repousses à tiges de 6 semaines	15,7	0,80 0,13	0,75 0,12	39 6	105 16	88 14	7,44	2,02
FV0350	4e cycle Repousses à tiges de 6 semaines	13,9	0,82 0,11	0,78 0,11	42 6	120 17	91 13	7,43	2,01
FV0360	4e cycle Repousses à tiges de 7 semaines	15,5	0,90 0,14	0,86 0,13	39 6	105 16	95 15	7,47	2,02

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Résultats obtenus par le G.I.S. des Alpes du Nord.

(b) Le 10 juin à 1 000m d'altitude - (c) Le 10 juillet à 1 000m d'altitude.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV0200	1,04	1,02	1,03	905 74	209 76	229 73	512 71	263 69	2,4 1,7	7,0 2,5	4453 71	2577
FV0210	1,10	1,04	1,07	899 72	170 71	244 73	520 68	277 67	2,1 1,4	6,4 2,2	4358 69	2461
FV0220	1,10	1,04	1,07	895 73	179 74	230 73	549 72	278 69	2,7 1,9	7,0 2,5	4356 70	2493
FV0230	1,15	0,94	1,11	920 65	118 62	307	581 61	331 61	1,8 1,2	4,8 1,7	4360 62	2230
FV0240	0,96	1,02	0,97	930 54	75 44	375	643 50	387 50	1,2 0,8	4,5 1,6	4330 52	1840
FV0250	1,16	0,94	1,12	900 67	144 67	258	537 61	291 59	2,1 1,4	7,0 2,5	4320 64	2270
FV0260	1,15	0,94	1,11	910 66	127 65	252	532 59	287 56	2,1 1,4	7,7 2,7	4330 63	2250
FV0270	1,06	0,97	1,04	920 60	84 50	313	587 54	336 53	1,8 1,2	9,0 3,1	4300 57	2040
FV0280	1,14	0,94	1,11	890 67	147 68	179	466 56	227 47	2,4 1,7	11,8 4,1	4280 64	2270
FV0290	0,95	0,98	0,96	839 83	228 82	207 87	498 86	249 87	3,0 1,8	4,3 1,7	4138 79	2682
FV0300	1,06	1,03	1,05	844 76	206 77	244 78	536 76	283 75	2,7 1,6	4,3 1,7	4122 73	2422
FV0310	1,12	1,05	1,09	879 71	112 71	292 73	577 70	343 72	2,3 1,4	4,3 1,7	4115 68	2301
FV0320	1,12	1,05	1,09	856 70	164 74	268 69	558 67	298 65	4,1 2,4	5,7 2,3	4102 67	2228
FV0330	1,33	1,12	1,23	865 65	136 68	284 65	607 63	337 61	3,7 2,2	5,2 2,1	4094 62	2058
FV0340	0,91	0,96	0,93	825 73	161 72	223 73	519 70	276 69	3,0 1,8	4,8 1,9	3959 70	2278
FV0350	1,02	1,01	1,01	795 76	184 73	178 83	498 74	258 73	3,7 2,2	5,7 2,3	3865 73	2294
FV0360	0,98	0,99	0,98	887 76	161 69	234 74	490 73	249 72	3,4 2,0	5,7 2,3	4235 73	2553

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote			% PDIE	
		% MS	UF/kg		g/kg			LysDI	MetDI
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE		

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS D'ITALIE, NON ALTERNATIF *(Lolium multiflorum)*

Année de semis, Feuillu

FV0370	1re exploitation	16,5	0,96 0,16	0,93 0,15	42 7	120 20	100 16	7,46	2,02
FV0380	2e exploitation	15,4	0,92 0,14	0,88 0,14	45 7	130 20	101 16	7,44	2,02
FV0390	3e exploitation	18,0	0,82 0,15	0,77 0,14	43 8	121 22	94 17	7,43	2,02

Année d'exploitation, 1er cycle

FV0400	Feuillu	15,1	0,99 0,15	0,96 0,14	36 5	123 19	95 14	7,49	2,03
FV0410	Épi à 10 cm du sol	15,8	0,99 0,16	0,96 0,15	34 5	108 17	94 15	7,50	2,03
FV0420	1 semaine avant le début de l'épiaison	16,4	0,90 0,15	0,85 0,14	26 4	72 12	84 14	7,58	2,06
FV0430	Début épiaison	16,5	0,87 0,14	0,82 0,14	25 4	67 11	81 13	7,58	2,06
FV0440	Épiaison	17,8	0,81 0,14	0,75 0,13	22 4	57 10	75 13	7,60	2,06
FV0450	Fin épiaison	20,4	0,78 0,16	0,72 0,15	21 4	51 10	73 15	7,61	2,06
FV0460	Début floraison	24,0	0,73 0,18	0,66 0,16	18 4	45 11	69 17	7,62	2,07
FV0470	Floraison	27,5	0,66 0,18	0,58 0,16	16 4	38 11	64 18	7,63	2,07

Année d'exploitation, 2e cycle après coupe épiaison

FV0480	Repousses à tiges de 5 semaines	17,4	0,83 0,14	0,77 0,13	39 7	105 18	91 16	7,45	2,02
FV0490	Repousses à tiges de 6 semaines	17,6	0,79 0,14	0,72 0,13	37 6	97 17	87 15	7,46	2,02
FV0500	Repousses à tiges de 7 semaines	19,1	0,76 0,15	0,69 0,13	32 6	80 15	82 16	7,53	2,05

Année d'exploitation, 3e cycle

FV0510	Repousses à tiges de 8 semaines	20,6	0,71 0,15	0,63 0,13	29 6	70 14	76 16	7,54	2,05
FV0520	Repousses feuillues de 6 semaines	20,3	0,91 0,18	0,86 0,17	38 8	101 21	94 19	7,47	2,02
FV0530	Repousses feuillues de 7 semaines	19,2	0,88 0,17	0,83 0,16	36 7	95 18	91 17	7,47	2,03
FV0540	Repousses feuillues de 8 semaines	24,1	0,89 0,21	0,84 0,20	29 7	71 17	85 21	7,56	2,05

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV0370	0,93	0,97	0,95	870 80	184 78	241 79	529 82	270 82	3,4 2,0	4,8 1,9	4199 76	2656
FV0380	1,12	1,05	1,09	864 79	199 78	243 77	532 80	271 80	3,7 2,2	5,7 2,3	4199 76	2577
FV0390	1,23	1,09	1,17	837 75	186 74	229 70	524 74	261 71	3,7 2,2	5,7 2,3	4056 72	2349
FV0400	0,90	0,96	0,92	867 81	191 76	178 83	466 81	222 81	3,4 2,0	4,8 1,9	4198 77	2713
FV0410	0,95	0,98	0,96	886 80	168 73	188 79	450 79	215 78	3,0 1,8	4,3 1,7	4243 76	2718
FV0420	1,02	1,01	1,02	899 75	112 62	230 69	495 72	255 70	2,7 1,6	4,3 1,7	4204 72	2531
FV0430	1,04	1,02	1,03	899 73	105 60	238 69	508 69	269 68	2,7 1,6	4,3 1,7	4192 70	2452
FV0440	1,11	1,05	1,08	903 69	88 56	265 65	541 65	292 63	2,3 1,4	4,3 1,7	4180 66	2300
FV0450	1,17	1,07	1,12	912 67	80 55	284 62	564 63	312 62	2,3 1,4	4,3 1,7	4206 64	2240
FV0460	1,30	1,11	1,21	914 64	70 50	293 59	583 60	328 58	2,3 1,4	4,3 1,7	4198 61	2125
FV0470	1,37	1,14	1,26	916 60	60 42	307 55	599 55	344 54	2,0 1,2	4,3 1,7	4189 57	1981
FV0480	1,00	1,00	1,00	889 71	161 73	263 70	553 69	292 67	3,0 1,8	4,8 1,9	4244 68	2369
FV0490	1,05	1,02	1,04	895 68	150 71	276 64	570 65	308 63	3,0 1,8	4,8 1,9	4252 65	2267
FV0500	1,10	1,04	1,07	905 66	123 68	289 60	580 63	319 61	2,7 1,6	4,3 1,7	4250 63	2206
FV0510	1,13	1,05	1,10	908 62	109 64	296 56	590 57	329 55	2,7 1,6	4,3 1,7	4239 59	2064
FV0520	0,93	0,97	0,94	893 75	156 69	228 70	476 71	239 68	3,0 1,8	5,2 2,1	4253 72	2544
FV0530	0,94	0,97	0,95	895 73	147 69	216 64	484 68	245 65	3,0 1,8	5,2 2,1	4247 70	2477
FV0540	0,96	0,98	0,96	910 73	110 58	241 60	495 69	258 66	2,7 1,6	4,8 1,9	4249 70	2496

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS ANGLAIS*(Lolium perenne)****Année de semis***

FV0550	1re exploitation	15,2	0,99	0,96	43	124	102	6,81	1,98
	75 jours après semis		0,15	0,15	7	19	16		
FV0560	1re exploitation	16,5	0,91	0,87	41	114	97	6,82	1,98
	105 jours après semis		0,15	0,14	7	19	16		
FV0570	2e exploitation	16,4	0,91	0,86	40	112	97	7,00	1,89
	Feuille		0,15	0,14	7	18	16		
FV0580	3e exploitation	15,2	0,91	0,87	44	128	100	6,77	1,97
	Feuille		0,14	0,13	7	20	15		

Année d'exploitation, 1er cycle variétés précoces

FV0590	Feuille	17,2	1,03	1,01	40	143	101	6,89	1,99
			0,18	0,17	7	25	17		
FV0600	Épi à 10 cm du sol	16,7	1,01	0,98	35	115	96	6,94	1,99
			0,17	0,16	6	19	16		
FV0610	1 semaine avant le début de l'épiaison	15,7	0,98	0,94	32	99	92	7,12	1,92
			0,15	0,15	5	16	15		
FV0620	Début épiaison	16,4	0,94	0,90	31	91	90	7,14	1,93
			0,15	0,15	5	15	15		
FV0630	Épiaison	16,5	0,89	0,84	28	77	85	7,18	1,94
			0,15	0,14	5	13	14		
FV0640	Fin épiaison	17,1	0,82	0,75	25	68	80	7,20	1,94
			0,14	0,13	4	12	14		
FV0650	Début floraison	19,0	0,75	0,68	25	66	76	7,18	1,94
			0,14	0,13	5	13	14		
FV0660	Floraison	19,7	0,70	0,61	24	62	72	7,19	1,94
			0,14	0,12	5	12	14		
FV0670	Fin floraison	21,7	0,66	0,58	24	62	71	7,17	1,94
			0,14	0,13	5	14	15		

Année d'exploitation, 1er cycle variétés tardives

FV0680	Feuille	16,4	0,99	0,96	35	117	95	6,92	1,99
			0,16	0,16	6	19	16		
FV0690	Épi à 10 cm du sol	17,2	1,01	0,98	33	101	94	7,13	1,92
			0,17	0,17	6	17	16		
FV0700	1 semaine avant le début de l'épiaison	17,5	0,88	0,83	27	76	84	7,18	1,94
			0,15	0,15	5	13	15		
FV0710	Début épiaison	19,4	0,85	0,80	25	67	81	7,21	1,95
			0,16	0,16	5	13	16		
FV0720	Épiaison	19,8	0,81	0,75	22	56	76	7,27	1,96
			0,16	0,15	4	11	15		
FV0730	Fin épiaison	21,8	0,76	0,69	20	48	72	7,31	1,97
			0,17	0,15	4	10	16		
FV0740	Début floraison	27,5	0,74	0,66	19	47	71	7,31	1,97
			0,20	0,18	5	13	19		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV0550	0,89	0,95	0,92	878 81	190 75	236 79	528 84	269 84	4,1 2,4	6,2 2,5	4246 77	2730
FV0560	1,10	1,04	1,07	876 78	175 69	278 76	567 80	306 81	3,7 2,2	5,7 2,3	4211 75	2562
FV0570	1,18	1,07	1,13	882 77	172 73	242 76	534 77	274 77	3,7 2,2	5,7 2,3	4232 74	2548
FV0580	1,18	1,07	1,13	868 78	197 76	231 75	524 79	265 78	3,7 2,2	5,7 2,3	4213 75	2552
FV0590	0,95	0,98	0,96	896 82	223 78	197 84	482 84	221 83	3,7 2,2	5,2 2,1	4383 78	2842
FV0600	0,97	0,99	0,98	894 81	179 73	205 81	483 82	227 81	3,4 2,0	5,2 2,1	4298 77	2775
FV0610	0,99	0,99	0,99	896 79	155 70	229 79	511 80	228 77	3,0 1,8	5,2 2,1	4265 76	2687
FV0620	1,10	1,04	1,08	906 77	142 65	239 76	521 77	262 75	3,0 1,8	5,2 2,1	4287 74	2621
FV0630	1,16	1,06	1,12	909 74	120 63	264 73	564 74	294 72	2,7 1,6	5,2 2,1	4262 71	2500
FV0640	1,26	1,10	1,18	909 70	106 59	293 69	594 69	315 67	2,7 1,6	5,2 2,1	4238 67	2335
FV0650	1,40	1,15	1,28	908 66	103 60	313 66	619 65	336 63	2,3 1,4	5,2 2,1	4228 63	2177
FV0660	1,41	1,15	1,28	908 62	96 56	315 59	621 60	345 57	2,3 1,4	4,8 1,9	4216 59	2038
FV0670	1,43	1,15	1,29	913 60	97 58	328 57	629 57	356 55	2,3 1,4	4,8 1,9	4240 57	1977
FV0680	0,96	0,98	0,97	853 83	182 76	213 83	500 86	239 87	4,1 2,4	5,7 2,3	4120 79	2708
FV0690	0,99	1,00	0,99	880 82	157 73	227 82	511 85	255 86	3,7 2,2	5,7 2,3	4197 78	2744
FV0700	1,14	1,06	1,10	892 75	118 65	280 75	562 75	304 75	3,0 1,8	5,2 2,1	4183 72	2481
FV0710	1,22	1,09	1,16	898 73	105 62	292 72	575 73	319 73	3,0 1,8	5,2 2,1	4187 70	2412
FV0720	1,28	1,11	1,20	904 70	87 55	305 69	595 69	327 68	2,7 1,6	5,2 2,1	4183 67	2310
FV0730	1,32	1,12	1,23	907 67	75 52	317 66	611 66	339 65	2,7 1,6	5,2 2,1	4175 64	2204
FV0740	1,34	1,13	1,24	915 65	73 51	329 65	621 64	351 63	2,3 1,4	5,2 2,1	4208 62	2150

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS ANGLAIS*(Lolium perenne)***Année d'exploitation, 1er cycle variétés tardives**

FV0750	Floraison	22,2	0,71 0,16	0,64 0,14	18 4	44 10	69 15	7,33	1,98
--------	-----------	------	--------------	--------------	---------	----------	----------	------	------

Année d'exploitation, 2e cycle après coupe épaisson

FV0760	Repousses à tiges de 4 semaines	18,6	0,89 0,17	0,83 0,15	39 7	107 20	94 17	7,00	1,89
FV0770	Repousses à tiges de 5 semaines	19,8	0,86 0,17	0,81 0,16	35 7	92 18	90 18	7,04	1,90
FV0780	Repousses à tiges de 6 semaines	20,8	0,83 0,17	0,78 0,16	34 7	87 18	87 18	7,05	1,90
FV0790	Repousses à tiges de 7 semaines	22,2	0,81 0,18	0,75 0,17	32 7	81 18	85 19	7,08	1,91
FV0800	Repousses à tiges de 8 semaines	23,0	0,76 0,17	0,69 0,16	32 7	81 19	82 19	7,05	1,90
FV0810	Repousses feuillues de 6 semaines	20,3	0,96 0,19	0,92 0,19	42 8	117 24	100 20	6,82	1,98
FV0820	Repousses feuillues de 7 semaines	18,4	0,91 0,17	0,86 0,16	40 7	112 21	97 18	7,00	1,89
FV0830	Repousses feuillues de 8 semaines	21,8	0,87 0,19	0,81 0,18	36 8	95 21	91 20	7,04	1,90

Année d'exploitation, 3e cycle

FV0840	Repousses feuillues de 4 semaines	18,6	0,93 0,17	0,89 0,17	42 8	120 22	100 19	6,80	1,98
FV0850	Repousses feuillues de 5 semaines	15,8	0,91 0,14	0,86 0,14	42 7	116 18	97 15	6,80	1,98
FV0860	Repousses feuillues de 6 semaines	16,6	0,89 0,15	0,84 0,14	41 7	112 19	96 16	6,99	1,89
FV0870	Repousses feuillues de 7 semaines	16,6	0,86 0,14	0,81 0,13	40 7	109 18	94 16	6,99	1,89
FV0880	Repousses feuillues de 8 semaines	17,7	0,86 0,15	0,80 0,14	38 7	102 18	92 16	7,01	1,89

Année d'exploitation, 4e cycle

FV0890	Repousses feuillues de 5 semaines	16,0	0,93 0,15	0,88 0,14	45 7	130 21	102 16	6,77	1,97
FV0900	Repousses feuillues de 6 semaines	16,4	0,92 0,15	0,88 0,14	40 7	111 18	97 16	7,00	1,89
FV0910	Repousses feuillues de 7 semaines	15,6	0,92 0,14	0,87 0,14	39 6	107 17	96 15	7,02	1,90

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, FÉTUQUE DES PRÉS*(Festuca pratensis)***Année d'exploitation, 1er cycle**

FV0920	Feuille	15,3	1,03 0,16	1,01 0,15	41 6	151 23	101 15	7,32	1,97
FV0930	Épi à 10 cm du sol	16,4	1,01 0,17	0,98 0,16	38 6	132 22	99 16	7,33	1,98

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV0750	1,39	1,14	1,27	910 64	69 54	348 64	646 64	372 63	2,3 1,4	4,8 1,9	4178 61	2094
FV0760	1,04	1,02	1,03	890 74	164 71	250 75	563 74	282 71	3,7 2,2	5,7 2,3	4254 71	2478
FV0770	1,05	1,02	1,03	889 73	142 68	252 71	545 71	278 69	3,4 2,0	5,7 2,3	4211 70	2430
FV0780	1,07	1,03	1,05	893 71	134 66	264 69	568 70	293 67	3,4 2,0	5,7 2,3	4215 68	2363
FV0790	1,10	1,04	1,07	899 70	125 65	275 67	569 68	297 65	3,0 1,8	5,2 2,1	4226 67	2335
FV0800	1,13	1,05	1,10	899 66	125 63	277 64	582 63	307 59	2,7 1,6	3,8 1,5	4226 63	2191
FV0810	0,97	0,99	0,98	890 78	180 72	230 81	519 78	257 77	3,7 2,2	6,2 2,5	4282 75	2644
FV0820	1,01	1,00	1,00	890 76	172 71	239 73	499 74	255 73	3,4 2,0	5,7 2,3	4268 73	2560
FV0830	1,08	1,03	1,06	896 73	147 67	255 68	529 71	277 69	3,0 1,8	4,3 1,7	4251 70	2448
FV0840	0,88	0,94	0,91	891 77	185 69	236 82	506 76	248 74	5,1 3,1	6,7 2,7	4295 74	2627
FV0850	1,02	1,01	1,01	894 75	179 73	243 77	554 75	273 72	4,4 2,6	6,2 2,5	4298 72	2536
FV0860	1,10	1,04	1,07	893 75	173 72	244 75	535 74	266 72	4,1 2,4	6,2 2,5	4283 72	2520
FV0870	1,12	1,05	1,09	890 73	167 69	247 73	542 71	272 68	3,7 2,2	5,7 2,3	4259 70	2435
FV0880	1,12	1,05	1,09	888 73	157 69	245 72	547 72	275 68	3,4 2,0	5,7 2,3	4233 70	2427
FV0890	0,96	0,98	0,97	891 77	200 74	240 76	511 76	233 72	4,1 2,4	5,2 2,1	4321 74	2617
FV0900	0,96	0,98	0,96	895 76	171 69	240 77	507 74	243 71	3,7 2,2	5,2 2,1	4288 73	2583
FV0910	1,05	1,02	1,04	899 76	164 70	226 74	502 74	243 71	3,7 2,2	5,2 2,1	4294 73	2583
FV0920	0,81	0,90	0,85	880 82	235 80	186 82	499 84	215 83	3,4 2,3	5,7 2,3	4333 78	2828
FV0930	0,93	0,97	0,94	890 81	206 77	237 81	553 84	265 84	3,0 2,1	5,2 2,1	4327 77	2767

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	% MS	Énergie		Azote			% PDIE	
			UF/kg		g/kg				
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, FÉTUQUE DES PRÉS*(Festuca pratensis)*Année d'exploitation, 1er cycle

FV0940	1 semaine avant le début de l'épiaison	18,3	0,97 0,18	0,93 0,17	33 6	101 19	93 17	7,37	1,99
FV0950	Début épiaison	18,6	0,93 0,17	0,89 0,17	30 6	87 16	89 17	7,45	1,93
FV0960	Épiaison	19,1	0,85 0,16	0,79 0,15	27 5	76 14	83 16	7,46	1,93
FV0970	Début floraison	20,2	0,75 0,15	0,67 0,14	27 5	73 15	78 16	7,45	1,93

Année d'exploitation, 2e cycle après déprimage

FV0980	Repousses à tiges de 6 semaines	22,2	0,84 0,19	0,78 0,17	37 8	100 22	91 20	7,30	1,97
---------------	---------------------------------	-------------	---------------------	---------------------	----------------	------------------	-----------------	-------------	-------------

Année d'exploitation, 2e cycle après coupe épiaison

FV0990	Repousses feuillues de 6 semaines	17,0	0,93 0,16	0,88 0,15	42 7	118 20	99 17	7,28	1,96
FV1000	Repousses feuillues de 7 semaines	20,2	0,91 0,18	0,86 0,17	38 8	103 21	94 19	7,31	1,97
FV1010	Repousses feuillues de 8 semaines	21,5	0,88 0,19	0,83 0,18	34 7	86 19	89 19	7,41	1,90

Année d'exploitation, 3e cycle

FV1020	Repousses feuillues de 6 semaines	21,5	0,88 0,19	0,83 0,18	41 9	114 25	96 21	7,28	1,96
FV1030	Repousses feuillues de 7 semaines	20,6	0,84 0,17	0,78 0,16	39 8	106 22	92 19	7,29	1,97
FV1040	Repousses feuillues de 8 semaines	22,5	0,84 0,19	0,78 0,18	37 8	97 22	90 20	7,30	1,97

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, FÉTUQUE ÉLEVÉE*(Festuca arundinacea)*Année de semis

FV1050	2e cycle toutes exploitations	20,7	0,80 0,17	0,73 0,15	43 9	124 26	93 19	6,63	1,97
---------------	-------------------------------	-------------	---------------------	---------------------	----------------	------------------	-----------------	-------------	-------------

Année d'exploitation, 1er cycle

FV1060	Feuillu	18,6	0,85 0,16	0,80 0,15	38 7	131 24	90 17	6,75	1,98
FV1070	Épi à 10 cm du sol	20,0	0,82 0,16	0,76 0,15	34 7	106 21	86 17	6,81	1,99
FV1080	1 semaine avant le début de l'épiaison	19,2	0,79 0,15	0,72 0,14	31 6	90 17	82 16	6,86	1,99
FV1090	Début épiaison	19,5	0,76 0,15	0,70 0,14	29 6	83 16	79 15	6,88	1,99
FV1100	Épiaison	20,9	0,72 0,15	0,64 0,13	26 5	71 15	75 16	6,93	2,00
FV1110	Fin épiaison	20,9	0,70 0,15	0,62 0,13	25 5	66 14	73 15	6,96	2,00

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV0940	0,95	0,98	0,96	899 79	158 73	250 78	567 82	278 81	2,7 1,9	4,8 1,9	4284 76	2697
FV0950	1,06	1,03	1,04	912 76	135 69	276 75	594 78	303 77	2,7 1,9	4,8 1,9	4302 73	2594
FV0960	1,19	1,08	1,14	915 72	118 66	305 73	624 74	331 72	2,3 1,6	4,8 1,9	4286 69	2429
FV0970	1,37	1,14	1,26	920 65	113 63	342 66	663 66	367 64	2,3 1,6	4,8 1,9	4299 62	2170
FV0980	0,98	0,99	0,98	906 71	154 69	288 66	606 71	314 69	2,7 1,9	4,3 1,7	4308 68	2410
FV0990	0,90	0,95	0,92	906 75	182 72	242 67	558 75	270 72	3,0 2,1	4,8 1,9	4357 72	2594
FV1000	0,92	0,96	0,94	904 74	158 68	243 67	559 74	271 70	2,7 1,9	4,3 1,7	4306 71	2538
FV1010	0,94	0,97	0,95	895 73	133 64	245 68	561 72	272 68	2,3 1,6	3,8 1,5	4222 70	2462
FV1020	0,92	0,96	0,94	900 73	176 70	263 67	580 73	290 70	2,7 1,9	5,7 2,3	4319 70	2490
FV1030	0,97	0,99	0,97	886 72	163 69	272 70	589 72	299 69	2,7 1,9	5,7 2,3	4234 69	2398
FV1040	0,99	1,00	0,99	898 71	150 65	262 67	579 70	289 66	2,3 1,6	5,7 2,3	4265 68	2393
FV1050	0,98	0,99	0,99	869 70	191 76	273 65	560 68	298 65	2,7 1,9	5,2 2,1	4207 67	2287
FV1060	0,96	0,98	0,97	857 74	204 75	235 76	546 73	261 69	3,4 2,3	3,8 1,5	4176 71	2410
FV1070	0,99	1,00	0,99	869 72	165 70	247 72	550 70	278 67	3,0 2,1	3,8 1,5	4162 69	2355
FV1080	1,06	1,03	1,05	869 70	141 66	249 68	555 67	286 64	3,0 2,1	3,3 1,3	4120 67	2269
FV1090	1,09	1,04	1,07	874 68	129 66	269 67	579 66	307 63	2,7 1,9	3,3 1,3	4122 65	2201
FV1100	1,15	1,06	1,11	883 65	111 61	295 64	594 62	321 59	2,7 1,9	3,3 1,3	4131 62	2105
FV1110	1,24	1,09	1,17	882 64	102 61	304 64	602 61	330 59	2,3 1,6	3,3 1,3	4111 61	2056

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, FÉTUQUE ÉLEVÉE*(Festuca arundinacea)*Année d'exploitation, 1er cycle

FV1120	Début floraison	20,4	0,64 0,13	0,55 0,11	24 5	64 13	69 14	6,93	2,00
FV1130	Floraison	23,0	0,61 0,14	0,52 0,12	24 5	62 14	67 15	6,93	2,00

Année d'exploitation, 2e cycle après déprimage

FV1140	Repousses à tiges de 5 semaines	19,1	0,74 0,14	0,67 0,13	35 7	89 17	82 16	6,75	1,98
--------	---------------------------------	------	--------------	--------------	---------	----------	----------	------	------

Année d'exploitation, 2e cycle après coupe épiaison

FV1150	Repousses feuillues de 5 semaines	20,8	0,83 0,17	0,77 0,16	39 8	105 22	91 19	6,73	1,98
FV1160	Repousses feuillues de 6 semaines	19,4	0,79 0,15	0,73 0,14	37 7	97 19	87 17	6,74	1,98
FV1170	Repousses feuillues de 7 semaines	21,5	0,75 0,16	0,68 0,15	34 7	87 19	82 18	6,77	1,98

Année d'exploitation, 3e cycle

FV1180	Repousses feuillues de 6 semaines	17,7	0,81 0,14	0,75 0,13	39 7	107 19	90 16	6,71	1,97
FV1190	Repousses feuillues de 7 semaines	17,9	0,79 0,14	0,72 0,13	38 7	103 18	88 16	6,71	1,97
FV1200	Repousses feuillues de 8 semaines	18,6	0,78 0,15	0,72 0,13	36 7	94 17	86 16	6,75	1,98

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, DACTYLE*(Dactylis glomerata)*Année de semis

FV1210	1re exploitation Feuillu	14,1	0,84 0,12	0,78 0,11	50 7	153 22	101 14	6,81	1,99
FV1220	2e exploitation Feuillu	14,6	0,89 0,13	0,85 0,12	45 7	132 19	99 14	6,78	1,90

Année d'exploitation, 1er cycle

FV1230	Feuillu	16,0	0,98 0,16	0,94 0,15	42 7	158 25	100 16	6,96	2,01
FV1240	Épi à 10 cm du sol	16,7	0,92 0,15	0,87 0,15	38 6	135 23	95 16	6,89	1,92
FV1250	1 semaine avant le début de l'épiaison	16,1	0,91 0,15	0,86 0,14	37 6	124 20	93 15	7,00	1,78
FV1260	Début épiaison	16,3	0,87 0,14	0,82 0,13	33 5	102 17	88 14	7,03	1,79
FV1270	Épiaison	16,7	0,83 0,14	0,77 0,13	31 5	92 15	85 14	7,06	1,80
FV1280	Fin épiaison	18,0	0,77 0,14	0,69 0,12	28 5	77 14	79 14	7,09	1,82
FV1290	Début floraison	18,7	0,73 0,14	0,65 0,12	26 5	71 13	76 14	7,11	1,82

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV1120	1,34	1,13	1,24	884 59	100 58	322 60	634 56	355 54	2,3 1,6	3,3 1,3	4116 56	1884
FV1130	1,39	1,14	1,27	887 57	97 58	330 58	649 55	363 52	2,3 1,6	3,3 1,3	4124 54	1819
FV1140	1,19	1,08	1,14	847 68	137 69	265 67	547 64	292 61	3,4 2,3	4,3 1,7	4015 65	2125
FV1150	0,99	1,00	0,99	873 72	161 71	256 72	543 70	284 68	4,1 2,8	4,8 1,9	4173 69	2362
FV1160	1,04	1,02	1,03	866 70	150 70	260 70	551 67	293 65	3,7 2,6	4,8 1,9	4123 67	2262
FV1170	1,08	1,03	1,06	873 67	134 66	273 68	556 63	303 60	3,4 2,3	4,3 1,7	4126 64	2166
FV1180	0,97	0,99	0,98	861 72	164 71	260 73	546 70	279 67	3,4 2,3	5,7 2,3	4125 69	2330
FV1190	1,00	1,00	1,00	860 70	158 72	258 71	547 67	277 63	3,4 2,3	5,7 2,3	4110 67	2254
FV1200	1,01	1,01	1,01	859 70	145 68	251 70	552 67	283 64	3,0 2,1	5,7 2,3	4083 67	2248
FV1210	1,15	1,06	1,11	867 73	234 79	260 74	550 72	290 70	3,4 2,3	3,8 1,5	4273 70	2382
FV1220	1,12	1,05	1,09	856 77	202 75	218 80	559 78	258 75	3,4 2,3	6,2 2,5	4168 74	2494
FV1230	0,83	0,92	0,87	891 78	245 78	177 82	490 77	206 71	3,7 2,6	4,3 1,7	4399 75	2718
FV1240	0,90	0,95	0,92	875 77	210 76	233 76	537 77	248 74	3,4 2,3	3,8 1,5	4267 74	2583
FV1250	0,93	0,97	0,94	882 76	193 76	251 76	563 77	280 75	2,7 1,9	3,3 3,3	4269 73	2551
FV1260	1,00	1,00	1,00	878 74	159 72	256 75	560 74	284 71	2,3 1,6	2,9 1,1	4192 71	2444
FV1270	1,11	1,05	1,08	888 72	144 69	285 73	598 73	314 71	2,3 1,6	2,9 1,1	4210 69	2376
FV1280	1,24	1,09	1,17	899 67	120 64	314 70	632 67	342 65	2,3 1,6	2,9 1,1	4218 64	2204
FV1290	1,32	1,12	1,23	910 64	110 62	337 67	668 65	370 63	2,3 1,6	2,9 1,1	4249 61	2114

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote			% PDIE	
		% MS	UF/kg		g/kg			LysDI	MetDI
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE		

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, DACTYLE*(Dactylis glomerata)***Année d'exploitation, 1er cycle**

FV1300	Floraison	22,7	0,65 0,15	0,56 0,13	24 5	63 14	70 16	7,12	1,83
FV1310	Fin floraison	25,8	0,63 0,16	0,53 0,14	23 6	61 16	68 18	7,12	1,83

Année d'exploitation, 2e cycle après déprimage

FV1320	Repousses à tiges de 8 semaines	29,7	0,56 0,17	0,46 0,14	24 7	56 17	63 19	7,05	1,80
--------	---------------------------------	------	--------------	--------------	---------	----------	----------	------	------

Année d'exploitation, 2e cycle après coupe épiaison

FV1330	Repousses feuillues de 4 semaines	18,8	0,84 0,16	0,77 0,14	39 7	107 20	92 17	6,93	1,75
FV1340	Repousses feuillues de 5 semaines	20,5	0,80 0,16	0,73 0,15	39 8	108 22	90 19	6,91	1,74
FV1350	Repousses feuillues de 6 semaines	21,6	0,79 0,17	0,72 0,16	38 8	101 22	89 19	6,94	1,75
FV1360	Repousses feuillues de 7 semaines	23,5	0,77 0,18	0,69 0,16	36 8	94 22	86 20	6,95	1,76
FV1370	Repousses feuillues de 8 semaines	24,1	0,75 0,18	0,68 0,16	36 9	93 22	85 20	6,94	1,75

Année d'exploitation, 3e cycle

FV1380	Repousses feuillues de 5 semaines	18,2	0,83 0,15	0,76 0,14	43 8	121 22	94 17	6,88	1,73
FV1390	Repousses feuillues de 6 semaines	18,2	0,81 0,15	0,75 0,14	41 7	113 21	92 17	6,90	1,74
FV1400	Repousses feuillues de 7 semaines	18,8	0,79 0,15	0,73 0,14	38 7	101 19	88 17	6,93	1,75
FV1410	Repousses feuillues de 8 semaines	19,3	0,78 0,15	0,71 0,14	36 7	95 18	86 17	6,94	1,76

Année d'exploitation, 4e cycle

FV1420	Repousses feuillues de 5 semaines	16,0	0,86 0,14	0,80 0,13	46 7	138 22	99 16	6,75	1,89
FV1430	Repousses feuillues de 6 semaines	15,2	0,85 0,13	0,79 0,12	43 7	122 19	96 15	6,89	1,73
FV1440	Repousses feuillues de 7 semaines	14,6	0,84 0,12	0,78 0,11	41 6	115 17	94 14	6,91	1,74
FV1450	Repousses feuillues de 8 semaines	16,0	0,84 0,13	0,78 0,12	40 6	112 18	93 15	6,92	1,74

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, FLÉOLE*(Phleum pratense)***Année de semis**

FV1460	3e exploitation	22,7	0,77 0,17	0,70 0,16	36 8	93 21	85 19	7,19	1,98
--------	-----------------	------	--------------	--------------	---------	----------	----------	------	------

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV1300	1,42	1,15	1,29	910 59	98 59	339 58	656 58	372 56	2,0 1,4	2,4 1,0	4229 56	1934
FV1310	1,49	1,17	1,33	918 57	95 59	353 56	680 57	393 55	2,0 1,4	2,4 1,0	4259 54	1876
FV1320	1,32	1,12	1,23	912 52	88 64	338 47	655 49	380 47	2,7 1,9	4,3 1,7	4220 50	1703
FV1330	0,96	0,98	0,97	889 71	165 71	272 73	604 71	309 68	3,0 2,1	5,7 2,3	4251 68	2373
FV1340	1,01	1,00	1,00	892 69	166 70	290 71	614 69	315 66	3,0 2,1	5,2 2,1	4266 66	2299
FV1350	1,02	1,01	1,02	894 69	155 70	298 71	615 69	317 66	2,7 1,9	4,8 1,9	4256 66	2297
FV1360	1,03	1,01	1,02	894 67	145 68	303 70	620 67	324 63	2,7 1,9	4,8 1,9	4239 64	2222
FV1370	1,03	1,01	1,02	896 66	144 68	302 69	613 65	320 61	2,7 1,9	4,3 1,7	4246 63	2192
FV1380	0,96	0,98	0,97	884 71	186 74	274 74	615 72	304 68	3,0 2,1	6,2 2,5	4265 68	2365
FV1390	1,00	1,00	1,00	886 70	174 71	273 74	600 70	297 65	3,0 2,1	6,2 2,5	4253 67	2327
FV1400	1,02	1,01	1,01	885 69	156 68	270 71	599 68	304 64	3,0 2,1	5,7 2,3	4218 66	2282
FV1410	1,08	1,04	1,06	887 68	147 67	282 70	605 67	309 63	2,7 1,9	4,8 1,9	4211 65	2239
FV1420	0,83	0,91	0,86	886 72	212 75	299 77	591 72	286 68	3,4 2,3	7,1 2,9	4319 69	2429
FV1430	0,97	0,98	0,97	887 72	188 74	288 76	593 72	295 69	3,0 2,1	6,2 2,5	4282 69	2404
FV1440	1,00	1,00	1,00	887 72	177 73	280 71	602 73	296 69	3,0 2,1	5,2 2,1	4263 69	2399
FV1450	1,01	1,00	1,01	898 71	172 72	271 72	571 70	272 64	3,0 2,1	5,2 2,1	4304 68	2395
FV1460	1,16	1,07	1,12	910 66	144 63	265 63	555 61	295 57	2,7 1,9	5,2 2,1	4308 63	2227

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, FLÉOLE*(Pleum pratense)*Année d'exploitation, 1er cycle

FV1470	Feuille	16,1	0,99 0,16	0,95 0,15	37 6	130 21	97 16	7,24	1,99
FV1480	Épi à 10 cm du sol	16,8	0,95 0,16	0,91 0,15	31 5	93 16	91 15	7,30	2,00
FV1490	1 semaine avant le début de l'épiaison	17,4	0,82 0,14	0,75 0,13	24 4	64 11	79 14	7,36	2,01
FV1500	Début épiaison	18,8	0,77 0,14	0,70 0,13	23 4	59 11	75 14	7,37	2,02
FV1510	Épiaison	20,1	0,72 0,14	0,64 0,13	22 4	57 11	72 14	7,36	2,01
FV1520	Fin épiaison	23,4	0,69 0,16	0,60 0,14	20 5	49 12	68 16	7,40	2,02
FV1530	Début floraison	24,8	0,62 0,15	0,52 0,13	19 5	47 12	64 16	7,39	2,02
FV1540	Floraison	27,2	0,55 0,15	0,45 0,12	19 5	46 13	60 16	7,37	2,02

Année d'exploitation, 2e cycle après déprimage

FV1550	Repousses à tiges de 5 semaines	15,7	0,88 0,14	0,83 0,13	38 6	101 16	93 15	7,21	1,98
FV1560	Repousses à tiges de 7 semaines	16,4	0,76 0,12	0,68 0,11	30 5	72 12	79 13	7,26	1,99
FV1570	Repousses à tiges de 9 semaines	23,7	0,69 0,16	0,61 0,14	26 6	62 15	73 17	7,29	2,00

Année d'exploitation, 2e cycle après coupe épiaison

FV1580	Repousses à tiges de 7 semaines	16,4	0,84 0,14	0,79 0,13	34 6	86 14	88 14	7,24	1,99
FV1590	Repousses à tiges de 8 semaines	20,9	0,83 0,17	0,77 0,16	32 7	81 17	87 18	7,26	1,99
FV1600	Repousses à tiges de 9 semaines	21,8	0,79 0,17	0,72 0,16	28 6	68 15	81 18	7,29	2,00

Année d'exploitation, 3e cycle

FV1610	Repousses feuillues de 7 semaines	16,7	0,89 0,15	0,84 0,14	38 6	103 17	94 16	7,21	1,98
FV1620	Repousses feuillues de 8 semaines	17,7	0,87 0,15	0,82 0,15	37 7	99 18	93 16	7,21	1,98
FV1630	Repousses feuillues de 9 semaines	19,1	0,85 0,16	0,80 0,15	34 6	85 16	88 17	7,24	1,99

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, BROME*(Bromus catharticus)*Année d'exploitation, 1er cycle

FV1640	Épi à 10 cm du sol	16,2	0,98 0,16	0,95 0,15	36 6	119 19	95 15	6,85	2,06
FV1650	1 semaine avant le début de l'épiaison	17,1	0,94 0,16	0,90 0,15	32 5	97 17	91 16	6,91	2,06

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FV1470	0,89	0,95	0,91	895 79	202 77	224 79	500 79	257 79	3,4 2,3	3,8 1,5	4342 76	2722
FV1480	0,98	0,99	0,99	905 78	145 68	258 79	541 79	287 79	3,0 2,1	3,8 1,5	4288 75	2667
FV1490	1,23	1,09	1,17	918 70	99 60	326 72	624 71	347 70	2,7 1,9	3,3 1,3	4266 67	2350
FV1500	1,31	1,12	1,22	922 67	92 57	346 69	649 68	365 67	2,3 1,6	3,3 1,3	4272 64	2241
FV1510	1,47	1,16	1,32	922 63	88 55	361 68	669 64	378 62	2,3 1,6	2,9 2,1	4265 60	2087
FV1520	1,53	1,18	1,36	930 61	77 52	360 63	665 61	377 59	2,0 1,4	2,9 1,1	4281 58	2032
FV1530	1,53	1,18	1,36	937 56	74 47	360 57	664 54	374 52	2,0 1,4	2,9 1,1	4307 54	1874
FV1540	1,63	1,21	1,42	942 51	72 43	361 50	664 48	375 44	2,0 1,4	2,9 1,1	4326 49	1708

FV1550	0,95	0,98	0,96	890 74	155 74	274 73	551 73	284 71	3,0 2,1	4,3 1,7	4238 71	2480
FV1560	1,09	1,04	1,06	902 66	112 64	310 67	649 67	358 65	2,7 1,9	4,3 1,7	4217 63	2189
FV1570	1,22	1,09	1,16	925 61	96 59	326 56	620 58	344 55	2,3 1,6	3,3 1,3	4292 58	2052

FV1580	1,08	1,03	1,06	887 73	133 69	307 73	602 74	327 74	2,3 1,6	3,8 1,5	4187 70	2400
FV1590	1,14	1,06	1,10	912 71	126 67	309 71	602 71	328 70	2,3 1,6	3,3 1,3	4286 68	2392
FV1600	1,19	1,08	1,14	912 68	106 60	289 61	578 66	313 63	2,0 1,4	2,9 1,1	4251 65	2280

FV1610	1,17	1,07	1,13	883 76	158 73	271 75	557 77	298 76	2,7 1,9	5,2 2,1	4212 73	2502
FV1620	1,17	1,07	1,12	872 76	153 73	269 73	554 77	296 76	2,7 1,9	4,3 1,7	4155 73	2468
FV1630	1,14	1,06	1,11	877 74	132 68	280 73	567 74	305 73	2,3 1,6	3,8 1,5	4140 71	2407

FV1640	0,86	0,93	0,89	863 81	186 78	239 82	551 84	262 84	4,4 3,1	5,2 2,1	4172 77	2684
FV1650	1,01	1,00	1,00	878 79	151 74	257 79	546 81	272 80	4,1 2,8	4,8 1,9	4178 76	2615

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, BROME*(Bromus catharticus)***Année d'exploitation, 1er cycle**

FV1660	Début épiaison	17,6	0,89 0,16	0,85 0,15	29 5	82 14	85 15	6,96	2,06
FV1670	Épiaison	18,0	0,85 0,15	0,80 0,14	25 5	67 12	82 15	7,04	2,06
FV1680	Fin épiaison	19,9	0,80 0,16	0,73 0,15	23 5	59 12	77 15	7,08	2,07
FV1690	Début floraison	23,6	0,77 0,18	0,70 0,17	20 5	49 12	73 17	7,16	2,07

Année d'exploitation, 2e cycle après coupe épiaison

FV1700	Repousses à tiges de 6 semaines	20,2	0,86 0,17	0,82 0,17	30 6	73 15	85 17	6,93	2,06
FV1710	Repousses à tiges de 7 semaines	21,4	0,84 0,18	0,78 0,17	31 7	75 16	84 18	6,90	2,06
FV1720	Repousses à tiges de 8 semaines	23,1	0,80 0,18	0,73 0,17	28 7	68 16	81 19	6,94	2,06

Année d'exploitation, 3e cycle

FV1730	Repousses feuillues de 6 semaines	16,0	0,87 0,14	0,82 0,13	42 7	117 19	95 15	6,71	2,05
FV1740	Repousses feuillues de 7 semaines	16,6	0,87 0,14	0,82 0,14	40 7	111 18	94 16	6,73	2,05
FV1750	Repousses feuillues de 8 semaines	18,1	0,85 0,15	0,80 0,14	37 7	98 18	90 16	6,77	2,05

CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, MAÏS (a)*(Zea mays)*

FV1760	Laiteux	23,9	0,88 0,21	0,82 0,20	17 4	48 11	76 18	6,92	1,96
FV1770	Pâteux	28,8	0,90 0,26	0,84 0,24	16 5	46 13	76 22	6,95	1,96
FV1780	Vitreux	33,8	0,91 0,31	0,85 0,29	16 5	45 15	76 26	6,97	1,97
FV1790	Vitreux, >35% MS	38,8	0,92 0,36	0,86 0,33	17 6	46 18	77 30	6,95	1,96

CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, ORGE*(Hordeum vulgare)*

FV1800	Floraison	15,5	0,71 0,11	0,63 0,10	27 4	75 12	75 12	6,42	1,88
FV1810	Laiteux	23,2	0,72 0,17	0,63 0,15	22 5	62 14	71 16	6,87	1,95
FV1820	Laiteux-pâteux	25,1	0,70 0,18	0,71 0,18	22 6	62 16	69 17	6,84	1,95
FV1830	Pâteux	30,8	0,72 0,22	0,64 0,20	19 6	54 17	68 21	6,96	1,97

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Conditions normales de végétation.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV1660	1,08	1,04	1,06	891 75	127 69	278 76	563 75	292 74	3,7 2,6	4,3 1,7	4194 72	2489
FV1670	1,27	1,10	1,19	905 73	105 65	299 73	590 74	315 73	3,4 2,3	3,8 1,5	4218 70	2425
FV1680	1,56	1,19	1,38	913 69	92 61	317 68	612 69	337 68	2,7 1,9	3,3 1,3	4232 66	2280
FV1690	1,69	1,22	1,45	918 67	76 59	334 66	626 67	350 66	2,7 1,9	3,3 1,3	4226 64	2208
FV1700	1,07	1,03	1,05	875 75	113 73	315 80	624 78	316 76	3,4 2,3	5,2 2,1	4099 72	2424
FV1710	1,10	1,04	1,08	891 72	116 68	301 76	606 73	317 71	3,4 2,3	4,8 1,9	4175 69	2370
FV1720	1,20	1,08	1,14	901 69	105 65	311 71	616 69	328 67	3,0 2,1	4,3 1,7	4201 66	2278
FV1730	1,00	1,00	1,00	843 77	180 75	250 81	537 77	279 77	3,7 2,6	6,7 2,7	4072 74	2450
FV1740	1,02	1,01	1,02	850 76	171 74	254 80	583 78	298 77	3,4 2,3	6,7 2,7	4088 73	2431
FV1750	1,04	1,02	1,03	846 75	151 71	258 80	554 75	277 73	3,4 2,3	6,2 2,5	4035 72	2374
FV1760	1,28	1,09	1,23	950 71	76 62	223 56	496 57	247 53	1,8 1,3	2,3 0,9	4417 69	2509
FV1770	1,28	1,03	1,14	952 72	73 56	203 53	462 55	223 51	1,8 1,3	2,3 0,9	4420 69	2541
FV1780	1,28	0,97	1,05	954 72	72 53	195 53	450 55	215 51	1,8 1,3	2,3 0,9	4424 70	2565
FV1790	1,28	0,92	0,99	957 73	74 50	197 53	448 55	212 51	1,8 1,3	2,3 0,9	4444 70	2589
FV1800	1,58	1,00	1,00	875 65	120 70	329 59	634 59	376 55	2,7 1,7	3,8 1,5	4163 62	2072
FV1810	1,51	1,01	1,01	912 63	99 66	300 53	598 55	347 49	2,3 1,5	3,8 1,5	4294 60	2099
FV1820	1,77	1,02	1,03	916 61	99 63	278 42	572 46	325 39	2,3 1,5	3,3 1,3	4310 59	2050
FV1830	1,88	1,03	1,05	922 63	86 60	271 46	563 49	319 43	2,3 1,5	2,9 1,1	4317 60	2113

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI
CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, BLÉ (<i>Triticum aestivum</i>)									
FV1840	Début épisaison	17,2	0,81 0,14	0,74 0,13	32 6	90 15	84 14	6,66	1,92
FV1850	Floraison	21,7	0,71 0,15	0,62 0,13	23 5	64 14	71 15	6,60	1,91
FV1860	Laiteux-pâteux	34,7	0,70 0,24	0,62 0,22	17 6	46 16	65 23	6,82	1,95
FV1870	Pâteux	36,8	0,72 0,26	0,64 0,24	16 6	45 17	66 24	6,89	1,96
CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, AVOINE (<i>Avena sativa</i>)									
FV1880	Début montaison	14,9	1,00 0,15	0,98 0,15	27 4	75 11	87 13	6,95	1,97
FV1890	Début épisaison	20,6	0,84 0,17	0,78 0,16	23 5	64 13	78 16	6,99	1,98
FV1900	Floraison	17,7	0,74 0,13	0,67 0,12	23 4	63 11	73 13	6,94	1,97
FV1910	Laiteux-pâteux	31,8	0,67 0,21	0,58 0,18	15 5	42 13	62 20	7,13	2,00
FV1920	Pâteux	38,3	0,65 0,25	0,56 0,21	14 5	40 15	59 23	7,14	2,00
CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, SEIGLE (<i>Secale cereale</i>)									
FV1930	Début montaison	14,0	1,00 0,14	0,98 0,14	49 7	138 19	107 15	6,49	1,85
FV1940	Début épisaison	14,0	0,87 0,12	0,81 0,11	31 4	88 12	87 12	6,77	1,90
FV1950	Épisaison	17,1	0,84 0,14	0,78 0,13	30 5	84 14	84 14	6,77	1,90
FV1960	Floraison	23,3	0,68 0,16	0,59 0,14	21 5	60 14	69 16	6,91	1,93
FV1970	Laiteux-pâteux	33,3	0,69 0,23	0,60 0,20	12 4	35 12	61 20	7,21	1,99
FV1980	Pâteux	41,6	0,68 0,28	0,58 0,24	13 5	37 15	60 25	7,16	1,98
CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, SORGHO FOURRAGER (<i>Sorghum</i>)									
1er cycle									
FV1990	Montaison	15,4	0,81 0,12	0,74 0,11	43 7	119 18	93 14	5,86	1,83
FV2000	1 semaine avant le début de l'épisaison	18,5	0,75 0,14	0,67 0,12	29 5	81 15	78 14	6,23	1,88
FV2010	Début épisaison	18,5	0,72 0,13	0,64 0,12	27 5	77 14	76 14	6,30	1,89
FV2020	Épisaison	21,0	0,69 0,14	0,60 0,13	24 5	68 14	71 15	6,37	1,90

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV1840	1,15	1,00	1,00	869 71	143 76	336 71	643 69	354 67	3,0 2,0	3,8 1,5	4176 68	2294
FV1850	1,60	1,00	1,00	907 63	102 68	334 62	672 62	380 58	2,7 1,7	3,8 1,5	4277 60	2074
FV1860	1,45	1,01	1,01	924 61	74 57	298 51	568 53	324 47	2,3 1,5	3,3 1,3	4305 58	2052
FV1870	1,64	1,01	1,01	925 63	72 53	289 51	571 53	327 47	2,3 1,5	2,9 1,1	4306 60	2120
FV1880	0,94	0,97	0,95	879 81	120 72	230 79	513 75	278 75	3,4 2,2	4,8 1,9	4181 78	2741
FV1890	1,25	1,00	1,00	905 71	102 69	302 37	601 43	349 34	3,0 2,0	4,3 1,7	4268 68	2385
FV1900	1,59	1,00	1,00	900 66	101 68	333 65	638 64	379 61	2,7 1,7	3,8 1,5	4243 63	2162
FV1910	1,44	1,03	1,05	928 59	67 60	270 44	562 48	318 41	2,3 1,5	3,3 1,3	4311 56	1995
FV1920	1,35	1,03	1,05	930 57	63 51	263 39	554 44	311 36	2,3 1,5	2,9 1,1	4313 54	1932
FV1930	1,10	1,04	1,08	850 84	220 84	190 83	465 78	239 78	3,7 2,4	4,8 1,9	4224 81	2779
FV1940	1,47	1,06	1,12	890 74	140 72	270 72	562 69	318 68	3,0 2,0	4,3 1,7	4266 71	2456
FV1950	1,72	1,06	1,12	900 72	133 70	295 71	597 69	339 67	2,7 1,7	3,8 1,5	4299 69	2389
FV1960	3,42	1,08	1,16	934 61	95 61	364 61	683 61	418 57	2,7 1,7	3,8 1,5	4387 58	2023
FV1970	2,25	1,09	1,18	947 60	55 49	324 52	609 54	364 48	2,3 1,5	3,3 1,3	4376 57	2032
FV1980	1,92	1,10	1,20	949 59	59 51	326 47	630 50	373 44	2,3 1,5	2,9 1,1	4392 56	2009
FV1990	1,04	1,02	1,03	884 71	190 77	264 72	557 69	312 68	2,7 1,7	6,2 2,5	4199 68	2317
FV2000	1,22	1,09	1,16	914 66	129 70	304 66	604 65	352 62	2,7 1,7	5,7 2,3	4256 63	2187
FV2010	1,25	1,10	1,18	915 64	122 67	304 64	608 63	353 60	2,7 1,7	4,8 1,9	4252 61	2116
FV2020	1,38	1,14	1,26	922 61	108 66	323 62	631 62	374 58	2,3 1,5	4,3 1,7	4265 58	2012

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, SORGHO FOURRAGER*(Sorghum)*1er cycle

FV2030	Floraison	24,4	0,68 0,17	0,59 0,14	20 5	55 13	66 16	6,51	1,92
FV2040	Laiteux	27,6	0,69 0,19	0,61 0,17	16 4	43 12	64 18	6,73	1,95

2e cycle après coupe épiaison

FV2050	Repousses non épiées de 6 semaines conditions normales	17,3	0,78 0,13	0,71 0,12	37 6	103 18	87 15	6,01	1,85
FV2060	Repousses non épiées de 8 semaines conditions normales	16,5	0,79 0,13	0,73 0,12	32 5	89 15	83 14	6,17	1,87
FV2070	Repousses épiées de 6 semaines sécheresse	19,9	0,75 0,15	0,68 0,14	28 6	78 16	78 16	6,28	1,89
FV2080	Repousses épiées de 8 semaines sécheresse	26,8	0,65 0,17	0,56 0,15	21 6	60 16	67 18	6,47	1,91

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, LUZERNE*(Medicago sativa)*1er cycle

FV2090	Végétatif (30 cm)	14,4	0,96 0,14	0,92 0,13	45 6	159 23	100 14	7,05	1,77
FV2100	Végétatif (60 cm)	15,6	0,88 0,14	0,82 0,13	42 7	145 23	94 15	7,04	1,77
FV2110	Début bourgeonnement	16,2	0,83 0,13	0,75 0,12	40 6	132 21	90 15	7,10	1,80
FV2120	Bourgeonnement	17,6	0,77 0,14	0,69 0,12	39 7	123 22	86 15	7,10	1,80
FV2130	Début floraison	18,9	0,73 0,14	0,65 0,12	37 7	114 21	83 16	7,10	1,80
FV2140	Floraison	21,7	0,69 0,15	0,59 0,13	35 8	107 23	80 17	7,10	1,80

2e cycle après coupe bourgeonnement

FV2150	Repousses à tiges de 5 semaines	19,3	0,82 0,16	0,75 0,14	40 8	141 27	90 17	7,05	1,77
FV2160	Repousses à tiges de 6 semaines	18,3	0,82 0,15	0,74 0,14	39 7	136 25	89 16	7,06	1,78
FV2170	Repousses à tiges de 7 semaines	19,7	0,77 0,15	0,68 0,13	37 7	125 25	85 17	7,11	1,80
FV2180	Repousses à tiges de 8 semaines	22,8	0,73 0,17	0,64 0,15	36 8	121 28	81 19	7,09	1,80
FV2190	Repousses à tiges de 9 semaines	22,5	0,67 0,15	0,57 0,13	35 8	112 25	77 17	7,09	1,79

3e cycle

FV2200	Repousses à tiges de 5 semaines	21,0	0,83 0,17	0,76 0,16	42 9	153 32	92 19	7,03	1,76
FV2210	Repousses à tiges de 6 semaines	21,5	0,78 0,17	0,70 0,15	41 9	145 31	88 19	7,02	1,76

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV2030	1,39	1,14	1,27	927 60	87 61	321 48	629 51	372 44	3,4 2,2	3,3 1,3	4261 57	1986
FV2040	1,38	1,14	1,27	941 60	69 52	307 57	607 58	354 53	3,0 2,0	7,1 2,9	4301 57	2021
FV2050	1,10	1,04	1,07	869 70	164 73	272 66	564 65	319 62	3,0 2,0	7,6 3,0	4099 67	2230
FV2060	1,12	1,05	1,09	877 70	141 70	280 61	575 61	328 57	2,7 1,7	7,1 2,9	4106 67	2246
FV2070	1,38	1,14	1,27	929 65	124 72	285 71	580 69	332 67	2,3 1,5	7,1 2,9	4317 62	2183
FV2080	1,44	1,16	1,31	934 58	95 61	300 70	598 68	347 66	2,0 1,3	6,2 2,5	4303 55	1935
FV2090	0,88	0,94	0,90	871 77	246 81	201 61	423 71	250 69	3,7 2,6	16,1 4,8	4445 74	2678
FV2100	0,89	0,95	0,92	879 72	225 78	240 60	449 63	275 59	3,0 2,1	16,1 4,8	4445 69	2496
FV2110	0,94	0,97	0,95	883 69	206 77	274 57	476 60	303 55	2,7 1,9	16,1 4,8	4431 66	2373
FV2120	0,98	0,99	0,98	888 66	193 76	299 52	488 56	315 50	2,7 1,9	16,1 4,8	4431 63	2261
FV2130	1,00	1,00	1,00	891 63	178 74	315 46	513 53	343 48	2,7 1,9	16,1 4,8	4419 60	2150
FV2140	1,03	1,01	1,02	898 60	168 73	333 42	525 49	344 42	2,3 1,6	16,1 4,8	4434 57	2050
FV2150	0,83	0,92	0,87	894 68	222 80	286 52	487 59	311 54	2,7 1,9	14,6 4,4	4509 65	2387
FV2160	0,86	0,93	0,89	895 68	215 80	308 49	484 59	312 54	2,3 1,6	14,1 4,2	4502 65	2375
FV2170	0,94	0,97	0,95	895 65	198 78	315 44	513 56	338 52	2,3 1,6	14,1 4,2	4472 62	2246
FV2180	0,99	1,00	0,99	896 62	192 78	342 43	511 51	343 46	2,0 1,4	14,1 4,2	4466 59	2124
FV2190	1,04	1,02	1,03	893 59	179 77	345 41	512 46	340 39	2,0 1,4	13,7 4,1	4430 56	2000
FV2200	0,93	0,97	0,95	882 69	241 82	261 48	468 59	287 53	2,7 1,9	18,5 5,6	4487 66	2386
FV2210	0,94	0,97	0,95	885 66	229 80	277 45	476 55	303 48	2,3 1,6	16,6 5,0	4480 63	2275

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote			% PDIE	
		% MS	UF/kg		g/kg			LysDI	MetDI
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE		

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, LUZERNE*(Medicago sativa)***3e cycle**

FV2220	Repousses à tiges de 7 semaines	20,5	0,78 0,16	0,70 0,14	40 8	142 29	88 18	7,03	1,76
FV2230	Repousses à tiges de 8 semaines	22,4	0,73 0,16	0,65 0,15	38 8	128 29	83 19	7,08	1,79
FV2240	Repousses à tiges de 9 semaines	24,9	0,72 0,18	0,63 0,16	38 9	129 32	83 21	7,08	1,79

4e cycle

FV2250	Repousses à tiges de 5 semaines	19,1	0,84 0,16	0,78 0,15	45 9	166 32	94 18	7,01	1,75
FV2260	Repousses à tiges de 6 semaines	20,2	0,83 0,17	0,76 0,16	44 9	162 33	93 19	7,01	1,76
FV2270	Repousses à tiges de 7 semaines	20,0	0,79 0,16	0,72 0,14	42 8	151 30	89 18	7,01	1,76
FV2280	Repousses à tiges de 8 semaines	21,5	0,78 0,17	0,71 0,15	42 9	150 32	89 19	7,01	1,75
FV2290	Repousses à tiges de 9 semaines	22,2	0,76 0,17	0,68 0,15	42 9	149 33	87 19	7,00	1,75

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, TRÈFLE VIOLET*(Trifolium pratense)***1er cycle**

FV2300	Végétatif (30 cm)	12,7	1,00 0,13	0,98 0,12	42 5	141 18	100 13	7,16	1,79
FV2310	Début bourgeonnement	12,8	0,92 0,12	0,88 0,11	39 5	125 16	93 12	7,09	1,83
FV2320	Bourgeonnement	14,3	0,89 0,13	0,84 0,12	37 5	115 16	91 13	7,10	1,83
FV2330	Début floraison	15,3	0,81 0,12	0,74 0,11	35 5	106 16	86 13	7,10	1,83
FV2340	Floraison	18,0	0,78 0,14	0,70 0,13	33 6	98 18	83 15	7,11	1,84
FV2350	Fin floraison	19,8	0,75 0,15	0,67 0,13	34 7	101 20	83 16	7,09	1,83

2e cycle après coupe bourgeonnement

FV2360	Repousses à tiges de 5 semaines	18,0	0,93 0,17	0,88 0,16	43 8	156 28	97 18	7,13	1,78
FV2370	Repousses à tiges de 6 semaines	16,4	0,88 0,14	0,83 0,14	38 6	129 21	91 15	7,16	1,79
FV2380	Repousses à tiges de 7 semaines	18,9	0,84 0,16	0,77 0,15	36 7	121 23	88 17	7,09	1,83
FV2390	Repousses à tiges de 8 semaines	20,0	0,80 0,16	0,73 0,15	33 7	104 21	83 17	7,11	1,84

3e cycle

FV2400	Repousses à tiges de 6 semaines	14,2	0,90 0,13	0,86 0,12	41 6	143 20	94 13	7,14	1,78
--------	---------------------------------	------	--------------	--------------	---------	-----------	----------	------	------

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV2220	0,96	0,98	0,96	889 66	224 79	277 43	464 53	294 47	2,3 1,6	18,5 5,6	4490 63	2282
FV2230	0,98	0,99	0,99	887 63	203 77	280 33	475 49	307 42	2,3 1,6	18,0 5,4	4444 60	2159
FV2240	1,00	1,00	1,00	891 62	204 77	287 32	476 47	309 40	2,7 1,9	18,0 5,4	4464 59	2129
FV2250	0,83	0,92	0,87	850 71	259 81	207 47	442 61	258 53	2,7 1,9	18,0 5,4	4370 68	2404
FV2260	0,87	0,94	0,89	859 70	254 80	225 46	445 59	264 52	2,7 1,9	18,5 5,6	4403 67	2380
FV2270	0,90	0,96	0,92	844 69	237 79	223 46	451 58	274 51	2,7 1,9	18,0 5,4	4305 66	2292
FV2280	0,96	0,98	0,96	862 67	236 78	233 43	444 53	278 46	2,3 1,6	17,6 5,3	4386 64	2260
FV2290	1,01	1,00	1,00	853 66	235 77	239 40	446 52	280 44	2,3 1,6	17,1 5,1	4343 63	2192
FV2300	0,89	0,95	0,91	863 81	219 81	152 70	401 78	234 79	3,4 2,3	13,7 4,1	4281 77	2756
FV2310	0,90	0,95	0,92	868 76	196 78	207 66	437 70	270 68	3,0 2,1	13,2 3,9	4263 73	2561
FV2320	0,91	0,96	0,93	883 74	180 75	232 64	447 67	280 65	2,7 1,9	12,7 3,8	4303 71	2519
FV2330	1,01	1,01	1,01	883 69	166 72	263 57	476 60	312 57	2,3 1,6	12,7 3,8	4279 66	2311
FV2340	1,03	1,01	1,02	897 67	154 70	289 56	491 58	326 54	2,3 1,6	12,2 3,2	4322 64	2265
FV2350	1,04	1,02	1,03	899 65	158 68	289 52	508 56	339 52	2,3 1,6	11,7 3,5	4338 62	2199
FV2360	0,79	0,89	0,83	868 76	245 79	166 62	417 69	244 65	3,0 2,1	13,7 4,1	4348 73	2615
FV2370	0,83	0,92	0,86	878 73	205 75	219 59	452 66	279 62	2,7 1,9	13,7 4,1	4324 70	2496
FV2380	0,85	0,93	0,88	891 70	192 73	238 54	461 61	296 57	2,7 1,9	13,2 3,9	4360 67	2410
FV2390	0,91	0,96	0,93	894 68	166 70	260 52	478 58	308 54	2,7 1,9	13,2 3,9	4329 65	2321
FV2400	0,87	0,94	0,90	842 77	226 78	166 61	426 72	256 70	3,0 2,1	12,2 3,7	4198 74	2544

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, TRÈFLE VIOLET*(Trifolium pratense)***3e cycle**

FV2410	Repousses à tiges de 7 semaines	15,8	0,88 0,14	0,83 0,13	40 6	141 22	93 15	7,14	1,78
FV2420	Repousses à tiges de 8 semaines	15,1	0,83 0,13	0,77 0,12	40 6	140 21	90 14	7,12	1,77

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, TRÈFLE BLANC*(Trifolium repens)***1er cycle**

FV2430	Végétatif	9,7	1,09 0,11	1,06 0,10	45 4	161 16	106 10	6,79	1,83
FV2440	Début floraison	11,0	1,03 0,11	1,00 0,11	43 5	147 16	102 11	6,80	1,83
FV2450	Floraison	12,0	0,98 0,12	0,93 0,11	39 5	128 15	97 12	6,82	1,84

2e cycle

FV2460	Repousses feuillues de 6 semaines pluviométrie non limitante	12,1	0,96 0,12	0,92 0,11	40 5	139 17	95 12	6,77	1,82
FV2470	Repousses feuillues de 4 semaines pluviométrie limitante	13,0	0,96 0,12	0,90 0,12	41 5	145 19	97 13	6,79	1,83

3e cycle

FV2480	Repousses feuillues de 8 semaines pluviométrie non limitante	11,5	1,04 0,12	1,00 0,12	49 6	187 22	108 12	6,75	1,82
FV2490	Repousses feuillues de 4 semaines pluviométrie limitante	13,0	0,94 0,12	0,89 0,12	47 6	179 23	102 13	6,72	1,81

4e cycle

FV2500	Repousses feuillues de 6 semaines pluviométrie non limitante	10,6	1,07 0,11	1,04 0,11	50 5	197 21	110 12	6,74	1,82
--------	---	------	--------------	--------------	---------	-----------	-----------	------	------

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, SAINFOIN*(Onobrychis viciæfolia)***1er cycle**

FV2510	Début bourgeonnement	13,0	1,00 0,13	0,97 0,13	37 5	117 15	95 12	7,52	1,89
FV2520	Bourgeonnement	13,5	0,91 0,12	0,86 0,12	34 5	101 14	89 12	7,53	1,90
FV2530	Début floraison	14,2	0,83 0,12	0,77 0,11	32 5	91 13	84 12	7,53	1,90
FV2540	Floraison	17,0	0,77 0,13	0,69 0,12	30 5	83 14	80 14	7,54	1,90
FV2550	Fin floraison	21,7	0,70 0,15	0,61 0,13	30 7	84 18	76 17	7,52	1,89

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, VESCE (a)*(Vicia sativa)*

FV2560	Début floraison	18,9	0,89 0,17	0,84 0,16	43 8	154 29	99 19	7,73	2,06
--------	-----------------	------	--------------	--------------	---------	-----------	----------	------	------

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Résultats empruntés au "Tableau de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne". Institut agronomique méditerranéen de Zaragoza (Espagne).

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FV2410	0,89	0,95	0,91	853 75	223 77	184 59	431 68	258 64	2,7 1,9	11,7 3,5	4242 72	2497
FV2420	1,02	1,01	1,01	845 72	221 76	183 58	440 63	264 57	2,7 1,9	11,7 3,5	4203 69	2349

FV2430	0,83	0,92	0,87	880 83	249 84	175 79	422 84	251 86	2,7 1,9	13,2 3,9	4410 79	2905
FV2440	0,83	0,92	0,87	887 80	229 81	214 77	447 79	278 80	2,3 1,6	12,7 3,8	4407 76	2794
FV2450	0,86	0,93	0,89	900 77	200 79	250 72	471 74	302 74	2,0 1,4	12,7 3,8	4415 74	2694

FV2460	0,85	0,93	0,88	845 79	220 79	187 72	430 76	259 75	3,0 2,1	13,7 4,1	4201 76	2619
FV2470	0,94	0,97	0,95	901 75	229 77	207 76	443 69	273 66	2,7 1,9	13,2 3,9	4470 72	2631

FV2480	0,85	0,93	0,88	882 81	290 82	172 80	420 79	250 80	2,7 1,9	13,7 4,1	4490 77	2846
FV2490	0,94	0,97	0,95	879 76	278 78	180 78	426 69	255 67	2,3 1,6	12,7 3,8	4455 73	2624

FV2500	0,85	0,93	0,88	878 83	307 85	166 87	416 83	246 86	3,4 2,3	13,7 4,1	4501 79	2916
--------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-------------	------------	------

FV2510	0,75	0,87	0,80	880 79	184 70	160 75	409 75	230 72	3,0 2,1	9,3 2,8	4297 76	2757
FV2520	0,87	0,94	0,89	885 75	159 66	214 66	451 69	276 67	2,7 1,9	9,3 2,8	4276 72	2568
FV2530	1,02	1,01	1,02	889 71	143 64	266 60	497 65	323 63	2,7 1,9	9,3 2,8	4266 68	2390
FV2540	1,17	1,07	1,13	896 67	131 62	310 54	536 61	363 59	2,7 1,9	8,8 2,6	4277 64	2235
FV2550	1,28	1,11	1,20	907 62	133 62	336 50	572 56	394 53	2,7 1,9	8,8 2,6	4330 59	2074

FV2560	0,88	0,94	0,91	883 74	242 84	244 78	456 68	282 65	3,4 2,3	12,2 3,7	4411 71	2541
--------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-------------	------------	------

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI
LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, VESCE (a) <i>(Vicia sativa)</i>									
FV2570	Formation de la graine	20,0	0,79 0,16	0,71 0,14	36 7	116 23	88 18	7,73	2,06
FV2580	Début fructification	19,1	0,87 0,17	0,80 0,15	39 7	135 26	95 18	7,73	2,06
PROTÉAGINEUX, SOJA (b) <i>(Glycine max)</i>									
<i>Variétés précoces</i>									
FV2590	Début de la formation du grain	23,2	0,81 0,19	0,73 0,17	40 9	113 26	87 20	7,26	1,79
FV2600	Maturité de la graine	32,1	0,89 0,29	0,82 0,26	51 16	143 46	98 31	7,19	1,75
FV2610	Formation des gousses	17,2	0,76 0,13	0,68 0,12	39 7	109 19	86 15	7,27	1,80
<i>Variétés tardives</i>									
FV2620	Début floraison	16,2	0,70 0,11	0,61 0,10	35 6	97 16	80 13	7,28	1,81
FV2630	Floraison	18,9	0,68 0,13	0,59 0,11	34 6	94 18	78 15	7,28	1,81
FV2640	Début de la formation du grain	23,9	0,70 0,17	0,61 0,15	38 9	107 26	81 19	7,25	1,79
FV2650	Formation des gousses	20,8	0,69 0,14	0,60 0,12	38 8	106 22	82 17	7,25	1,79
PROTÉAGINEUX, POIS <i>(Pisum sativum)</i>									
FV2660	Formation de la graine	18,3	0,97 0,18	0,93 0,17	39 7	110 20	97 18	7,74	1,69
FV2670	Jaunissement de la graine	33,1	0,93 0,31	0,87 0,29	39 13	109 36	95 31	7,74	1,68
PROTÉAGINEUX, FÈVEROLE <i>(Vicia faba)</i>									
FV2680	Floraison	16,9	0,87 0,15	0,81 0,14	39 7	109 18	92 16	7,41	1,57
FV2690	Graine consistante	26,3	0,89 0,23	0,83 0,22	33 9	92 24	88 23	7,45	1,63
FV2700	Début maturité de la graine	35,0	0,88 0,31	0,82 0,29	28 10	79 28	84 29	7,49	1,68
FV2710	Formation des gousses	19,9	0,87 0,17	0,81 0,16	38 8	105 21	90 18	7,41	1,57
PROTÉAGINEUX, LUPIN BLANC <i>(Lupinus albus)</i>									
FV2720	Floraison	16,0	0,93 0,15	0,88 0,14	46 7	128 20	103 16	6,83	1,57
FV2730	Début de la formation du grain	16,5	0,94 0,16	0,89 0,15	40 7	113 19	99 16	6,92	1,62

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Résultats empruntés au "Tableau de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne". Institut agronomique méditerranéen de Zaragoza (Espagne).

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV2570	1,00	1,00	1,00	903 67	185 76	280 55	469 56	296 49	2,7 1,9	11,7 3,5	4403 64	2297
FV2580	0,94	0,97	0,95	901 71	214 79	266 63	478 64	305 60	3,0 2,1	11,7 3,5	4444 68	2458
FV2590	0,90	0,95	0,92	910 67	180 81	250 44	422 56	293 49	3,0 2,1	12,7 3,8	4460 64	2368
FV2600	0,96	0,98	0,97	918 70	228 86	272 47	441 56	309 49	2,7 1,9	12,7 3,8	4700 67	2570
FV2610	0,98	0,99	0,98	895 65	174 80	296 47	461 56	326 49	2,7 1,9	12,2 3,7	4380 62	2224
FV2620	1,15	1,06	1,11	888 62	154 76	303 43	467 56	331 49	2,7 1,9	12,2 3,7	4350 59	2091
FV2630	1,13	1,05	1,09	892 60	150 78	327 44	488 56	348 49	3,0 2,1	12,7 3,8	4370 57	2026
FV2640	0,97	0,99	0,98	908 60	171 77	292 37	458 56	323 49	2,7 1,9	12,2 3,7	4450 57	2081
FV2650	1,05	1,02	1,04	897 61	169 79	305 42	469 56	332 49	2,7 1,9	12,2 3,7	4390 58	2076
FV2660	0,83	0,92	0,86	908 77	175 76	180 54	352 56	199 49	2,7 1,9	13,2 3,9	4330 74	2716
FV2670	0,88	0,95	0,91	919 74	174 73	192 33	346 56	211 49	2,3 1,6	12,7 3,8	4380 71	2621
FV2680	0,79	0,90	0,83	907 71	174 74	262 48	432 56	301 49	3,4 2,3	12,7 3,8	4340 68	2474
FV2690	0,89	0,95	0,91	919 72	146 73	306 49	468 56	333 49	2,7 1,9	11,7 3,5	4400 69	2535
FV2700	0,95	0,98	0,96	917 72	126 67	367 63	521 56	376 49	2,7 1,9	11,7 3,5	4390 69	2511
FV2710	0,83	0,92	0,87	905 71	167 77	264 46	434 56	303 49	3,0 2,1	12,2 3,7	4330 68	2463
FV2720	1,40	1,14	1,28	924 76	203 79	183 60	365 56	246 49	2,7 1,9	12,2 3,7	4430 73	2645
FV2730	1,52	1,18	1,36	939 76	180 77	214 60	391 56	268 49	2,3 1,6	11,7 3,5	4500 73	2688

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Résultats obtenus par l'ENSA de Toulouse.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

COMPOSÉE, TOURNESOL*(Helianthus annuus)*1er cycle

FV2740	Début de formation des capitules	10,4	0,83 0,09	0,79 0,08	37 4	104 11	91 9	6,58	2,12
FV2750	Début floraison	13,8	0,82 0,11	0,77 0,11	37 5	102 14	90 12	6,56	2,12
FV2760	Fin floraison	13,4	0,78 0,10	0,72 0,10	31 4	87 12	81 11	6,65	2,12
FV2770	Graine consistante	17,9	0,75 0,13	0,67 0,12	27 5	75 13	69 12	6,62	2,12
FV2780	Début du jaunissement des capitules	20,0	0,80 0,16	0,71 0,14	27 5	75 15	68 14	6,60	2,12
FV2790	Capitules jaunes	25,4	0,79 0,20	0,70 0,18	27 7	76 19	67 17	6,59	2,12

COMPOSÉE, SILPHIUM*(Silphium perfoliatum)*1er cycle

FV2800	Début de formation des capitules	10,0	0,80 0,08	0,75 0,08	33 3	92 9	84 8		
FV2810	Formation des capitules	10,1	0,72 0,07	0,65 0,07	30 3	83 8	76 8		
FV2820	Début floraison	11,5	0,68 0,08	0,60 0,07	24 3	67 8	69 8		

2e cycle

FV2830	Repousses à tiges de 10 semaines	11,2	0,76 0,09	0,70 0,08	31 3	86 10	79 9		
--------	----------------------------------	------	--------------	--------------	---------	----------	---------	--	--

CRUCIFÈRE, CHOUX*(Brassica oleracea)*

FV2840	Moelliers et 1/2 moelliers	12,4	1,03 0,13	1,01 0,13	37 5	104 13	98 12	7,20	1,84
FV2850	Feuillus	12,0	1,03 0,12	1,01 0,12	38 5	107 13	99 12	7,19	1,83
FV2860	Cavaliers rouges	14,9	1,04 0,15	1,02 0,15	39 6	108 16	100 15	7,18	1,83
FV2870	Mille-têtes	12,4	1,01 0,13	1,00 0,12	40 5	111 14	99 12	7,16	1,82

CRUCIFÈRE, COLZA*(Brassica napus)*En culture dérobée

FV2880	Feuillu	12,7	0,91 0,12	0,89 0,11	45 6	124 16	97 12	7,08	2,02
FV2890	Bourgeonnement	12,3	0,85 0,10	0,81 0,10	44 5	122 15	95 12	7,09	2,02
FV2900	Floraison	13,5	0,76 0,10	0,70 0,09	34 5	94 13	82 11	7,16	2,03

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FV2740	1,42	1,15	1,29	842 76	165 77	190 61	396	252	3,4 2,3	9,8 2,9	3960 73	2360
FV2750	2,07	1,30	1,65	848 76	163 74	210 60	394	246	3,0 2,1	11,7 3,5	3990 73	2344
FV2760	1,44	1,16	1,30	865 70	139 71	236 51	417	279	2,7 1,9	11,7 3,5	4070 67	2230
FV2770	1,01	1,01	1,01	882 64	120 63	254 42	407	278	2,7 1,9	13,2 3,9	4380 61	2224
FV2780	1,07	1,03	1,05	884 63	120 66	252 40	408	273	2,3 1,6	11,7 3,5	4690 60	2337
FV2790	1,17	1,07	1,13	891 63	121 65	295 50	424	307	2,3 1,6	9,8 2,9	4730 60	2335
FV2800	0,96	0,98	0,97	850 72	147 72	217 62	388	293	3,4 2,3	7,8 2,3	4000 69	2297
FV2810	0,94	0,97	0,95	855 66	132 67	250 53	426	334	3,0 2,1	9,8 2,9	4020 63	2104
FV2820	1,25	1,10	1,18	870 62	107 64	280 45	454	360	2,7 1,9	9,8 2,9	4090 59	1986
FV2830	1,03	1,01	1,02	843 69	137 66	217 58	389	295	3,0 2,1	11,7 3,5	3970 66	2173
FV2840	0,95	0,98	0,97	869 83	165 79	175 70	346	196	3,0 2,1	14,6 4,4	4200 80	2825
FV2850	0,95	0,98	0,97	868 83	171 79	163 73	338	186	3,0 2,1	14,6 4,4	4200 80	2825
FV2860	0,95	0,98	0,97	880 83	172 81	166 67	348	191	2,7 1,9	14,6 4,4	4250 80	2862
FV2870	0,95	0,98	0,97	832 85	177 78	138 79	329	173	3,4 2,3	19,5 5,9	4020 82	2764
FV2880	0,91	0,96	0,93	824 81	198 80	169 75	364	190	3,4 2,3	15,6 4,7	3860 78	2496
FV2890	1,45	1,16	1,31	822 79	194 82	215 70	420	253	3,4 2,3	15,6 4,7	3850 76	2353
FV2900	1,71	1,23	1,47	846 71	150 79	286 59	505	350	3,7 2,6	17,6 5,3	3960 68	2161

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOURRAGE VERT

Code INRA	FOURRAGE VERT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

CRUCIFÈRE, COLZA*(Brassica napus)**Immature*

FV2910	Feuille	8,9	0,96	0,94	38	107	95	7,18	2,03
			0,09	0,08	3	10	8		
FV2920	Début floraison	10,9	0,90	0,87	33	94	89	7,22	2,04
			0,10	0,09	4	10	10		
FV2930	Formation des siliques	13,4	0,79	0,73	32	90	82	7,19	2,04
			0,11	0,10	4	12	11		

CRUCIFÈRE, PERKO (a)

FV2940	Feuille	11,6	0,87	0,84	47	130	99		
			0,10	0,10	5	15	11		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Hybride de Choux Chinois x Navette.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FV2910	1,00	1,00	0,97	848 82	171 82	194 79	394	224	3,7 2,6	13,7 4,1	3970 79	2608
FV2920	1,21	1,08	0,97	861 78	149 80	230 66	438	273	3,7 2,6	13,7 4,1	4030 75	2490
FV2930	1,04	1,02	0,97	868 70	144 78	273 53	490	332	3,4 2,3	15,6 4,7	4070 67	2248

FV2940	1,36	1,13	0,97	829 79	207 79	111 83	294	110	3,4 2,3	9,8 2,9	3880 76	2408
--------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----	-----	------------	------------	------------	------

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	ENSILAGE	% MS	Énergie (b)		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

PRAIRIE PERMANENTE, PLAINE (NORMANDIE)***Brins courts sans conservateur***

FE0010	1er cycle (a)	19,1	0,90	0,83	19	80	62	7,13	2,00
	25/05, début épiaison ST=470°C		0,17	0,16	4	15	12		
FE0020	1er cycle (a)	21,1	0,81	0,72	18	70	58	7,12	2,00
	10/06, épiaison ST=685°C		0,17	0,15	4	15	12		
FE0050	2e cycle après déprimage	20,3	0,84	0,77	19	69	60	7,11	2,00
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,17	0,16	4	14	12		
FE0080	2e cycle après coupe épiaison	20,2	0,89	0,82	24	92	66	7,01	1,98
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,18	0,17	5	19	13		

Brins courts avec conservateur

FE0100	1er cycle (a)	19,1	0,89	0,83	24	82	72	7,14	1,96
	25/05, début épiaison ST=470°C		0,17	0,16	5	16	14		
FE0110	1er cycle (a)	21,1	0,80	0,72	22	72	67	7,14	1,96
	10/06, épiaison ST=685°C		0,17	0,15	5	15	14		
FE0130	2e cycle après déprimage	20,3	0,83	0,76	23	71	69	7,14	1,96
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,17	0,15	5	14	14		
FE0150	2e cycle après coupe épiaison	20,2	0,88	0,81	29	95	76	7,04	1,94
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,18	0,16	6	19	15		

Préfané coupe fine

FE0490	1er cycle (a)	33,5	0,85	0,77	26	87	72	7,08	1,95
	25/05, début épiaison ST=470°C		0,28	0,26	9	29	24		
FE0500	1er cycle (a)	33,5	0,75	0,66	23	74	65	7,11	1,96
	10/06, épiaison ST=685°C		0,25	0,22	8	25	22		
FE0530	2e cycle après déprimage	33,5	0,79	0,70	24	74	68	7,09	1,95
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,26	0,23	8	25	23		
FE0560	2e cycle après coupe épiaison	33,5	0,84	0,76	31	100	76	6,98	1,93
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,28	0,25	11	33	26		

Mi-fané

FE0580	1er cycle (a)	55,0	0,82	0,75	32	86	83	7,03	1,94
	25/05, début épiaison ST=470°C		0,45	0,41	18	47	46		
FE0590	1er cycle (a)	55,0	0,73	0,65	27	71	75	7,08	1,95
	10/06, épiaison ST=685°C		0,40	0,36	15	39	41		
FE0600	1er cycle (a)	55,0	0,65	0,56	23	61	67	7,11	1,95
	25/06, floraison ST=903°C		0,36	0,31	13	33	37		
FE0630	2e cycle après déprimage	55,0	0,76	0,68	29	71	77	7,06	1,95
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,42	0,37	16	39	42		
FE0660	2e cycle après coupe épiaison	55,0	0,82	0,75	39	100	89	6,94	1,92
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,45	0,41	22	55	49		

PRAIRIE PERMANENTE, DEMI-MONTAGNE (AUVERGNE)***Brins courts sans conservateur***

FE0680	1er cycle	18,5	0,92	0,86	20	88	65	7,12	2,00
	10/06, début épiaison		0,17	0,16	4	16	12		
FE0690	1er cycle	21,2	0,81	0,73	18	71	58	7,12	2,00
	25/06, épiaison		0,17	0,15	4	15	12		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) ST = Somme cumulée des températures au-dessus de 0°C depuis le 1^{er} avril.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FE0010	1,36	1,18	1,31	911 72	134 66	296 73	532 69	322 71	3,2 1,9	6,3 2,2	4572 68	2541
FE0020	1,51	1,26	1,45	923 67	117 62	321 69	551 62	343 65	3,1 1,9	5,7 2,0	4586 63	2347
FE0050	1,47	1,23	1,41	925 69	117 62	327 72	556 66	348 69	3,1 1,9	6,3 2,2	4595 65	2432
FE0080	1,35	1,17	1,27	906 72	153 67	293 73	530 69	320 71	3,2 1,9	8,0 2,8	4595 68	2542
FE0100	1,30	1,09	1,16	911 72	134 63	296 73	532 69	322 71	3,2 1,9	6,3 2,2	4522 68	2519
FE0110	1,44	1,17	1,30	923 67	117 61	321 69	551 62	343 65	3,1 1,9	5,7 2,0	4535 63	2325
FE0130	1,40	1,15	1,26	925 69	117 61	327 72	556 66	348 69	3,1 1,9	6,3 2,2	4544 65	2410
FE0150	1,30	1,08	1,13	906 72	153 66	293 73	530 69	320 71	3,2 1,9	8,0 2,8	4545 68	2518
FE0490	1,40	1,06	1,09	896 70	141 65	285 69	549 67	313 67	3,2 1,9	6,3 2,2	4509 66	2420
FE0500	1,85	1,15	1,26	909 65	120 62	324 66	582 61	345 62	3,1 1,9	5,7 2,0	4533 61	2221
FE0530	1,71	1,12	1,21	909 67	121 62	328 69	585 65	349 66	3,1 1,9	6,3 2,2	4535 63	2303
FE0560	1,39	1,06	1,08	893 70	160 67	285 69	549 67	313 67	3,2 1,9	8,0 2,8	4529 66	2418
FE0580	1,38	1,07	1,11	912 69	134 65	301 69	562 66	326 67	3,2 1,9	6,3 2,2	4437 65	2359
FE0590	1,56	1,16	1,29	919 64	112 62	332 65	588 60	352 61	3,1 1,9	5,7 2,0	4427 60	2154
FE0600	1,67	1,21	1,40	919 58	96 58	349 60	603 53	366 54	3,1 1,9	5,2 1,8	4400 55	1948
FE0630	1,51	1,14	1,24	919 65	113 62	336 68	592 63	355 64	3,1 1,9	6,3 2,2	4429 62	2220
FE0660	1,37	1,06	1,10	910 69	155 67	301 69	562 66	326 67	3,2 1,9	8,0 2,8	4470 65	2363
FE0680	1,41	1,15	1,24	925 73	146 66	291 74	528 71	318 73	2,4 1,4	5,3 1,8	4666 69	2629
FE0690	1,46	1,18	1,29	930 67	118 63	314 68	546 62	337 64	1,8 1,1	4,9 1,7	4621 63	2372

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Pour des teurs en matière sèche différentes, les valeurs d'énergie et d'encombrement des ensilages en brins courts sont à corriger selon les tableaux de l'annexe 4.

Code INRA	ENSILAGE	% MS	Énergie (b)		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

PRAIRIE PERMANENTE, DEMI-MONTAGNE (AUVERGNE)**Brins courts sans conservateur**

FE0700	2e cycle après coupe épiaison	20,0	0,93	0,87	30	121	74	6,92	1,97
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,19	0,17	6	24	15		
FE0710	2e cycle après coupe épiaison	20,7	0,89	0,83	26	101	68	6,96	1,98
	Repousses feuillues de 8 semaines		0,18	0,17	5	21	14		

Brins courts avec conservateur

FE0720	1er cycle	18,5	0,91	0,85	25	90	75	7,13	1,96
	10/06, début épiaison		0,17	0,16	5	17	14		
FE0730	1er cycle	21,2	0,81	0,73	22	72	67	7,15	1,96
	25/06, épiaison		0,17	0,15	5	15	14		
FE0740	2e cycle après coupe épiaison	20,0	0,92	0,86	37	124	85	6,95	1,92
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,18	0,17	7	25	17		
FE0750	2e cycle après coupe épiaison	20,7	0,89	0,82	32	104	78	6,99	1,93
	Repousses feuillues de 8 semaines		0,18	0,17	7	21	16		

Préfané coupe fine

FE0920	1er cycle	33,5	0,85	0,78	28	96	75	7,06	1,94
	10/06, début épiaison		0,28	0,26	9	32	25		
FE0930	1er cycle	33,5	0,75	0,66	23	75	66	7,11	1,96
	25/06, épiaison		0,25	0,22	8	25	22		
FE0940	2e cycle après coupe épiaison	33,5	0,86	0,79	40	131	86	6,89	1,91
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,29	0,26	13	44	29		
FE0950	2e cycle après coupe épiaison	33,5	0,83	0,76	34	108	78	6,95	1,92
	Repousses feuillues de 8 semaines		0,28	0,25	11	36	26		

Mi-fané

FE0960	1er cycle	55,0	0,82	0,75	36	96	88	7,00	1,93
	10/06, début épiaison		0,45	0,41	20	53	48		
FE0970	1er cycle	55,0	0,73	0,64	28	72	75	7,07	1,95
	25/06, épiaison		0,40	0,35	15	40	41		
FE0980	1er cycle	55,0	0,63	0,53	23	61	66	7,10	1,95
	10/07, floraison		0,35	0,29	13	33	36		
FE0990	2e cycle après coupe épiaison	55,0	0,84	0,77	52	135	103	6,81	1,89
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,46	0,42	28	74	56		
FE1000	2e cycle après coupe épiaison	55,0	0,81	0,73	43	110	93	6,89	1,91
	Repousses feuillues de 8 semaines		0,44	0,40	23	60	51		

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS D'ITALIE, ALTERNATIF**Brins courts sans conservateur**

FE1010	1er cycle	15,8	0,90	0,85	18	113	58	6,89	2,07
	Début épiaison		0,14	0,13	3	18	9		
FE1020	2e cycle après coupe épiaison	18,7	0,74	0,66	17	79	50	6,80	2,07
	Repousses à tiges de 6 semaines		0,14	0,12	3	15	9		

Brins courts avec conservateur

FE1030	1er cycle	15,8	0,90	0,84	25	116	71	6,75	2,07
	Début épiaison		0,14	0,13	4	18	11		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FE0700	1,35	1,11	1,17	908 74	196 71	260 73	505 71	292 72	2,4 1,4	8,2 2,9	4710 70	2669
FE0710	1,39	1,13	1,17	900 72	166 69	269 70	511 68	300 69	2,1 1,3	7,4 2,6	4599 68	2538
FE0720	1,35	1,06	1,08	925 73	146 65	291 74	528 71	318 73	2,4 1,4	5,3 1,8	4615 69	2605
FE0730	1,39	1,10	1,16	930 67	118 61	314 68	546 62	337 64	1,8 1,1	4,9 1,7	4570 63	2350
FE0740	1,30	1,03	1,04	908 74	196 69	260 73	505 71	292 72	2,4 1,4	8,2 2,9	4660 70	2645
FE0750	1,33	1,05	1,05	900 72	166 67	269 70	511 68	300 69	2,1 1,3	7,4 2,6	4549 68	2515
FE0920	1,54	1,02	1,02	906 71	154 66	276 70	541 68	306 68	2,4 1,4	5,3 1,8	4493 67	2439
FE0930	1,68	1,08	1,13	916 65	122 61	315 65	574 61	338 61	1,8 1,1	4,9 1,7	4483 61	2207
FE0940	1,39	1,01	1,00	895 72	206 70	245 68	514 68	280 67	2,4 1,4	8,2 2,9	4535 68	2482
FE0950	1,59	1,03	1,01	890 70	172 68	259 66	526 66	291 65	2,1 1,3	7,4 2,6	4451 66	2364
FE0960	1,40	1,03	1,03	917 70	149 66	293 70	556 67	320 68	2,4 1,4	5,3 1,8	4403 66	2366
FE0970	1,46	1,10	1,16	922 64	114 61	325 65	583 59	346 60	1,8 1,1	4,9 1,7	4359 60	2128
FE0980	1,59	1,18	1,32	917 57	96 57	340 58	595 51	358 52	1,5 0,9	3,6 1,3	4304 54	1879
FE0990	1,33	1,02	1,00	911 71	205 70	268 68	534 67	299 67	2,4 1,4	8,2 2,9	4483 67	2418
FE1000	1,38	1,04	1,04	908 69	169 68	280 67	544 65	309 65	2,1 1,3	7,4 2,6	4403 65	2325
FE1010	1,37	1,25	1,41	853 76	190 71	286 78	536 76	315 78	2,6 1,6	4,6 1,8	4439 72	2563
FE1020	1,53	1,31	1,56	869 66	136 66	307 66	550 61	332 62	3,1 1,9	5,8 2,3	4381 62	2182
FE1030	1,31	1,14	1,22	853 76	190 70	286 78	536 76	315 78	2,6 1,6	4,6 1,8	4392 72	2541

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Pour des teneurs en matière sèche différentes, les valeurs d'énergie et d'encombrement des ensilages en brins courts sont à corriger selon les tableaux de l'annexe 4.

Code INRA	ENSILAGE	% MS	Énergie (b)		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS D'ITALIE, ALTERNATIF***Brins courts avec conservateur***

FE1040	2e cycle après coupe épiaison	18,7	0,73	0,65	22	82	61	6,74	2,07
	Repousses à tiges de 6 semaines		0,14	0,12	4	15	11		

Préfané coupe fine

FE1130	1er cycle	33,5	0,83	0,77	30	126	75	6,61	2,06
	Début épiaison		0,28	0,26	10	42	25		
FE1140	2e cycle après coupe épiaison	33,5	0,68	0,59	24	87	62	6,65	2,07
	Repousses à tiges de 6 semaines		0,23	0,20	8	29	21		

Mi-fané

FE1150	1er cycle	55,0	0,83	0,76	42	130	93	6,48	2,06
	Début épiaison		0,46	0,42	23	72	51		
FE1160	1er cycle	55,0	0,76	0,69	25	72	75	6,82	2,07
	Début floraison		0,42	0,38	14	39	41		
FE1170	2e cycle après coupe épiaison	55,0	0,68	0,60	31	86	75	6,59	2,06
	Repousses à tiges de 6 semaines		0,37	0,33	17	47	41		

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS D'ITALIE, NON ALTERNATIF***Brins courts sans conservateur***

FE1180	1er cycle	18,6	0,93	0,87	13	68	57	7,09	2,08
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,17	0,16	3	13	11		
FE1190	1er cycle	18,7	0,90	0,84	13	65	55	7,09	2,08
	Début épiaison		0,17	0,16	2	12	10		
FE1210	1er cycle	21,2	0,81	0,73	12	54	51	7,09	2,08
	Fin épiaison		0,17	0,15	3	11	11		
FE1240	2e cycle après coupe épiaison	20,4	0,79	0,71	17	74	53	6,87	2,07
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,16	0,14	3	15	11		

Brins courts avec conservateur

FE1250	1er cycle	18,6	0,92	0,86	18	70	67	7,01	2,08
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,17	0,16	3	13	13		
FE1260	1er cycle	18,7	0,89	0,83	17	66	65	7,02	2,08
	Début épiaison		0,17	0,16	3	12	12		
FE1280	1er cycle	21,2	0,80	0,73	15	55	60	7,04	2,08
	Fin épiaison		0,17	0,15	3	12	13		
FE1300	2e cycle après coupe épiaison	20,4	0,78	0,70	21	76	64	6,82	2,07
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,16	0,14	4	16	13		

Préfané coupe fine

FE1570	1er cycle	33,5	0,85	0,80	20	74	68	6,93	2,07
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,28	0,27	7	25	23		
FE1580	1er cycle	33,5	0,83	0,77	19	70	65	6,94	2,07
	Début épiaison		0,28	0,26	6	24	22		
FE1600	1er cycle	33,5	0,74	0,67	16	57	59	7,02	2,08
	Fin épiaison		0,25	0,22	5	19	20		
FE1630	2e cycle après coupe épiaison	33,5	0,72	0,64	22	80	64	6,76	2,07
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,24	0,21	8	27	21		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FE1040	1,46	1,21	1,37	869 66	136 65	307 66	550 61	332 62	3,1 1,9	5,8 2,3	4333 62	2161
FE1130	1,42	1,07	1,11	841 74	203 71	259 73	539 73	293 72	2,6 1,6	4,6 1,8	4226 70	2361
FE1140	1,95	1,16	1,29	860 64	143 66	297 62	569 59	324 58	3,1 1,9	5,8 2,3	4206 60	2006
FE1150	1,39	1,07	1,11	882 73	202 71	280 72	556 71	310 71	2,6 1,6	4,6 1,8	4307 69	2369
FE1160	1,44	1,10	1,16	899 68	115 65	316 70	584 66	339 66	2,3 1,4	4,6 1,8	4207 65	2205
FE1170	1,60	1,17	1,32	892 63	137 66	310 62	579 58	335 57	3,1 1,9	5,8 2,3	4221 59	2007
FE1180	1,34	1,18	1,29	905 75	117 62	266 75	511 73	295 74	2,6 1,6	4,6 1,8	4502 71	2642
FE1190	1,36	1,19	1,30	905 73	111 62	272 72	517 70	301 71	2,6 1,6	4,6 1,8	4487 69	2555
FE1210	1,44	1,21	1,35	913 68	93 58	298 68	546 64	328 65	2,3 1,4	4,6 1,8	4481 64	2355
FE1240	1,39	1,19	1,31	908 67	127 65	305 67	553 63	335 64	2,6 1,6	4,6 1,8	4541 63	2326
FE1250	1,28	1,09	1,14	905 75	117 61	266 75	511 73	295 74	2,6 1,6	4,6 1,8	4452 71	2619
FE1260	1,30	1,10	1,15	905 73	111 59	272 72	517 70	301 71	2,6 1,6	4,6 1,8	4438 69	2532
FE1280	1,37	1,13	1,21	913 68	93 55	298 68	546 64	328 65	2,3 1,4	4,6 1,8	4430 64	2333
FE1300	1,33	1,10	1,17	908 67	127 63	305 67	553 63	335 64	2,6 1,6	4,6 1,8	4491 63	2304
FE1570	1,35	1,05	1,07	890 73	123 63	246 69	510 69	275 68	2,6 1,6	4,6 1,8	4308 69	2450
FE1580	1,39	1,06	1,08	890 71	117 62	254 67	520 67	283 65	2,6 1,6	4,6 1,8	4298 67	2368
FE1600	1,62	1,11	1,18	901 66	95 56	297 65	571 62	327 62	2,3 1,4	4,6 1,8	4309 62	2177
FE1630	1,49	1,08	1,13	895 65	132 64	301 64	575 61	331 60	2,6 1,6	4,6 1,8	4347 61	2141

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Pour des teneurs en matière sèche différentes, les valeurs d'énergie et d'encombrement des ensilages en brins courts sont à corriger selon les tableaux de l'annexe 4.

Code INRA	ENSILAGE	Énergie (b)			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS D'ITALIE, NON ALTERNATIF

Mi-fané

FE1650	1er cycle	55,0	0,81	0,74	23	67	76	6,88	2,07
	Début épiaison		0,44	0,41	13	37	42		
FE1670	1er cycle	55,0	0,72	0,64	18	52	67	6,98	2,08
	Fin épiaison		0,40	0,35	10	29	37		
FE1680	1er cycle	55,0	0,68	0,60	16	46	63	7,03	2,08
	Début floraison		0,37	0,33	9	25	35		
FE1710	2e cycle après coupe épiaison	55,0	0,71	0,63	28	78	75	6,69	2,07
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,39	0,35	15	43	41		

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS ANGLAIS

Brins courts sans conservateur

FE1720	1er cycle variétés précoces	18,1	1,01	0,96	16	89	64	7,39	2,00
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,18	0,17	3	16	12		
FE1730	1er cycle variétés précoces	18,6	0,97	0,92	16	83	62	7,39	2,00
	Début épiaison		0,18	0,17	3	15	12		
FE1750	1er cycle variétés précoces	19,1	0,85	0,78	13	65	54	7,41	2,01
	Fin épiaison		0,16	0,15	3	12	10		
FE1770	1er cycle variétés tardives	19,3	0,91	0,86	14	71	58	7,40	2,01
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,18	0,17	3	14	11		
FE1780	1er cycle variétés tardives	20,6	0,88	0,82	14	66	56	7,40	2,00
	Début épiaison		0,18	0,17	3	14	12		
FE1800	1er cycle variétés tardives	22,1	0,79	0,71	12	52	51	7,42	2,01
	Fin épiaison		0,17	0,16	3	12	11		
FE1820	2e cycle après coupe épiaison	22,4	0,83	0,76	18	77	57	7,30	1,98
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,19	0,17	4	17	13		
FE1840	2e cycle après coupe épiaison	19,9	0,94	0,88	21	99	64	7,29	1,98
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,19	0,18	4	20	13		

Brins courts avec conservateur

FE1860	1er cycle variétés précoces	18,1	1,00	0,96	22	91	74	6,95	1,95
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,18	0,17	4	17	13		
FE1870	1er cycle variétés précoces	18,6	0,96	0,91	21	85	72	7,02	1,97
	Début épiaison		0,18	0,17	4	16	13		
FE1890	1er cycle variétés précoces	19,1	0,84	0,77	17	67	63	7,06	1,97
	Fin épiaison		0,16	0,15	3	13	12		
FE1900	1er cycle variétés tardives	19,3	0,90	0,85	19	73	67	7,05	1,97
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,17	0,16	4	14	13		
FE1910	1er cycle variétés tardives	20,6	0,88	0,82	18	68	65	7,05	1,97
	Début épiaison		0,18	0,17	4	14	13		
FE1930	1er cycle variétés tardives	22,1	0,78	0,71	15	53	59	7,11	1,98
	Fin épiaison		0,17	0,16	3	12	13		
FE1950	2e cycle après coupe épiaison	22,4	0,83	0,76	23	79	67	6,89	1,94
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,19	0,17	5	18	15		
FE1970	2e cycle après coupe épiaison	19,9	0,93	0,88	27	101	75	6,79	1,92
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,19	0,18	5	20	15		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FE1650	1,37	1,07	1,10	908 70	108 62	275 68	545 66	305 66	2,6 1,6	4,6 1,8	4235 66	2306
FE1670	1,48	1,12	1,21	914 65	85 56	310 64	586 61	340 61	2,3 1,4	4,6 1,8	4218 61	2107
FE1680	1,58	1,17	1,30	915 62	76 51	317 61	594 58	347 57	2,3 1,4	4,6 1,8	4204 58	2006
FE1710	1,42	1,09	1,15	911 64	125 64	314 63	590 60	344 60	2,6 1,6	4,6 1,8	4278 60	2084

FE1720	1,31	1,16	1,27	903 79	151 68	266 81	521 80	288 82	2,8 1,7	5,8 2,3	4576 75	2824
FE1730	1,40	1,21	1,37	913 77	141 66	273 79	528 77	296 78	2,8 1,7	5,8 2,3	4598 73	2757
FE1750	1,49	1,28	1,48	915 70	112 62	312 72	568 68	337 69	2,6 1,6	5,8 2,3	4536 66	2444
FE1770	1,42	1,23	1,38	896 75	122 64	302 78	558 75	326 77	2,8 1,7	5,8 2,3	4472 71	2599
FE1780	1,47	1,24	1,41	900 73	113 62	307 76	563 72	332 74	2,8 1,7	5,8 2,3	4469 69	2522
FE1800	1,53	1,25	1,46	906 68	90 57	321 70	577 66	346 67	2,6 1,6	5,8 2,3	4441 64	2322
FE1820	1,39	1,16	1,26	896 70	131 65	288 69	543 67	312 67	2,8 1,7	5,8 2,3	4495 66	2418
FE1840	1,33	1,15	1,24	893 76	166 69	268 77	523 75	291 76	3,0 1,8	6,4 2,6	4566 72	2681

FE1860	1,26	1,07	1,12	903 79	151 66	266 81	521 80	288 82	2,8 1,7	5,8 2,3	4526 75	2799
FE1870	1,33	1,12	1,21	913 77	141 65	273 79	528 77	296 78	2,8 1,7	5,8 2,3	4548 73	2733
FE1890	1,42	1,18	1,31	915 70	112 60	312 72	568 68	337 69	2,6 1,6	5,8 2,3	4486 66	2422
FE1900	1,35	1,14	1,22	896 75	122 62	302 78	558 75	326 77	2,8 1,7	5,8 2,3	4423 71	2576
FE1910	1,40	1,15	1,26	900 73	113 60	307 76	563 72	332 74	2,8 1,7	5,8 2,3	4420 69	2499
FE1930	1,45	1,17	1,31	906 68	90 54	321 70	577 66	346 67	2,6 1,6	5,8 2,3	4391 64	2300
FE1950	1,33	1,08	1,14	896 70	131 63	288 69	543 67	312 67	2,8 1,7	5,8 2,3	4445 66	2396
FE1970	1,27	1,07	1,10	893 76	166 67	268 77	523 75	291 76	3,0 1,8	6,4 2,6	4517 72	2658

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Pour des teneurs en matière sèche différentes, les valeurs d'énergie et d'encombrement des ensilages en brins courts sont à corriger selon les tableaux de l'annexe 4.

Code INRA	ENSILAGE	Énergie (b)			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS ANGLAIS*Préfané coupe fine*

FE2530	1er cycle variétés précoces 1 semaine avant le début de l'épiaison	33,5	0,93 0,31	0,88 0,29	25 8	98 33	76 25	6,61	1,82
FE2540	1er cycle variétés précoces Début épiaison	33,5	0,89 0,30	0,84 0,28	23 8	90 30	73 24	6,65	1,83
FE2560	1er cycle variétés précoces Fin épiaison	33,5	0,78 0,26	0,70 0,23	19 6	70 24	64 21	6,73	1,85
FE2580	1er cycle variétés tardives 1 semaine avant le début de l'épiaison	33,5	0,84 0,28	0,78 0,26	20 7	77 26	68 23	6,71	1,84
FE2590	1er cycle variétés tardives Début épiaison	33,5	0,81 0,27	0,75 0,25	19 6	70 24	65 22	6,75	1,85
FE2610	1er cycle variétés tardives Fin épiaison	33,5	0,72 0,24	0,64 0,21	15 5	54 18	59 20	6,86	1,88
FE2630	2e cycle après coupe épiaison Repousses à tiges de 7 semaines	33,5	0,77 0,26	0,70 0,23	23 8	81 27	66 22	6,55	1,81
FE2650	2e cycle après coupe épiaison Repousses feuillues de 7 semaines	33,5	0,87 0,29	0,81 0,27	29 10	107 36	77 26	6,43	1,78

Mi-fané

FE2680	1er cycle variétés précoces Début épiaison	55,0	0,86 0,48	0,81 0,44	30 17	90 50	85 47	6,51	1,80
FE2700	1er cycle variétés précoces Fin épiaison	55,0	0,76 0,42	0,69 0,38	24 13	68 37	74 41	6,64	1,83
FE2710	1er cycle variétés précoces Début floraison	55,0	0,70 0,39	0,62 0,34	23 13	66 36	71 39	6,62	1,82
FE2740	1er cycle variétés tardives Début épiaison	55,0	0,80 0,44	0,73 0,40	23 13	67 37	76 42	6,67	1,84
FE2760	1er cycle variétés tardives Fin épiaison	55,0	0,71 0,39	0,64 0,35	17 10	49 27	66 36	6,84	1,88
FE2770	1er cycle variétés tardives Début floraison	55,0	0,69 0,38	0,61 0,33	17 9	48 26	65 36	6,84	1,88
FE2790	2e cycle après coupe épiaison Repousses à tiges de 7 semaines	55,0	0,76 0,42	0,69 0,38	29 16	79 44	78 43	6,47	1,79
FE2810	2e cycle après coupe épiaison Repousses feuillues de 7 semaines	55,0	0,85 0,47	0,79 0,43	38 21	109 60	91 50	6,28	1,74

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, FÉTUQUE ÉLEVÉE*Brins courts sans conservateur*

FE2830	1er cycle 1 semaine avant le début de l'épiaison	20,4	0,82 0,17	0,74 0,15	17 3	84 17	55 11	7,42	2,00
FE2840	1er cycle Début épiaison	20,6	0,79 0,16	0,72 0,15	16 3	78 16	53 11	7,43	2,01
FE2860	1er cycle Fin épiaison	21,5	0,73 0,16	0,64 0,14	14 3	65 14	49 11	7,44	2,01
FE2880	2e cycle après déprimage Repousses à tiges de 5 semaines	20,4	0,77 0,16	0,70 0,14	18 4	82 17	54 11	7,38	1,99

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FE2530	1,29	1,03	1,04	887 77	160 67	245 76	521 77	266 76	2,8 1,7	5,8 2,3	4361 73	2612
FE2540	1,50	1,08	1,14	896 75	148 66	254 74	531 74	276 73	2,8 1,7	5,8 2,3	4381 71	2539
FE2560	1,80	1,14	1,24	899 68	117 62	305 68	587 66	329 65	2,6 1,6	5,8 2,3	4339 64	2244
FE2580	1,56	1,10	1,16	884 73	128 63	293 74	574 73	317 73	2,8 1,7	5,8 2,3	4290 69	2405
FE2590	1,72	1,13	1,22	889 71	117 62	304 72	586 70	328 70	2,8 1,7	5,8 2,3	4293 67	2330
FE2610	1,93	1,16	1,29	897 66	91 55	327 68	612 65	353 64	2,6 1,6	5,8 2,3	4283 62	2146
FE2630	1,49	1,08	1,13	890 68	134 64	288 66	568 65	312 63	2,8 1,7	5,8 2,3	4328 64	2244
FE2650	1,33	1,04	1,05	882 74	174 68	254 72	531 72	276 71	3,0 1,8	6,4 2,6	4363 70	2481

FE2680	1,42	1,09	1,15	912 73	143 66	276 73	555 73	299 72	2,8 1,7	5,8 2,3	4314 70	2453
FE2700	1,55	1,15	1,27	913 67	109 62	317 68	600 66	342 65	2,6 1,6	5,8 2,3	4257 64	2201
FE2710	1,65	1,20	1,37	913 64	107 61	332 65	617 62	358 61	2,3 1,4	5,8 2,3	4250 60	2065
FE2740	1,52	1,14	1,24	908 70	108 62	316 72	599 70	341 70	2,8 1,7	5,8 2,3	4233 66	2283
FE2760	1,59	1,18	1,32	912 65	81 55	335 67	620 63	361 63	2,6 1,6	5,8 2,3	4199 61	2087
FE2770	1,60	1,18	1,34	916 63	79 54	344 65	631 61	371 61	2,3 1,4	5,8 2,3	4212 59	2030
FE2790	1,42	1,09	1,15	908 67	127 64	303 67	585 65	328 64	2,8 1,7	5,8 2,3	4270 64	2207
FE2810	1,34	1,05	1,07	904 73	170 68	276 72	555 71	299 70	3,0 1,8	6,4 2,6	4335 69	2418

FE2830	1,37	1,18	1,29	869 70	142 67	274 68	536 66	303 66	2,8 1,7	3,4 1,3	4396 66	2355
FE2840	1,39	1,18	1,31	874 69	132 66	289 68	551 65	319 66	2,6 1,6	3,4 1,3	4394 65	2319
FE2860	1,48	1,23	1,40	880 65	111 62	313 65	576 61	343 62	2,3 1,4	3,4 1,3	4371 61	2158
FE2880	1,46	1,23	1,40	846 69	139 67	287 68	549 65	317 66	3,0 1,8	4,6 1,8	4281 65	2243

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Pour des teneurs en matière sèche différentes, les valeurs d'énergie et d'encombrement des ensilages en brins courts sont à corriger selon les tableaux de l'annexe 4.

Code INRA	ENSILAGE	% MS	Énergie (b)		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, FÉTUQUE ÉLEVÉE***Brins courts sans conservateur***

FE2900	2e cycle après coupe épiaison	21,9	0,78	0,70	19	81	55	7,38	1,99
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,17	0,15					

Brins courts avec conservateur

FE2910	1er cycle	20,4	0,81	0,74	22	86	65	7,38	1,99
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,17	0,15					
FE2920	1er cycle	20,6	0,79	0,71	21	80	63	7,40	2,00
	Début épiaison		0,16	0,15					
FE2940	1er cycle	21,5	0,72	0,64	18	67	59	7,42	2,00
	Fin épiaison		0,15	0,14					
FE2960	2e cycle après déprimage	20,4	0,76	0,69	23	84	64	7,36	1,98
	Repousses à tiges de 5 semaines		0,16	0,14					
FE2980	2e cycle après coupe épiaison	21,9	0,77	0,69	24	84	65	7,35	1,98
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,17	0,15					

Préfané coupe fine

FE3290	1er cycle	33,5	0,75	0,68	23	90	65	7,37	1,99
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,25	0,23					
FE3300	1er cycle	33,5	0,73	0,65	22	83	63	7,38	1,99
	Début épiaison		0,24	0,22					
FE3320	1er cycle	33,5	0,67	0,58	18	69	58	7,41	2,00
	Fin épiaison		0,22	0,19					
FE3340	2e cycle après déprimage	33,5	0,71	0,63	24	87	64	7,34	1,98
	Repousses à tiges de 5 semaines		0,24	0,21					
FE3360	2e cycle après coupe épiaison	33,5	0,72	0,64	24	85	64	7,35	1,98
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,24	0,21					

Mi-fané

FE3380	1er cycle	55,0	0,73	0,65	28	82	75	7,35	1,98
	Début épiaison		0,40	0,36					
FE3400	1er cycle	55,0	0,67	0,59	23	66	68	7,39	1,99
	Fin épiaison		0,37	0,32					
FE3410	1er cycle	55,0	0,61	0,51	22	64	64	7,37	1,99
	Début floraison		0,33	0,28					
FE3430	2e cycle après déprimage	55,0	0,72	0,64	31	87	77	7,31	1,97
	Repousses à tiges de 5 semaines		0,39	0,35					
FE3450	2e cycle après coupe épiaison	55,0	0,71	0,63	30	85	77	7,32	1,97
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,39	0,35					

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, DACTYLE***Brins courts sans conservateur***

FE3460	1er cycle	18,4	0,95	0,89	19	109	66	7,02	2,04
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,17	0,16					
FE3470	1er cycle	18,5	0,91	0,85	17	92	62	7,06	2,04
	Début épiaison		0,17	0,16					
FE3490	1er cycle	19,6	0,81	0,73	15	73	57	7,10	2,04
	Fin épiaison		0,16	0,14					

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FE2900	1,38	1,15	1,26	870 68	138 67	288 66	550 64	318 64	3,0 1,8	4,6 1,8	4391 64	2275
--------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------

FE2910	1,31	1,09	1,15	869 70	142 65	274 68	536 66	303 66	2,8 1,7	3,4 1,3	4348 66	2334
FE2920	1,33	1,10	1,16	874 69	132 64	289 68	551 65	319 66	2,6 1,6	3,4 1,3	4346 65	2297
FE2940	1,41	1,14	1,26	880 65	111 60	313 65	576 61	343 62	2,3 1,4	3,4 1,3	4323 61	2138
FE2960	1,39	1,14	1,24	846 69	139 65	287 68	549 65	317 66	3,0 1,8	4,6 1,8	4235 65	2222
FE2980	1,32	1,08	1,13	870 68	138 65	288 66	550 64	318 64	3,0 1,8	4,6 1,8	4343 64	2254

FE3290	1,43	1,07	1,11	863 68	147 66	264 63	549 64	293 61	2,8 1,7	3,4 1,3	4227 64	2187
FE3300	1,48	1,08	1,13	868 67	137 65	283 64	570 64	312 62	2,6 1,6	3,4 1,3	4232 63	2152
FE3320	1,76	1,13	1,23	875 63	114 61	315 63	605 60	345 59	2,3 1,4	3,4 1,3	4223 59	1999
FE3340	1,67	1,12	1,20	844 67	144 66	279 64	565 63	308 61	3,0 1,8	4,6 1,8	4135 63	2085
FE3360	1,46	1,07	1,12	867 66	141 65	286 63	573 62	315 60	3,0 1,8	4,6 1,8	4235 62	2115

FE3380	1,41	1,09	1,14	896 65	131 65	299 64	587 62	329 61	2,6 1,6	3,4 1,3	4227 62	2119
FE3400	1,53	1,15	1,26	900 62	106 61	325 62	616 59	356 58	2,3 1,4	3,4 1,3	4195 58	1982
FE3410	1,60	1,18	1,32	901 57	104 61	339 58	631 54	370 53	2,3 1,4	3,4 1,3	4196 54	1824
FE3430	1,49	1,12	1,22	883 65	138 66	296 64	584 62	325 60	3,0 1,8	4,6 1,8	4188 62	2088
FE3450	1,40	1,08	1,13	896 65	135 65	302 63	590 61	332 60	3,0 1,8	4,6 1,8	4234 61	2088

FE3460	1,27	1,14	1,20	888 76	182 70	282 78	561 77	306 77	2,6 1,6	3,4 1,3	4582 72	2677
FE3470	1,32	1,17	1,27	883 74	155 68	286 75	565 74	310 74	2,3 1,4	2,7 1,1	4493 70	2558
FE3490	1,48	1,26	1,46	903 68	124 64	327 70	603 67	354 68	2,3 1,4	2,7 1,1	4510 64	2337

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Pour des teneurs en matière sèche différentes, les valeurs d'énergie et d'encombrement des ensilages en brins courts sont à corriger selon les tableaux de l'annexe 4.

Code INRA	ENSILAGE	% MS	Énergie (b)		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, DACTYLE***Brins courts sans conservateur***

FE3510	2e cycle après déprimage	27,3	0,58	0,48	17	62	46	6,83	2,02
	Repousses à tiges de 8 semaines		0,16	0,13	5	17	13		
FE3530	2e cycle après coupe épiaison	23,2	0,80	0,72	20	88	60	6,87	2,03
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,19	0,17	5	20	14		

Brins courts avec conservateur

FE3550	1er cycle	18,4	0,94	0,88	26	112	75	7,09	1,82
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,17	0,16	5	21	14		
FE3560	1er cycle	18,5	0,90	0,84	23	94	70	7,13	1,83
	Début épiaison		0,17	0,16	4	17	13		
FE3580	1er cycle	19,6	0,80	0,72	19	75	63	7,17	1,85
	Fin épiaison		0,16	0,14	4	15	12		
FE3590	2e cycle après déprimage	27,3	0,58	0,47	20	64	52	7,00	1,78
	Repousses à tiges de 8 semaines		0,16	0,13	6	17	14		
FE3610	2e cycle après coupe épiaison	23,2	0,79	0,71	26	90	67	7,01	1,78
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,18	0,16	6	21	16		

Préfané coupe fine

FE3970	1er cycle	33,5	0,87	0,81	29	119	76	7,03	1,79
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,29	0,27	10	40	25		
FE3980	1er cycle	33,5	0,83	0,77	25	100	71	7,07	1,81
	Début épiaison		0,28	0,26	8	33	24		
FE4000	1er cycle	33,5	0,73	0,65	20	78	63	7,13	1,83
	Fin épiaison		0,24	0,22	7	26	21		
FE4020	2e cycle après déprimage	33,5	0,53	0,42	17	60	49	7,07	1,81
	Repousses à tiges de 8 semaines		0,18	0,14	6	20	16		
FE4040	2e cycle après coupe épiaison	33,5	0,73	0,65	25	92	66	7,01	1,78
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,24	0,22	9	31	22		

Mi-fané

FE4070	1er cycle	55,0	0,81	0,75	33	101	85	7,00	1,78
	Début épiaison		0,45	0,41	18	55	47		
FE4090	1er cycle	55,0	0,72	0,64	26	77	74	7,07	1,81
	Fin épiaison		0,39	0,35	14	42	41		
FE4100	1er cycle	55,0	0,68	0,59	24	70	71	7,09	1,82
	Début floraison		0,37	0,33	13	39	39		
FE4120	2e cycle après déprimage	55,0	0,53	0,43	21	56	58	7,07	1,81
	Repousses à tiges de 8 semaines		0,29	0,24	11	31	32		
FE4140	2e cycle après coupe épiaison	55,0	0,72	0,64	33	92	80	6,96	1,76
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,40	0,35	18	50	44		

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, BROME***Brins courts sans conservateur***

FE4160	1er cycle	19,1	0,97	0,92	15	86	60	7,13	2,05
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,19	0,18	3	16	11		
FE4170	1er cycle	19,4	0,93	0,87	15	76	59	7,10	2,04
	Début épiaison		0,18	0,17	3	15	11		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FE3510	1,53	1,18	1,33	899 54	106 61	320 51	597 46	346 45	2,6 1,6	4,6 1,8	4447 50	1782
FE3530	1,34	1,11	1,18	889 67	148 67	306 67	584 64	331 64	2,6 1,6	5,2 2,1	4504 63	2291

FE3550	1,22	1,05	1,06	888 76	182 69	282 78	561 77	306 77	2,6 1,6	3,4 1,3	4533 72	2654
FE3560	1,27	1,08	1,12	883 74	155 66	286 75	565 74	310 74	2,3 1,4	2,7 1,1	4444 70	2535
FE3580	1,41	1,16	1,29	903 68	124 62	327 70	603 67	354 68	2,3 1,4	2,7 1,1	4460 64	2315
FE3590	1,46	1,12	1,23	899 54	106 58	320 51	597 46	346 45	2,6 1,6	4,6 1,8	4398 50	1764
FE3610	1,29	1,04	1,07	889 67	148 66	306 67	584 64	331 64	2,6 1,6	5,2 2,1	4455 63	2270

FE3970	1,19	1,01	0,99	875 74	192 70	266 73	570 74	289 72	2,6 1,6	3,4 1,3	4363 70	2475
FE3980	1,31	1,04	1,05	871 72	163 67	270 71	574 71	293 69	2,3 1,4	2,7 1,1	4292 68	2367
FE4000	1,76	1,13	1,23	890 66	129 64	325 68	630 66	351 64	2,3 1,4	2,7 1,1	4319 62	2146
FE4020	1,93	1,16	1,29	901 52	102 58	347 52	652 48	375 46	2,6 1,6	4,6 1,8	4321 48	1645
FE4040	1,36	1,05	1,07	886 65	151 66	314 65	618 64	340 61	2,6 1,6	5,2 2,1	4340 61	2127

FE4070	1,33	1,04	1,06	898 71	158 67	289 71	593 70	313 68	2,3 1,4	2,7 1,1	4288 67	2331
FE4090	1,53	1,14	1,25	908 65	122 64	333 66	638 64	360 63	2,3 1,4	2,7 1,1	4261 61	2097
FE4100	1,59	1,17	1,31	914 62	113 62	350 65	655 62	378 61	2,3 1,4	2,7 1,1	4266 58	2005
FE4120	1,59	1,17	1,31	914 51	93 58	351 52	656 48	379 45	2,6 1,6	4,6 1,8	4232 48	1631
FE4140	1,36	1,06	1,09	906 65	145 66	324 66	629 64	351 62	2,6 1,6	5,2 2,1	4295 61	2111

FE4160	1,33	1,16	1,26	882 78	149 67	285 81	547 79	304 81	3,2 1,9	5,2 2,1	4473 74	2706
FE4170	1,38	1,20	1,32	895 75	130 65	300 78	559 75	317 76	3,1 1,9	4,6 1,8	4487 71	2606

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Pour des teurs en matière sèche différentes, les valeurs d'énergie et d'encombrement des ensilages en brins courts sont à corriger selon les tableaux de l'annexe 4.

Code INRA	ENSILAGE	% MS	Énergie (b)		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, BROME***Brins courts sans conservateur***

FE4190	1er cycle	20,9	0,84	0,76	13	60	55	7,14	2,05
	Fin épiaison		0,18	0,16	3	13	11		
FE4220	2e cycle après coupe épiaison	21,9	0,87	0,80	17	72	58	7,00	2,04
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,19	0,18	4	16	13		

Brins courts avec conservateur

FE4240	1er cycle	19,1	0,96	0,92	22	90	73	7,03	2,06
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,18	0,18	4	17	14		
FE4250	1er cycle	19,4	0,92	0,87	20	78	69	7,07	2,07
	Début épiaison		0,18	0,17	4	15	13		
FE4270	1er cycle	20,9	0,83	0,76	17	62	64	7,13	2,07
	Fin épiaison		0,17	0,16	3	13	13		
FE4290	2e cycle après coupe épiaison	21,9	0,86	0,80	21	74	67	7,00	2,06
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,19	0,18	5	16	15		

Préfané coupe fine

FE4560	1er cycle	33,5	0,89	0,84	24	95	73	6,97	2,06
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,30	0,28	8	32	24		
FE4570	1er cycle	33,5	0,85	0,79	21	82	69	7,02	2,06
	Début épiaison		0,28	0,26	7	27	23		
FE4590	1er cycle	33,5	0,76	0,68	17	63	62	7,10	2,07
	Fin épiaison		0,25	0,23	6	21	21		
FE4620	2e cycle après coupe épiaison	33,5	0,80	0,73	21	76	66	6,98	2,06
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,27	0,24	7	25	22		

Mi-fané

FE4640	1er cycle	55,0	0,83	0,76	28	81	81	6,94	2,06
	Début épiaison		0,45	0,42	15	44	44		
FE4660	1er cycle	55,0	0,74	0,66	21	59	71	7,05	2,07
	Fin épiaison		0,41	0,37	11	33	39		
FE4670	1er cycle	55,0	0,71	0,63	18	50	67	7,13	2,07
	Début floraison		0,39	0,35	10	27	37		
FE4690	2e cycle après coupe épiaison	55,0	0,78	0,71	27	74	78	6,93	2,06
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,43	0,39	15	40	43		

CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, MAÏS (a)***Conditions normales de végétation***

FE4700	Hachage fin sans conservateur	25,0	0,90	0,80	16	44	63	7,12	1,97
	Laiteux-pâteux, 25% MS		0,23	0,20	4	11	16		
FE4710	Hachage fin sans conservateur	30,0	0,90	0,80	15	42	65	6,97	1,99
	Pâteux, 30% MS		0,27	0,24	5	13	20		
FE4720	Hachage fin sans conservateur	35,0	0,91	0,81	15	42	67	6,99	1,99
	Vitreux, 35% MS		0,32	0,28	5	15	23		
FE4730	Hachage fin sans conservateur	40,0	0,92	0,82	15	44	70	7,19	1,98
	Vitreux, >35% MS		0,37	0,33	6	17	28		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Les valeurs UFV des ensilages de maïs plante entière, qui sont riches en grain, ont été diminuées de 5% pour tenir compte des interactions entre concentrés et fourrages dans la ration des bovins à l'engrais.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FE4190	1,65	1,35	1,67	915 70	103 60	325 73	579 69	337 69	2,6 1,6	3,4 1,3	4514 66	2425
FE4220	1,40	1,17	1,29	889 72	123 64	309 74	566 71	324 72	3,0 1,8	5,2 2,1	4442 68	2462
FE4240	1,27	1,07	1,11	882 78	149 66	285 81	547 79	304 81	3,2 1,9	5,2 2,1	4425 74	2683
FE4250	1,32	1,11	1,17	895 75	130 63	300 78	559 75	317 76	3,1 1,9	4,6 1,8	4438 71	2583
FE4270	1,57	1,26	1,50	915 70	103 57	325 73	579 69	337 69	2,6 1,6	3,4 1,3	4464 66	2402
FE4290	1,33	1,09	1,15	889 72	123 63	309 74	566 71	324 72	3,0 1,8	5,2 2,1	4393 68	2441
FE4560	1,33	1,04	1,05	871 76	156 67	271 77	559 77	293 76	3,2 1,9	5,2 2,1	4280 72	2511
FE4570	1,46	1,08	1,12	883 73	135 64	291 74	577 73	309 72	3,1 1,9	4,6 1,8	4298 69	2412
FE4590	2,50	1,23	1,45	902 68	105 59	327 70	609 67	339 66	2,6 1,6	3,4 1,3	4331 64	2222
FE4620	1,50	1,08	1,14	883 70	126 63	312 72	596 70	326 68	3,0 1,8	5,2 2,1	4281 66	2288
FE4640	1,40	1,08	1,13	904 72	129 64	305 73	590 72	321 71	3,1 1,9	4,6 1,8	4257 68	2356
FE4660	1,75	1,25	1,48	915 66	96 59	335 69	616 65	345 64	2,6 1,6	3,4 1,3	4241 63	2155
FE4670	1,83	1,28	1,56	917 65	82 55	348 68	628 64	356 63	2,6 1,6	3,4 1,3	4223 61	2087
FE4690	1,42	1,09	1,15	904 69	119 63	323 71	605 69	335 68	3,0 1,8	5,2 2,1	4238 65	2251
FE4700	1,28	1,09	1,23	952 71	72 53	225 54	477 56	250 51	1,8 1,3	2,0 0,8	4514 68	2560
FE4710	1,28	1,03	1,13	954 72	69 52	205 52	444 54	226 49	1,8 1,3	2,0 0,8	4452 69	2555
FE4720	1,28	0,96	1,05	954 72	69 51	201 52	441 54	221 49	1,8 1,3	2,0 0,8	4452 69	2575
FE4730	1,28	0,91	0,98	958 73	71 50	203 52	439 54	218 49	1,8 1,3	2,0 0,8	4472 70	2598

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Pour des teneurs en matière sèche différentes, les valeurs d'énergie et d'encombrement des ensilages de brome en brins courts sont à corriger selon les tableaux de l'annexe 4.

Code INRA	ENSILAGE	% MS	Énergie (b)		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, MAÏS (a)*Très bonnes conditions de végétation*

FE4740	Hachage fin sans conservateur Vitieux, 35% MS, % épis > 65	35,0	0,96	0,87	18	50	71	7,11	1,97
			0,34	0,30	6	18	25		

Mauvaises conditions de végétation

FE4750	Hachage fin sans conservateur Temp. été insuff., récolte + de 55 j. après floraison	24,0	0,85	0,73	23	65	66	6,86	1,92
			0,20	0,18	6	16	16		
FE4760	Hachage fin sans conservateur Gel stade laiteux-pâteux, récolte 3 sem. après gel	27,0	0,82	0,70	22	62	66	6,67	1,96
			0,22	0,19	6	17	18		
FE4770	Hachage fin sans conservateur Sécheresse estivale, pauvre en épis	32,0	0,84	0,73	17	47	64	7,07	1,96
			0,27	0,23	5	15	20		

CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, EPIS COMPLETS DE MAÏS

FE4780	Hachage fin sans conservateur Vitieux	53,0	1,08	1,05	37	61	98	6,35	1,87
			0,57	0,56	20	32	52		

CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, ORGE

FE4790	Hachage fin sans conservateur Laiteux-pâteux	35,0	0,69	0,60	18	50	58	6,67	1,96
			0,24	0,21	6	18	20		

CÉRÉALE PLANTE ENTIÈRE, BLÉ

FE4800	Hachage fin sans conservateur Laiteux-pâteux	35,0	0,64	0,55	21	60	60	6,71	1,99
			0,22	0,19	7	21	21		

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, LUZERNE*Brins courts sans conservateur*

FE4810	1er cycle Début bourgeonnement	18,7	0,83	0,75	19	112	57	6,87	1,95
			0,16	0,14	4	21	11		
FE4820	1er cycle Bourgeonnement	19,7	0,78	0,69	19	108	54	6,82	2,54
			0,15	0,14	4	21	11		
FE4860	2e cycle après coupe bourgeonnement Repousses à tiges de 7 semaines	21,0	0,76	0,67	19	109	52	6,82	2,54
			0,16	0,14	4	23	11		

Brins courts avec conservateur

FE4890	1er cycle Début bourgeonnement	18,7	0,82	0,74	27	115	70	6,90	1,91
			0,15	0,14	5	22	13		
FE4900	1er cycle Bourgeonnement	19,7	0,77	0,68	26	110	67	6,87	1,90
			0,15	0,13	5	22	13		
FE4940	2e cycle après coupe bourgeonnement Repousses à tiges de 7 semaines	21,0	0,76	0,67	26	112	66	6,87	1,90
			0,16	0,14	5	24	14		

Préfané coupe fine

FE5130	1er cycle Début bourgeonnement	33,5	0,78	0,70	31	127	72	7,02	1,80
			0,26	0,23	10	43	24		
FE5140	1er cycle Bourgeonnement	33,5	0,74	0,64	29	118	68	7,02	1,80
			0,25	0,21	10	40	23		
FE5180	2e cycle après coupe bourgeonnement Repousses à tiges de 7 semaines	33,5	0,73	0,63	28	120	66	7,03	1,81
			0,24	0,21	9	40	22		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Les valeurs UFV des ensilages de maïs plante entière, qui sont riches en grain, ont été diminuées de 5% pour tenir compte des interactions entre concentrés et fourrages dans la ration des bovins à l'engrais.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FE4740	1,36	0,93	1,00	953 74	82 51	165 54	416 56	183 51	1,8 1,3	2,0 0,8	4458 71	2648
--------	------	------	------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------

FE4750	1,53	1,17	1,26	944 68	105 59	226 61	495	248	1,8 1,3	2,0 0,8	4505 65	2417
FE4760	1,50	1,16	1,26	929 67	101 58	225 59	494	247	1,8 1,3	2,0 0,8	4433 64	2342
FE4770	1,42	1,07	1,16	943 68	77 49	203 56	465	223	1,8 1,3	2,0 0,8	4411 65	2390

FE4780	1,56	0,97	0,90	981 78	83 51	90 0	318	104	1,8 1,3	2,0 0,8	4650 74	2941
--------	------	------	------	-----------	----------	---------	-----	-----	------------	------------	------------	------

FE4790	1,36	1,06	1,10	930 59	81 51	200 29	449	249	2,3 1,5	3,4 1,3	4511 56	2085
--------	------	------	------	-----------	----------	-----------	-----	-----	------------	------------	------------	------

FE4800	1,36	1,01	1,01	892 59	98 58	267 47	522	313	2,6 1,7	4,0 1,6	4280 56	1946
--------	------	------	------	-----------	----------	-----------	-----	-----	------------	------------	------------	------

FE4810	1,12	1,11	1,17	888 69	190 71	300 63	451 58	318 57	2,6 1,7	12,8 3,8	4602 65	2414
FE4820	1,17	1,12	1,18	892 65	182 70	318 56	460 51	330 50	2,6 1,7	12,8 3,8	4601 61	2251
FE4860	1,12	1,10	1,15	896 64	187 71	330 56	466 50	338 49	2,3 1,5	11,9 3,6	4632 60	2225

FE4890	1,07	1,02	1,03	888 69	190 69	300 63	451 58	318 57	2,6 1,7	12,8 3,8	4553 65	2393
FE4900	1,10	1,04	1,05	892 65	182 69	318 56	460 51	330 50	2,6 1,7	12,8 3,8	4552 61	2233
FE4940	1,06	1,04	1,05	896 64	187 70	330 56	466 50	338 49	2,3 1,5	11,9 3,6	4582 60	2207

FE5130	1,11	0,98	0,97	883 67	206 70	292 57	472 56	313 52	2,6 1,7	12,8 3,8	4564 63	2286
FE5140	1,15	1,01	1,00	888 63	193 69	308 51	482 50	324 45	2,6 1,7	12,8 3,8	4564 59	2173
FE5180	1,10	1,01	1,00	895 62	198 69	319 50	488 49	331 44	2,3 1,5	11,9 3,6	4606 58	2154

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Pour des teneurs en matière sèche différentes, les valeurs d'énergie et d'encombrement des ensilages de luzerne en brins courts sont à corriger selon les tableaux de l'annexe 4.

Code INRA	ENSILAGE	% MS	Énergie (b)		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, LUZERNE*Mi-fané*

FE5210	1er cycle	55,0	0,76	0,67	38	120	83	6,96	1,78
	Début bourgeonnement		0,42	0,37	21	66	45		
FE5220	1er cycle	55,0	0,71	0,62	36	113	79	6,97	1,78
	Bourgeonnement		0,39	0,34	20	62	43		
FE5230	1er cycle	55,0	0,67	0,57	34	105	75	6,97	1,79
	Début floraison		0,37	0,32	19	58	41		
FE5270	2e cycle après coupe bourgeonnement	55,0	0,70	0,61	35	114	77	6,97	1,79
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,39	0,33	19	62	42		

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, TRÈFLE VIOLET*Brins courts sans conservateur*

FE5300	1er cycle	17,6	0,90	0,84	17	104	59	7,20	2,18
	Début bourgeonnement		0,16	0,15	3	18	10		
FE5310	1er cycle	18,6	0,87	0,80	18	100	59	7,18	2,19
	Bourgeonnement		0,16	0,15	3	19	11		
FE5340	2e cycle après coupe bourgeonnement	21,6	0,81	0,73	18	105	56	7,13	2,20
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,17	0,16	4	23	12		

Brins courts avec conservateur

FE5350	1er cycle	17,6	0,90	0,84	24	107	70	7,20	1,87
	Début bourgeonnement		0,16	0,15	4	19	12		
FE5360	1er cycle	18,6	0,86	0,79	24	103	70	7,20	1,87
	Bourgeonnement		0,16	0,15	5	19	13		
FE5390	2e cycle après coupe bourgeonnement	21,6	0,81	0,73	25	108	67	7,15	1,85
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,17	0,16	5	23	14		

Mi-fané

FE5500	1er cycle	55,0	0,80	0,72	37	116	84	7,29	1,81
	Début bourgeonnement		0,44	0,40	20	64	46		
FE5510	1er cycle	55,0	0,77	0,70	34	104	80	7,31	1,82
	Bourgeonnement		0,43	0,38	19	57	44		
FE5520	1er cycle	55,0	0,70	0,62	31	95	74	7,32	1,82
	Début floraison		0,39	0,34	17	52	41		
FE5550	2e cycle après coupe bourgeonnement	55,0	0,73	0,64	34	111	78	7,29	1,81
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,40	0,35	19	61	43		

PROTÉAGINEUX, POIS

FE5560	Hachage fin avec conservateur Graine consistante	28,0	0,89 0,25	0,83 0,23	31 9	91 25	74 21	7,18	1,74
--------	---	------	--------------	--------------	---------	----------	----------	------	------

PROTÉAGINEUX, FÈVEROLE

FE5570	Hachage fin avec conservateur Graine consistante	26,2	0,77 0,20	0,69 0,18	27 7	82 21	68 18	7,43	1,60
--------	---	------	--------------	--------------	---------	----------	----------	------	------

COMPOSÉE, Tournesol

FE5580	Hachage fin sans conservateur Graine consistante	23,0	0,73 0,17	0,64 0,15	24 6	65 15	56 13	6,51	2,13
--------	---	------	--------------	--------------	---------	----------	----------	------	------

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FE5210	1,17	1,02	1,05	898 65	189 70	323 57	491 54	334 50	2,6 1,7	12,8 3,8	4508 61	2211
FE5220	1,19	1,05	1,07	901 62	179 69	337 53	498 50	343 46	2,6 1,7	12,8 3,8	4495 59	2107
FE5230	1,20	1,04	1,07	902 59	168 68	346 49	504 46	348 42	2,6 1,7	12,8 3,8	4475 56	2004
FE5270	1,17	1,05	1,08	904 61	183 69	346 53	504 49	348 45	2,3 1,5	11,9 3,6	4518 58	2084

FE5300	1,08	1,12	1,19	878 73	178 70	239 64	432 64	295 64	2,8 1,8	11,4 3,4	4526 69	2561
FE5310	1,09	1,12	1,18	891 71	171 70	257 61	441 61	307 61	2,6 1,7	11,2 3,4	4569 67	2508
FE5340	1,03	1,05	1,05	893 67	181 70	253 50	439 53	305 51	2,6 1,7	11,4 3,4	4603 63	2367

FE5350	1,02	1,03	1,04	878 73	178 69	239 64	432 64	295 64	2,8 1,8	11,4 3,4	4478 69	2542
FE5360	1,03	1,03	1,04	891 71	171 68	257 61	441 61	307 61	2,6 1,7	11,2 3,4	4520 67	2488
FE5390	0,98	0,98	0,94	893 67	181 69	253 50	439 53	305 51	2,6 1,7	11,4 3,4	4554 63	2348

FE5500	1,09	1,02	1,01	879 69	183 69	273 59	473 60	318 58	2,8 1,8	11,4 3,4	4319 65	2290
FE5510	1,10	1,06	1,10	888 67	167 68	290 57	482 57	330 55	2,6 1,7	11,2 3,4	4329 63	2239
FE5520	1,17	1,10	1,16	888 63	152 67	311 51	495 51	344 48	2,3 1,5	11,2 3,4	4305 59	2062
FE5550	1,05	1,02	1,02	893 64	179 69	294 50	485 51	332 48	2,6 1,7	11,4 3,4	4371 60	2128

FE5560	1,08	0,95	0,95	910 72	155 68	211 55	361	266	2,3 1,5	11,2 3,4	4470 69	2569
--------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----	-----	------------	-------------	------------	------

FE5570	1,20	1,00	1,00	907 66	145 65	286 45	414	319	2,6 1,7	10,8 3,2	4470 63	2310
--------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----	-----	------------	-------------	------------	------

FE5580	1,63	1,05	1,10	899 62	105 65	273 46	380	291	2,6 1,7	11,5 3,4	4590 59	2220
--------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----	-----	------------	-------------	------------	------

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Pour des teneurs en matière sèche différentes, les valeurs d'énergie et d'encombrement des ensilages de légumineuses en brins courts sont à corriger selon les tableaux de l'annexe 4.

ENSILAGE

Code INRA	ENSILAGE	% MS	Énergie (b)		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

CRUCIFÈRE, CHOUX

FE5590	Hachage fin sans conservateur	15,7	1,03	0,99	34	94	79	7,12	1,80
	Moelliers et 1/2 moelliers		0,16	0,16	5	15	12		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement (b)			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FE5590	1,30	1,00	1,00	888 79	157 73	190 73	330	205	2,8 1,8	12,1 3,6	4510 76	2835
--------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----	-----	------------	-------------	------------	------

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	FOIN	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

PRAIRIE PERMANENTE, PLAINE (NORMANDIE)**Ventilé**

FF0010	1er cycle (a)	85,0	0,85	0,78	51	112	105	6,95	1,79
	10/05, feuillu ST=298°C		0,72	0,66	43	95	89		
FF0020	1er cycle (a)	85,0	0,80	0,72	40	85	91	7,03	1,82
	25/05, début épiaison ST=470°C		0,68	0,61	34	72	78		
FF0030	1er cycle (a)	85,0	0,71	0,63	33	69	82	7,08	1,84
	10/06, épiaison ST=685°C		0,60	0,54	28	59	69		
FF0050	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,79	0,71	49	100	99	6,94	1,78
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,67	0,60	42	85	85		

Fané au sol par beau temps

FF0060	1er cycle (a)	85,0	0,80	0,72	40	85	91	7,03	1,82
	25/05, début épiaison ST=470°C		0,68	0,61	34	72	78		
FF0070	1er cycle (a)	85,0	0,72	0,63	33	69	82	7,08	1,84
	10/06, épiaison ST=685°C		0,61	0,54	28	59	69		
FF0080	1er cycle (a)	85,0	0,63	0,53	28	58	73	7,12	1,85
	25/06, floraison ST=903°C		0,54	0,45	24	49	62		
FF0100	2e cycle après déprimage	85,0	0,75	0,66	35	69	85	7,07	1,83
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,64	0,56	30	59	72		
FF0130	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,79	0,71	49	100	99	6,94	1,78
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,67	0,60	42	85	85		
FF0150	3e cycle	85,0	0,80	0,72	56	116	106	6,88	1,76
	Repousses feuillues de 8 semaines		0,68	0,61	48	99	90		

Fané au sol (<10 jours)

FF0160	1er cycle (a)	85,0	0,76	0,67	38	82	88	7,04	1,82
	25/05, début épiaison ST=470°C		0,65	0,57	32	69	75		
FF0170	1er cycle (a)	85,0	0,69	0,60	31	65	79	7,10	1,84
	10/06, épiaison ST=685°C		0,59	0,51	27	56	67		
FF0180	1er cycle (a)	85,0	0,61	0,51	26	54	71	7,14	1,86
	25/06, floraison ST=903°C		0,52	0,43	22	46	60		
FF0200	2e cycle après déprimage	85,0	0,72	0,63	33	66	82	7,09	1,84
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,61	0,54	28	56	70		
FF0230	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,75	0,66	47	96	96	6,94	1,78
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,64	0,56	40	82	81		
FF0250	3e cycle	85,0	0,75	0,67	54	112	102	6,88	1,76
	Repousses feuillues de 8 semaines		0,64	0,57	46	95	86		

PRAIRIE PERMANENTE, PLAINE (CRAU)**Fané au sol par beau temps**

FF0360	1er cycle	85,0	0,77	0,69	37	75	87	7,06	1,83
	10/05, 1re coupe précoce		0,65	0,59	31	64	74		
FF0370	1er cycle	85,0	0,63	0,53	32	65	75	7,05	1,82
	25/05, 1re coupe tardive		0,54	0,45	27	55	64		
FF0380	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,75	0,66	41	82	89	7,00	1,81
	10/07, 2e coupe		0,64	0,56	35	69	76		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) ST = Somme cumulée des températures au-dessus de 0°C depuis le 1^{er} avril.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FF0010	1,12	0,98	0,96	900 72	165 68	269 70	566 71	300 69	3,3 2,2	4,9 1,7	4437 68	2429
FF0020	1,21	1,02	1,04	910 67	127 59	295 66	591 65	321 63	3,2 2,1	4,6 1,6	4418 63	2294
FF0030	1,42	1,11	1,20	919 62	104 53	333 63	628 60	353 58	3,1 2,0	4,2 1,5	4420 59	2101
FF0050	1,21	1,02	1,03	908 67	148 61	295 66	591 65	321 63	3,2 2,1	5,6 2,0	4445 63	2295
FF0060	1,30	1,02	1,04	910 67	127 59	295 66	591 65	321 63	3,2 2,1	4,6 1,6	4418 63	2287
FF0070	1,53	1,11	1,20	922 62	104 53	333 63	628 60	353 58	3,1 2,0	4,2 1,5	4434 59	2103
FF0080	1,69	1,16	1,31	923 57	88 47	353 59	648 55	369 53	3,1 2,0	3,9 1,4	4410 54	1909
FF0100	1,47	1,08	1,15	922 64	105 50	337 66	632 63	356 62	3,1 2,0	4,6 1,6	4435 60	2179
FF0130	1,29	1,02	1,03	908 67	148 61	295 66	591 65	321 63	3,2 2,1	5,6 2,0	4445 63	2289
FF0150	1,34	1,04	1,07	887 69	170 65	272 66	569 67	302 64	3,3 2,2	4,6 1,6	4387 65	2315
FF0160	1,40	1,08	1,13	909 65	122 57	317 65	613 63	340 61	3,2 2,1	4,6 1,6	4405 61	2197
FF0170	1,69	1,16	1,29	921 61	99 49	351 64	646 60	368 58	3,1 2,0	4,2 1,5	4420 58	2052
FF0180	1,88	1,21	1,40	922 56	83 42	370 60	664 54	384 53	3,1 2,0	3,9 1,4	4397 53	1860
FF0200	1,61	1,13	1,24	921 63	100 45	356 67	650 63	372 62	3,1 2,0	4,6 1,6	4422 59	2126
FF0230	1,40	1,08	1,12	906 65	143 58	317 65	613 63	340 61	3,2 2,1	5,6 2,0	4427 61	2195
FF0250	1,46	1,10	1,16	884 66	165 63	296 64	592 64	322 61	3,3 2,2	4,6 1,6	4364 62	2183
FF0360	1,37	1,05	1,09	905 66	112 57	281 63	578 63	310 60	3,0 2,0	10,5 3,7	4369 62	2232
FF0370	1,50	1,10	1,18	913 56	97 54	328 55	623 52	349 48	3,0 2,0	10,0 3,5	4380 53	1866
FF0380	1,06	0,92	0,87	918 63	122 58	269 56	566 57	300 53	3,0 2,0	11,0 3,9	4446 59	2185

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	FOIN	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

PRAIRIE PERMANENTE, PLAINE (CRAU)**Fané au sol par beau temps**

FF0390	3e cycle	85,0	0,79	0,72	44	89	95	6,98	1,80
	25/08, 3e coupe		0,67	0,61	38	76	81		

Fané au sol (<10 jours)

FF0400	1er cycle	85,0	0,73	0,65	35	72	84	7,06	1,83
	10/05, 1re coupe précoce		0,62	0,55	30	61	71		

PRAIRIE PERMANENTE, DEMI-MONTAGNE (AUVERGNE)**Ventilé**

FF0420	1er cycle	85,0	0,89	0,83	49	108	105	6,98	1,80
	20/05, feuillu		0,76	0,71	42	92	89		
FF0430	1er cycle	85,0	0,82	0,74	44	96	97	7,00	1,80
	10/06, début épiaison		0,70	0,63	38	81	82		
FF0440	1er cycle	85,0	0,72	0,64	34	71	82	7,08	1,84
	25/06, épiaison		0,61	0,54	29	60	70		
FF0460	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,83	0,75	65	138	116	6,83	1,74
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,71	0,64	56	117	99		
FF0480	3e cycle	85,0	0,81	0,73	56	117	107	6,88	1,76
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,69	0,62	48	99	91		

Fané au sol par beau temps

FF0490	1er cycle	85,0	0,82	0,74	44	96	97	7,00	1,80
	10/06, début épiaison		0,70	0,63	38	81	82		
FF0500	1er cycle	85,0	0,73	0,64	34	71	83	7,08	1,84
	25/06, épiaison		0,62	0,54	29	60	70		
FF0510	1er cycle	85,0	0,63	0,53	28	58	72	7,11	1,85
	10/07, floraison		0,54	0,45	24	49	61		
FF0520	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,83	0,75	65	138	116	6,83	1,74
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,71	0,64	56	117	99		
FF0540	3e cycle	85,0	0,80	0,73	56	117	107	6,88	1,76
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,68	0,62	48	99	91		

Fané au sol (<10 jours)

FF0550	1er cycle	85,0	0,77	0,69	42	92	93	7,00	1,81
	10/06, début épiaison		0,65	0,59	36	78	79		
FF0560	1er cycle	85,0	0,70	0,61	32	67	80	7,10	1,84
	25/06, épiaison		0,60	0,52	27	57	68		
FF0570	1er cycle	85,0	0,61	0,51	26	54	70	7,13	1,86
	10/07, floraison		0,52	0,43	22	46	59		
FF0580	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,78	0,70	63	134	112	6,82	1,74
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,66	0,60	54	114	95		
FF0600	3e cycle	85,0	0,76	0,68	54	113	103	6,88	1,76
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,65	0,58	46	96	87		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FF0390	1,17	0,97	0,95	905 67	133 62	258 61	556 63	291 59	4,0 2,6	13,0 4,6	4406 63	2297
FF0400	1,49	1,10	1,18	903 64	107 55	304 63	600 61	329 59	2,5 1,6	9,5 3,3	4351 60	2140
FF0420	1,08	0,96	0,93	909 73	159 67	250 70	548 72	284 70	2,4 1,6	4,2 1,5	4470 70	2521
FF0430	1,16	0,98	0,97	916 68	142 64	285 66	582 66	313 63	2,2 1,4	3,9 1,4	4472 64	2360
FF0440	1,22	1,04	1,07	923 62	106 56	324 62	619 60	345 57	1,8 1,2	3,7 1,3	4442 59	2127
FF0460	1,09	0,97	0,95	909 69	200 72	255 64	553 66	288 62	2,2 1,4	5,8 2,0	4540 65	2412
FF0480	1,15	0,98	0,97	903 68	171 69	256 62	554 64	289 60	2,4 1,6	5,8 2,0	4462 64	2343
FF0490	1,25	0,98	0,97	919 68	142 64	285 66	582 66	313 63	2,2 1,4	3,9 1,4	4486 64	2360
FF0500	1,32	1,04	1,07	928 62	106 56	324 62	619 60	345 57	1,8 1,2	3,7 1,3	4465 59	2132
FF0510	1,49	1,11	1,20	919 56	88 50	342 57	637 53	360 50	1,6 1,0	2,9 1,0	4392 53	1874
FF0520	1,17	0,97	0,95	910 69	200 72	255 64	553 66	288 62	2,2 1,4	5,8 2,0	4545 65	2407
FF0540	1,23	0,98	0,97	902 68	171 69	256 62	554 64	289 60	2,4 1,6	5,8 2,0	4458 64	2333
FF0550	1,36	1,04	1,05	918 66	137 62	308 66	604 64	332 62	2,2 1,4	3,9 1,4	4472 62	2266
FF0560	1,44	1,10	1,16	927 61	101 52	344 63	639 59	362 58	1,8 1,2	3,7 1,3	4451 58	2079
FF0570	1,66	1,16	1,29	918 55	83 46	360 58	654 52	375 50	1,6 1,0	2,9 1,0	4379 52	1824
FF0580	1,27	1,03	1,04	908 66	195 70	280 62	577 63	309 59	2,2 1,4	5,8 2,0	4527 62	2271
FF0600	1,34	1,04	1,06	900 66	166 67	281 63	578 63	310 60	2,4 1,6	5,8 2,0	4440 62	2236

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	FOIN	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

PRAIRIE PERMANENTE, MONTAGNE (ALPES NORD) (a)**À base de graminées, Ventilé**

FF0670	1er cycle	85,0	0,71	0,62	36	75	83	7,04	1,82
	Épiaison du dactyle (b)		0,60	0,53	31	64	71		
FF0680	1er cycle	85,0	0,57	0,47	23	46	64	7,17	1,87
	Fructification du dactyle (c)		0,48	0,40	19	39	54		
FF0690	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,73	0,65	46	93	93	6,94	1,78
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,62	0,55	39	79	79		

À base de graminées, Fané au sol par beau temps

FF0700	1er cycle	85,0	0,71	0,62	36	75	83	7,04	1,82
	Épiaison du dactyle (b)		0,60	0,53	31	64	71		
FF0710	1er cycle	85,0	0,57	0,47	23	46	64	7,17	1,87
	Fructification du dactyle (c)		0,48	0,40	19	39	55		
FF0720	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,73	0,65	46	93	93	6,94	1,78
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,62	0,55	39	79	79		

À base de graminées, Fané au sol (<10 jours)

FF0730	1er cycle	85,0	0,65	0,55	34	72	81	7,06	1,83
	Épiaison du dactyle (b)		0,55	0,47	29	61	69		
FF0740	1er cycle	85,0	0,55	0,44	21	42	62	7,20	1,88
	Fructification du dactyle (c)		0,47	0,37	18	36	52		
FF0750	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,70	0,61	44	89	90	6,95	1,79
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,60	0,52	37	76	77		

À base de dicotylédones, Ventilé

FF0790	1er cycle	85,0	0,72	0,64	38	81	86	7,02	1,81
	Épiaison du dactyle		0,61	0,54	33	69	73		
FF0800	1er cycle	85,0	0,65	0,55	26	52	71	7,16	1,87
	Fructification du dactyle		0,55	0,47	22	45	60		
FF0810	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,74	0,65	47	95	94	6,93	1,78
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,63	0,55	40	81	80		

À base de dicotylédones, Fané au sol par beau temps

FF0820	1er cycle	85,0	0,72	0,64	38	81	86	7,02	1,81
	Épiaison du dactyle		0,61	0,54	33	69	73		
FF0830	1er cycle	85,0	0,65	0,55	26	52	71	7,16	1,87
	Fructification du dactyle		0,55	0,47	22	45	60		
FF0840	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,74	0,65	47	95	93	6,93	1,78
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,63	0,55	40	81	79		

À base de dicotylédones, Fané au sol (<10 jours)

FF0850	1er cycle	85,0	0,70	0,60	36	77	83	7,03	1,82
	Épiaison du dactyle		0,60	0,51	31	66	71		
FF0860	1er cycle	85,0	0,62	0,52	24	49	68	7,18	1,88
	Fructification du dactyle		0,53	0,44	20	41	58		
FF0870	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,70	0,61	45	91	91	6,94	1,78
	Repousses feuillues de 6 semaines		0,60	0,52	38	78	77		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Valeurs estimées à partir des résultats obtenus par le G.I.S. des Alpes du Nord.

(b) Le 10 juin à 1 000m d'altitude - (c) Le 10 juillet à 1 000m d'altitude.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FF0670	1,22	1,04	1,07	918 61	113 58	327 61	622 58	348 56	1,8 1,2	3,9 1,4	4431 58	2078
FF0680	1,37	1,11	1,20	924 52	71 41	390 58	683 51	400 49	1,4 0,9	3,7 1,3	4386 49	1729
FF0690	1,17	0,97	0,95	906 63	138 64	282 58	579 58	310 54	2,0 1,3	5,8 2,0	4419 59	2146
FF0700	1,30	1,04	1,07	922 61	113 58	327 61	622 58	348 56	1,8 1,2	3,9 1,4	4449 58	2083
FF0710	1,48	1,11	1,20	930 52	71 41	390 58	683 51	400 49	1,4 0,9	3,7 1,3	4413 49	1737
FF0720	1,25	0,97	0,95	906 63	138 64	282 58	579 58	310 54	2,0 1,3	5,8 2,0	4419 59	2140
FF0730	1,42	1,10	1,16	921 60	108 56	346 62	641 58	364 56	1,8 1,2	3,9 1,4	4436 57	2031
FF0740	1,63	1,16	1,29	929 51	66 35	404 58	697 50	412 49	1,4 0,9	3,7 1,3	4400 48	1690
FF0750	1,35	1,03	1,04	904 62	133 62	305 60	601 58	330 55	2,0 1,3	5,8 2,0	4401 59	2084
FF0790	1,70	1,20	1,35	912 62	121 60	276 56	573 56	306 52	2,0 1,3	6,3 2,2	4417 59	2093
FF0800	2,15	1,30	1,55	918 57	80 46	333 57	628 53	353 50	1,8 1,2	7,3 2,6	4374 54	1890
FF0810	1,20	1,00	1,00	900 63	141 65	208 43	507 52	249 43	2,2 1,4	9,7 3,4	4396 59	2151
FF0820	1,87	1,20	1,35	914 62	121 60	276 56	573 56	306 52	2,0 1,3	6,3 2,2	4426 59	2092
FF0830	2,25	1,30	1,55	922 57	80 46	333 57	628 53	353 50	1,8 1,2	7,3 2,6	4392 54	1896
FF0840	1,28	1,00	1,00	898 63	141 65	208 43	507 52	249 43	2,2 1,4	9,7 3,4	4387 59	2140
FF0850	2,10	1,25	1,44	912 61	116 58	300 58	596 57	325 53	2,0 1,3	6,3 2,2	4408 58	2037
FF0860	2,35	1,34	1,63	921 56	75 41	351 58	646 53	368 51	1,8 1,2	7,3 2,6	4379 53	1852
FF0870	1,39	1,06	1,09	895 62	136 63	237 48	535 53	273 46	2,2 1,4	9,7 3,4	4365 59	2080

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	FOIN	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS D'ITALIE, ALTERNATIFVentilé

FF0910	1er cycle	85,0	0,89	0,83	59	148	114	7,39	2,00
	Épi à 10 cm du sol		0,76	0,71	50	126	97		
FF0920	1er cycle	85,0	0,81	0,74	53	132	104	7,39	2,01
	Début épiaison		0,69	0,63	45	112	89		

Fané au sol par beau temps

FF0940	1er cycle	85,0	0,79	0,73	53	132	104	7,39	2,00
	Début épiaison		0,67	0,62	45	112	88		
FF0950	1er cycle	85,0	0,74	0,67	31	70	81	7,54	2,05
	Début floraison		0,63	0,57	26	59	69		
FF0960	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,66	0,57	39	85	83	7,48	2,04
	Repousses à tiges de 6 semaines		0,56	0,48	33	73	71		
FF0970	3e cycle	85,0	0,74	0,67	46	102	93	7,41	2,01
	Repousses à tiges de 6 semaines		0,63	0,57	39	87	79		

Fané au sol (<10 jours)

FF0980	1er cycle	85,0	0,74	0,67	52	128	99	7,39	2,00
	Début épiaison		0,63	0,57	44	109	84		
FF0990	1er cycle	85,0	0,71	0,63	29	66	78	7,54	2,05
	Début floraison		0,60	0,54	25	56	66		
FF1000	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,63	0,55	37	82	80	7,49	2,04
	Repousses à tiges de 6 semaines		0,54	0,47	31	69	68		
FF1010	3e cycle	85,0	0,70	0,62	44	99	89	7,41	2,01
	Repousses à tiges de 6 semaines		0,60	0,53	37	84	76		

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS D'ITALIE, NON ALTERNATIFVentilé

FF1060	1er cycle	85,0	0,81	0,75	31	70	85	7,55	2,05
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,69	0,64	26	59	72		
FF1080	1er cycle	85,0	0,74	0,66	24	54	75	7,57	2,05
	Épiaison		0,63	0,56	21	46	64		
FF1120	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,70	0,61	35	76	82	7,51	2,04
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,60	0,52	30	65	70		

Fané au sol par beau temps

FF1140	1er cycle	85,0	0,74	0,66	24	54	75	7,57	2,05
	Épiaison		0,63	0,56	21	46	64		
FF1170	1er cycle	85,0	0,61	0,52	16	36	61	7,60	2,06
	Floraison		0,52	0,44	14	30	52		
FF1190	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,70	0,61	35	76	82	7,51	2,04
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,60	0,52	30	65	70		
FF1220	3e cycle	85,0	0,80	0,73	42	93	93	7,49	2,04
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,68	0,62	36	79	79		

Fané au sol (<10 jours)

FF1250	1er cycle	85,0	0,71	0,62	22	50	72	7,58	2,06
	Épiaison		0,60	0,53	19	43	61		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FF0910	1,12	0,98	0,96	870 77	219 73	234 75	532 77	271 76	2,7 1,7	3,5 1,4	4317 73	2507
FF0920	1,22	1,03	1,05	873 71	197 71	269 69	579 70	302 68	2,4 1,6	3,5 1,4	4288 67	2322
FF0940	1,31	1,03	1,05	861 71	197 71	269 69	579 70	302 68	2,4 1,6	3,5 1,4	4234 67	2281
FF0950	1,38	1,05	1,09	889 67	107 56	313 68	618 66	337 64	2,2 1,4	3,5 1,4	4204 63	2172
FF0960	1,58	1,12	1,23	878 61	130 62	306 59	612 58	331 54	3,2 2,1	4,3 1,7	4194 58	1937
FF0970	1,15	0,96	0,93	846 68	154 66	249 61	561 65	285 60	2,7 1,7	3,9 1,6	4091 64	2143
FF0980	1,42	1,09	1,14	857 68	192 70	293 67	600 67	321 64	2,4 1,6	3,5 1,4	4207 64	2151
FF0990	1,50	1,10	1,18	886 65	102 54	334 67	637 65	354 63	2,2 1,4	3,5 1,4	4182 61	2081
FF1000	1,74	1,17	1,32	874 60	125 58	327 60	631 58	348 54	3,2 2,1	4,3 1,7	4167 57	1881
FF1010	1,24	1,02	1,02	841 66	149 64	275 62	584 63	306 59	2,7 1,7	3,9 1,6	4060 62	2046
FF1060	1,19	1,01	1,01	906 70	107 56	256 65	567 68	291 64	2,4 1,6	3,5 1,4	4279 66	2325
FF1080	1,27	1,05	1,08	908 65	84 46	288 62	594 62	318 59	2,2 1,4	3,5 1,4	4250 61	2157
FF1120	1,26	1,04	1,07	909 62	117 57	310 61	622 60	340 57	2,4 1,6	3,5 1,4	4312 59	2056
FF1140	1,36	1,05	1,08	908 65	84 46	288 62	594 62	318 59	2,2 1,4	3,5 1,4	4250 61	2151
FF1170	1,62	1,14	1,26	918 56	57 26	327 55	644 53	358 49	1,9 1,2	3,5 1,4	4248 53	1826
FF1190	1,35	1,04	1,07	910 62	117 57	310 61	622 60	340 57	2,4 1,6	3,5 1,4	4316 59	2053
FF1220	1,18	0,97	0,95	902 68	141 62	243 60	535 63	272 58	2,7 1,7	4,3 1,7	4322 64	2288
FF1250	1,49	1,10	1,17	906 63	79 43	311 62	623 61	341 58	2,2 1,4	3,5 1,4	4232 59	2060

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	FOIN	% MS	Énergie		Azote			% PDIE	
			UF/kg		g/kg				
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS D'ITALIE, NON ALTERNATIF***Fané au sol (<10 jours)***

FF1280	1er cycle	85,0	0,60	0,50	14	32	59	7,62	2,06
	Floraison		0,51	0,43	12	27	50		
FF1300	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,67	0,58	33	73	80	7,51	2,04
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,57	0,49	28	62	68		
FF1330	3e cycle	85,0	0,75	0,68	40	89	90	7,44	2,02
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,64	0,58	34	76	76		

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS ANGLAIS***Ventilé***

FF1460	1er cycle variétés précoces	85,0	0,86	0,80	41	98	97	6,80	1,88
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,73	0,68	35	83	82		
FF1480	1er cycle variétés précoces	85,0	0,81	0,74	33	75	87	6,90	1,90
	Épiaison		0,69	0,63	28	64	74		
FF1520	1er cycle variétés tardives	85,0	0,80	0,73	32	74	86	6,91	1,90
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,68	0,62	27	63	73		
FF1540	1er cycle variétés tardives	85,0	0,75	0,67	24	53	76	7,05	1,93
	Épiaison		0,64	0,57	20	45	64		
FF1570	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,74	0,66	36	78	85	6,81	1,88
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,63	0,56	30	66	72		

Fané au sol par beau temps

FF1590	1er cycle variétés précoces	85,0	0,81	0,74	33	75	87	6,90	1,90
	Épiaison		0,69	0,63	28	64	74		
FF1620	1er cycle variétés précoces	85,0	0,64	0,55	26	59	72	6,94	1,91
	Floraison		0,54	0,47	22	50	62		
FF1640	1er cycle variétés tardives	85,0	0,74	0,67	24	53	76	7,05	1,93
	Épiaison		0,63	0,57	20	45	64		
FF1660	1er cycle variétés tardives	85,0	0,68	0,59	20	44	69	7,11	1,95
	Début floraison		0,58	0,50	17	37	58		
FF1680	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,74	0,66	36	78	85	6,81	1,88
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,63	0,56	30	66	72		
FF1710	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,82	0,76	49	110	101	6,67	1,84
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,70	0,65	42	94	86		
FF1760	3e cycle	85,0	0,79	0,71	47	107	98	6,66	1,84
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,67	0,60	40	91	83		

Fané au sol (<10 jours)

FF1790	1er cycle variétés précoces	85,0	0,76	0,68	31	72	83	6,92	1,90
	Épiaison		0,65	0,58	26	61	71		
FF1820	1er cycle variétés précoces	85,0	0,62	0,53	24	55	70	6,97	1,91
	Floraison		0,53	0,45	21	47	59		
FF1840	1er cycle variétés tardives	85,0	0,71	0,63	22	50	72	7,07	1,94
	Épiaison		0,60	0,54	19	42	62		
FF1860	1er cycle variétés tardives	85,0	0,66	0,57	18	40	66	7,14	1,95
	Début floraison		0,56	0,48	15	34	56		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FF1280	1,79	1,19	1,35	917 55	52 19	346 56	669 54	377 51	1,9 1,2	3,5 1,4	4235 52	1778
FF1300	1,46	1,10	1,16	908 61	112 54	331 62	649 60	362 58	2,4 1,6	3,5 1,4	4298 58	2000
FF1330	1,27	1,03	1,04	900 66	136 60	269 61	569 62	298 58	2,7 1,7	4,3 1,7	4304 62	2194

FF1460	1,16	1,00	0,99	904 73	148 65	255 71	551 72	284 70	2,7 1,7	4,3 1,7	4343 70	2454
FF1480	1,31	1,06	1,12	912 69	115 57	287 68	601 68	310 65	2,4 1,6	4,3 1,7	4322 65	2319
FF1520	1,30	1,06	1,10	902 70	113 58	302 71	619 70	326 68	2,7 1,7	4,3 1,7	4271 66	2302
FF1540	1,42	1,11	1,20	909 66	83 46	325 68	647 67	350 64	2,4 1,6	4,3 1,7	4253 62	2175
FF1570	1,26	1,04	1,07	906 65	119 58	297 63	613 63	321 59	2,7 1,7	4,3 1,7	4302 61	2161

FF1590	1,41	1,06	1,12	913 69	115 57	287 68	601 68	310 65	2,4 1,6	4,3 1,7	4326 65	2315
FF1620	1,66	1,15	1,28	912 59	91 51	335 60	660 58	361 55	2,2 1,4	3,9 1,6	4280 56	1924
FF1640	1,53	1,11	1,20	909 66	83 46	325 68	647 67	350 64	2,4 1,6	4,3 1,7	4253 62	2169
FF1660	1,59	1,13	1,24	918 61	69 38	347 63	674 62	374 59	2,2 1,4	4,3 1,7	4269 58	2001
FF1680	1,35	1,04	1,07	905 65	119 58	297 63	613 63	321 59	2,7 1,7	4,3 1,7	4297 61	2152
FF1710	1,25	1,00	1,00	898 70	165 67	264 67	573 68	286 64	2,9 1,9	4,7 1,9	4345 66	2345
FF1760	1,37	1,05	1,09	898 68	160 66	271 64	581 66	294 61	3,2 2,1	4,7 1,9	4337 64	2260

FF1790	1,54	1,11	1,21	911 67	110 55	310 67	629 67	335 64	2,4 1,6	4,3 1,7	4309 63	2222
FF1820	1,84	1,20	1,37	911 58	86 47	353 60	682 58	380 55	2,2 1,4	3,9 1,6	4267 55	1876
FF1840	1,69	1,16	1,29	907 64	78 42	345 67	672 65	371 63	2,4 1,6	4,3 1,7	4235 60	2080
FF1860	1,76	1,18	1,33	916 60	64 31	365 64	696 62	393 60	2,2 1,4	4,3 1,7	4251 57	1950

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	FOIN	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, RAY-GRASS ANGLAIS***Fané au sol (<10 jours)***

FF1880	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,71	0,62	34	74	82	6,82	1,88
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,60	0,53	29	63	69		
FF1910	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,77	0,70	47	106	97	6,67	1,85
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,65	0,60	40	90	83		
FF1960	3e cycle	85,0	0,74	0,66	46	103	94	6,67	1,85
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,63	0,56	39	87	80		

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, FÊTUQUE ÉLEVÉE***Ventilé***

FF2180	1er cycle	85,0	0,73	0,65	38	89	87	7,27	1,96
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,62	0,55	32	76	74		
FF2190	1er cycle	85,0	0,67	0,58	30	69	77	7,32	1,97
	Épiaison		0,57	0,49	26	59	65		
FF2210	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,70	0,61	38	84	85	7,26	1,96
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,60	0,52	33	71	72		

Fané au sol par beau temps

FF2230	1er cycle	85,0	0,66	0,58	30	69	76	7,32	1,97
	Épiaison		0,56	0,49	26	59	65		
FF2260	1er cycle	85,0	0,57	0,47	26	59	68	7,32	1,98
	Floraison		0,48	0,40	22	51	57		
FF2270	2e cycle après déprimage	85,0	0,69	0,61	39	86	85	7,25	1,95
	Repousses à tiges de 5 semaines		0,59	0,52	33	73	72		
FF2280	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,69	0,61	38	84	85	7,25	1,96
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,59	0,52	33	71	72		
FF2290	3e cycle	85,0	0,72	0,64	45	100	92	7,21	1,95
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,61	0,54	38	85	78		

Fané au sol (<10 jours)

FF2310	1er cycle	85,0	0,64	0,55	29	65	74	7,33	1,98
	Épiaison		0,54	0,47	24	56	63		
FF2340	1er cycle	85,0	0,55	0,45	25	56	65	7,34	1,98
	Floraison		0,47	0,38	21	47	55		
FF2350	2e cycle après déprimage	85,0	0,66	0,57	37	82	81	7,25	1,96
	Repousses à tiges de 5 semaines		0,56	0,48	32	70	69		
FF2360	2e cycle après coupe épiaison	85,0	0,67	0,58	36	80	82	7,26	1,96
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,57	0,49	31	68	70		
FF2370	3e cycle	85,0	0,69	0,61	43	96	89	7,22	1,95
	Repousses feuillues de 7 semaines		0,59	0,52	37	82	76		

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, DACTYLE***Ventilé***

FF2460	1er cycle	85,0	0,82	0,75	50	124	103	6,80	1,98
	1 semaine avant le début de l'épiaison		0,70	0,64	43	105	88		
FF2470	1er cycle	85,0	0,76	0,69	39	91	90	6,91	1,99
	Épiaison		0,65	0,59	33	77	76		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FF1880	1,47	1,10	1,16	903 63	114 55	319 63	640 62	344 59	2,7 1,7	4,3 1,7	4279 59	2062
FF1910	1,35	1,06	1,09	895 68	160 64	288 66	602 67	312 63	2,9 1,9	4,7 1,9	4323 64	2248
FF1960	1,49	1,10	1,18	895 66	155 64	295 64	611 65	319 61	3,2 2,1	4,7 1,9	4314 62	2166
FF2180	1,22	1,03	1,04	888 66	135 63	273 61	584 62	296 57	2,7 1,7	2,7 1,1	4248 62	2135
FF2190	1,30	1,06	1,11	896 61	106 56	316 60	643 60	346 56	2,4 1,6	2,7 1,1	4234 58	1982
FF2210	1,24	1,03	1,06	890 63	128 61	296 60	619 61	326 56	2,9 1,9	3,5 1,4	4245 59	2054
FF2230	1,40	1,06	1,11	892 61	106 56	316 60	643 60	346 56	2,4 1,6	2,7 1,1	4216 58	1968
FF2260	1,64	1,14	1,27	895 54	92 51	348 55	682 53	379 49	2,2 1,4	2,7 1,1	4205 51	1712
FF2270	1,45	1,08	1,14	864 64	131 62	288 60	609 62	318 57	2,9 1,9	3,5 1,4	4133 60	2016
FF2280	1,33	1,03	1,06	884 63	128 61	296 60	619 61	326 56	2,9 1,9	3,5 1,4	4218 59	2034
FF2290	1,24	1,00	1,00	874 65	151 65	282 61	602 63	311 58	2,9 1,9	4,7 1,9	4212 61	2095
FF2310	1,52	1,11	1,20	890 60	101 53	336 61	668 60	367 57	2,4 1,6	2,7 1,1	4198 57	1917
FF2340	1,82	1,19	1,36	893 53	87 47	366 56	704 53	398 50	2,2 1,4	2,7 1,1	4187 50	1665
FF2350	1,59	1,13	1,23	859 62	126 60	311 61	637 61	341 57	2,9 1,9	3,5 1,4	4101 59	1923
FF2360	1,45	1,09	1,15	881 62	123 58	317 61	644 61	347 58	2,9 1,9	3,5 1,4	4196 59	1978
FF2370	1,34	1,06	1,09	870 64	146 63	305 63	630 63	335 59	2,9 1,9	4,7 1,9	4186 60	2036
FF2460	1,10	0,97	0,94	896 71	185 70	275 69	593 70	304 67	2,4 1,6	2,7 1,1	4369 67	2347
FF2470	1,27	1,05	1,08	899 67	138 63	307 67	647 68	332 64	2,2 1,4	2,3 0,9	4303 63	2216

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	FOIN	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, DACTYLEVentilé

FF2490	2e cycle après coupe épiaison Repousses feuillues de 7 semaines	85,0	0,70 0,60	0,62 0,53	42 35	92 78	89 75	6,84	1,98
--------	--	------	--------------	--------------	----------	----------	----------	------	------

Fané au sol par beau temps

FF2520	1er cycle Épiaison	85,0	0,76 0,65	0,68 0,58	39 33	91 77	89 76	6,90	1,99
FF2550	1er cycle Floraison	85,0	0,60 0,51	0,51 0,43	27 23	60 51	71 60	7,01	2,01
FF2570	2e cycle après déprimage Repousses à tiges de 8 semaines	85,0	0,52 0,44	0,42 0,36	25 21	53 45	63 54	6,98	2,00
FF2590	2e cycle après coupe épiaison Repousses feuillues de 7 semaines	85,0	0,70 0,60	0,61 0,52	42 35	92 78	89 75	6,84	1,98
FF2620	3e cycle Repousses feuillues de 7 semaines	85,0	0,73 0,62	0,64 0,54	44 38	99 84	92 79	6,81	1,98

Fané au sol (<10 jours)

FF2660	1er cycle Épiaison	85,0	0,72 0,61	0,64 0,54	37 31	87 74	86 73	6,91	1,99
FF2690	1er cycle Floraison	85,0	0,59 0,50	0,48 0,41	25 21	57 48	68 58	7,04	2,01
FF2710	2e cycle après déprimage Repousses à tiges de 8 semaines	85,0	0,51 0,43	0,40 0,34	23 20	50 42	61 52	7,01	2,01
FF2730	2e cycle après coupe épiaison Repousses feuillues de 7 semaines	85,0	0,68 0,58	0,59 0,50	40 34	88 75	85 72	6,84	1,98
FF2760	3e cycle Repousses feuillues de 7 semaines	85,0	0,69 0,59	0,61 0,52	42 36	95 81	89 76	6,82	1,98

GRAMINÉE FOURRAGÈRE, BROMEFané au sol par beau temps

FF2930	1er cycle Épiaison	85,0	0,78 0,66	0,70 0,60	29 24	65 55	82 70	6,92	2,06
FF2950	1er cycle Début floraison	85,0	0,71 0,60	0,62 0,53	21 18	46 39	71 61	7,06	2,07
FF2970	2e cycle après coupe épiaison Repousses à tiges de 7 semaines	85,0	0,76 0,65	0,69 0,59	33 28	72 61	84 72	6,81	2,05
FF3000	3e cycle Repousses feuillues de 7 semaines	85,0	0,79 0,67	0,73 0,62	49 41	109 93	100 85	6,58	2,04

Fané au sol (<10 jours)

FF3030	1er cycle Épiaison	85,0	0,74 0,63	0,66 0,56	27 23	61 52	78 67	6,93	2,06
FF3050	1er cycle Début floraison	85,0	0,68 0,58	0,59 0,50	19 16	42 36	69 58	7,10	2,07
FF3070	2e cycle après coupe épiaison Repousses à tiges de 7 semaines	85,0	0,72 0,61	0,65 0,55	31 27	68 58	81 69	6,82	2,05
FF3100	3e cycle Repousses feuillues de 7 semaines	85,0	0,74 0,63	0,67 0,57	47 40	106 90	95 81	6,58	2,04

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FF2490	1,19	1,01	1,02	903 63	139 63	323 63	665 64	349 59	2,4 1,6	3,9 1,6	4323 59	2085
--------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------

FF2520	1,36	1,05	1,08	896 67	138 63	307 67	647 68	332 64	2,2 1,4	2,3 0,9	4289 63	2202
FF2550	1,66	1,15	1,29	914 56	93 51	357 58	704 57	385 53	1,9 1,2	1,9 0,8	4293 53	1818
FF2570	1,57	1,12	1,23	915 50	84 45	356 51	703 50	384 44	2,4 1,6	3,5 1,4	4282 47	1612
FF2590	1,27	1,01	1,02	901 63	139 63	323 63	665 64	349 59	2,4 1,6	3,9 1,6	4314 59	2074
FF2620	1,26	1,01	1,01	894 65	149 64	293 63	631 64	318 59	2,7 1,7	4,7 1,9	4299 61	2140

FF2660	1,49	1,10	1,17	894 65	133 61	328 67	671 67	355 63	2,2 1,4	2,3 0,9	4272 61	2112
FF2690	1,85	1,20	1,38	912 55	88 47	374 59	723 57	403 54	1,9 1,2	1,9 0,8	4275 52	1769
FF2710	1,74	1,17	1,32	914 49	79 39	373 52	722 50	402 45	2,4 1,6	3,5 1,4	4268 46	1566
FF2730	1,38	1,07	1,11	899 61	134 60	343 63	688 62	371 59	2,4 1,6	3,9 1,6	4296 58	1985
FF2760	1,37	1,07	1,10	891 63	144 62	315 63	656 63	341 58	2,7 1,7	4,7 1,9	4277 59	2047

FF2930	1,52	1,10	1,19	910 68	100 53	320 70	640 69	333 66	2,9 1,9	3,1 1,2	4287 64	2250
FF2950	1,92	1,22	1,45	920 63	72 40	352 66	673 64	359 60	2,4 1,6	2,7 1,1	4283 59	2065
FF2970	1,35	1,04	1,08	899 67	111 56	322 69	642 68	335 64	2,9 1,9	3,9 1,6	4256 63	2198
FF3000	1,27	1,01	1,02	866 71	164 67	278 70	598 71	298 67	2,9 1,9	5,5 2,2	4199 67	2285

FF3030	1,67	1,15	1,28	908 66	95 51	340 69	660 67	350 64	2,9 1,9	3,1 1,2	4269 62	2160
FF3050	2,17	1,27	1,54	919 62	67 34	369 67	690 64	373 60	2,4 1,6	2,7 1,1	4270 59	2015
FF3070	1,47	1,10	1,17	896 65	106 53	341 68	661 66	350 63	2,9 1,9	3,9 1,6	4234 61	2106
FF3100	1,37	1,07	1,11	862 68	159 65	301 68	621 68	317 64	2,9 1,9	5,5 2,2	4172 64	2155

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	FOIN	% MS	Énergie		Azote			% PDIE	
			UF/kg		g/kg				
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, LUZERNEVentilé

FF3220	1er cycle	85,0	0,71	0,63	50	122	96	6,91	1,64
	Début bourgeonnement		0,60	0,54	42	104	82		
FF3240	1er cycle	85,0	0,66	0,56	47	113	91	6,91	1,64
	Début floraison		0,56	0,48	40	96	78		
FF3270	2e cycle après coupe bourgeonnement	85,0	0,68	0,58	47	118	92	6,92	1,64
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,58	0,49	40	100	78		
FF3300	3e cycle	85,0	0,69	0,60	49	126	93	6,90	1,63
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,59	0,51	42	107	79		

Fané au sol par beau temps

FF3330	1er cycle	85,0	0,67	0,58	47	114	91	6,92	1,64
	Bourgeonnement		0,57	0,49	40	97	78		
FF3350	1er cycle	85,0	0,62	0,52	45	107	87	6,77	1,64
	Floraison		0,53	0,44	39	91	74		
FF3370	2e cycle après coupe bourgeonnement	85,0	0,67	0,57	46	115	90	6,93	1,65
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,57	0,48	39	97	77		
FF3400	3e cycle	85,0	0,68	0,58	47	122	92	6,91	1,64
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,58	0,49	40	104	78		

Fané au sol par temps de pluie

FF3430	1er cycle	85,0	0,60	0,49	45	111	86	6,76	1,64
	Bourgeonnement		0,51	0,42	38	94	73		
FF3450	1er cycle	85,0	0,55	0,44	44	103	81	6,74	1,63
	Floraison		0,47	0,37	37	88	69		
FF3470	2e cycle après coupe bourgeonnement	85,0	0,59	0,49	44	111	84	6,91	1,64
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,50	0,42	37	94	72		
FF3500	3e cycle	85,0	0,60	0,50	46	119	86	6,89	1,63
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,51	0,43	39	101	73		

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, TRÈFLE VIOLETVentilé

FF3520	1er cycle	85,0	0,77	0,70	49	119	97	6,80	1,86
	Début bourgeonnement		0,65	0,60	41	101	83		
FF3540	1er cycle	85,0	0,70	0,61	41	98	87	6,86	1,87
	Début floraison		0,60	0,52	35	83	74		
FF3570	2e cycle après coupe bourgeonnement	85,0	0,72	0,64	46	114	92	6,81	1,86
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,61	0,54	39	97	79		
FF3590	3e cycle	85,0	0,75	0,67	54	136	100	6,73	1,84
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,64	0,57	46	116	85		

Fané au sol

FF3620	1er cycle	85,0	0,67	0,58	46	110	89	6,78	1,85
	Bourgeonnement		0,57	0,49	39	93	76		
FF3640	1er cycle	85,0	0,63	0,53	39	91	81	6,84	1,87
	Floraison		0,54	0,45	33	78	69		
FF3660	2e cycle après coupe bourgeonnement	85,0	0,65	0,56	47	116	90	6,75	1,85
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,55	0,48	40	99	76		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FF3220	1,10	0,95	0,92	891 64	185 74	311 53	520 55	326 47	2,4 1,4	12,5 3,8	4348 60	2114
FF3240	1,14	0,97	0,95	897 60	171 72	338 49	539 50	343 42	2,4 1,4	12,5 3,8	4351 57	1971
FF3270	1,10	0,97	0,95	901 61	181 75	338 51	539 52	343 44	2,2 1,3	11,0 3,3	4387 58	2022
FF3300	1,11	0,98	0,96	896 61	193 73	313 47	521 50	327 41	2,2 1,3	14,4 4,3	4385 58	2019
FF3330	1,20	1,03	1,04	907 60	174 71	351 51	548 51	352 43	2,4 1,4	12,5 3,8	4402 57	1987
FF3350	1,23	1,04	1,05	915 56	163 69	374 47	564 46	367 38	2,2 1,3	12,5 3,8	4419 53	1851
FF3370	1,17	1,03	1,04	913 60	177 71	361 53	555 52	359 44	2,2 1,3	11,0 3,3	4434 57	2001
FF3400	1,18	1,04	1,06	908 60	189 71	336 49	537 50	342 42	2,2 1,3	14,4 4,3	4432 57	1999
FF3430	1,30	1,09	1,14	909 55	169 70	394 48	578 46	380 38	2,4 1,4	12,5 3,8	4402 52	1795
FF3450	1,34	1,10	1,15	917 51	158 68	417 45	594 42	396 33	2,2 1,3	12,5 3,8	4419 48	1660
FF3470	1,27	1,09	1,14	915 55	172 70	404 50	585 47	387 39	2,2 1,3	11,0 3,3	4434 52	1808
FF3500	1,28	1,10	1,16	910 55	184 70	379 46	567 45	370 36	2,2 1,3	14,4 4,3	4432 52	1805
FF3520	0,98	0,95	0,92	880 67	180 63	245 49	485 57	299 50	2,7 1,6	10,3 3,1	4290 63	2225
FF3540	1,11	1,01	1,01	895 62	150 61	301 48	524 52	337 45	2,2 1,3	9,9 3,0	4306 59	2045
FF3570	0,93	0,93	0,88	903 63	176 63	276 45	507 52	320 44	2,4 1,4	10,3 3,1	4387 59	2133
FF3590	0,97	0,95	0,91	865 66	207 65	222 41	469 54	284 45	2,4 1,4	9,1 2,7	4269 62	2164
FF3620	0,99	1,02	1,01	886 60	167 63	280 39	509 47	323 38	2,4 1,4	9,9 3,0	4294 57	1972
FF3640	1,13	1,07	1,11	900 57	141 60	337 43	549 47	361 39	2,2 1,3	9,5 2,9	4313 54	1864
FF3660	0,93	0,99	0,96	894 59	179 63	286 38	514 46	327 37	2,4 1,4	10,3 3,1	4351 56	1962

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

FOIN

Code INRA	FOIN	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

LÉGUMINEUSE FOURRAGÈRE, TRÈFLE VIOLET

Fané au sol

FF3680	3e cycle	85,0	0,66	0,57	55	138	97	6,67	1,83
	Repousses à tiges de 7 semaines		0,56	0,48	47	118	82		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM

FF3680	0,97	1,01	0,99	856 61	210 65	232 29	476 46	291 34	2,4 1,4	9,1 2,7	4233 58	1962
--------	------	------	------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

PAILLE

Code INRA	PAILLE, FOURRAGES LIGNIFIÉS	% MS	Énergie		Azote				
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI
FP0020	Paille de Blé, Seule (a)	88,0	0,42 0,37	0,31 0,27	11 10	22 19	44 39	7,24	1,99
FP0040	Paille de Blé, Traitée à l'ammoniac	88,0	0,58 0,51	0,47 0,41	11 10	43 38	54 48	7,33	2,01
FP0060	Paille d'Orge, Seule (a)	88,0	0,44 0,39	0,33 0,29	12 11	24 21	46 40	7,36	2,06
FP0080	Paille d'Orge, Traitée à l'ammoniac	88,0	0,58 0,51	0,48 0,42	12 11	44 39	56 49	7,43	2,07
FP0090	Paille d'Avoine, Seule (a)	88,0	0,50 0,44	0,39 0,34	10 9	20 18	48 42	7,31	2,03
FP0100	Paille de Sorgho, Seule (a)	85,0	0,54 0,46	0,43 0,37	14 12	28 24	53 45	6,67	1,94
FP0110	Paille de Sorgho, Traitée à l'ammoniac	86,0	0,70 0,60	0,61 0,52	14 12	65 56	64 55	6,86	1,97
FP0120	Paille de Riz, Seule (a)	90,0	0,51 0,46	0,42 0,38	11 10	23 21	51 46	7,12	2,09
FP0130	Paille de Riz, Traitée à l'ammoniac	90,0	0,61 0,55	0,51 0,46	11 10	37 33	52 47	7,13	2,09
FP0140	Paille de Graminée fourragère	88,0	0,50 0,44	0,39 0,34	26 23	53 47	53 47	6,93	1,86
FP0150	Paille de Féverole, Seule (a)	87,0	0,45 0,39	0,34 0,30	15 13	31 27	51 44	7,52	1,73
FP0160	Paille de Pois, Seule (a)	86,0	0,53 0,46	0,42 0,36	21 18	42 36	60 52	7,74	1,74
FP0170	Cannes de Maïs, Fraîches (a)	52,4	0,60 0,31	0,51 0,27	15 8	30 16	60 31	7,31	1,83
FP0180	Cannes de Maïs, Ensilées	31,0	0,61 0,19	0,51 0,16	15 5	38 12	46 14	7,17	1,75
FP0190	Cannes de Maïs, Traitées à l'ammoniac	60,0	0,73 0,44	0,66 0,40	15 9	62 37	68 41	7,36	1,87
FP0200	Spathes de Maïs, Fraîches (a)	52,7	0,79 0,42	0,72 0,38	15 8	31 16	73 38		
FP0210	Spathes de Maïs, Traitées à l'ammoniac	55,0	0,70 0,39	0,61 0,34	15 8	60 33	68 37		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Paille distribuée seule mais correctement complétée en azote et en minéraux.

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FP0020	2,41	1,60 (b)	1,80 (c)	920 42	35 0	420 50	798 47	504 49	1,0 0,5	2,0 0,8	4340 38	1335
FP0040	1,70	1,15	1,30	915 54	100 44	419 65	766 58	504 62	1,0 0,5	3,5 1,4	4380 50	1751
FP0060	2,47	1,60 (b)	1,80 (c)	920 44	38 8	420 54	798 49	504 51	1,0 0,5	3,5 1,4	4300 40	1390
FP0080	1,74	1,15	1,30	920 55	100 44	420 64	766 59	504 63	1,0 0,5	3,5 1,4	4300 51	1754
FP0090	2,30	1,55	1,70	910 48	32 0	420 61	760 51	470 52	1,0 0,5	3,5 1,4	4240 44	1509
FP0100	1,77	1,18	1,36	922 50	44 16	326 60			1,0 0,5	3,5 1,4	4320 46	1632
FP0110	1,35	1,04	1,07	932 62	140 56	312 70			1,0 0,5	3,5 1,4	4400 58	2071
FP0120	2,40	1,60	1,80	850 54	37 0	367 62	780 59	450 57	1,0 0,5	3,5 1,4	3800 50	1535
FP0130	1,82	1,21	1,37	856 58	100 30	377 73	749 62	450 62	1,0 0,5	3,5 1,4	4190 54	1804
FP0140	1,54	1,11	1,20	926 48	84 49	400 53	760 51	480 53	1,0 0,5	3,0 1,2	4340 44	1543
FP0150	1,74	1,17	1,33	924 45	49 12	479 47			1,0 0,5	5,0 2,0	4200 41	1385
FP0160	1,64	1,14	1,27	901 52	66 35	413 48			1,0 0,5	5,0 2,0	4130 48	1600
FP0170	2,07	1,30	1,30	914 57	48 10	310 64			1,5 0,8	3,0 1,2	4160 53	1806
FP0180	2,50	1,00	2,00	907 57	66 42	337 65			1,5 0,8	3,0 1,2	4200 53	1800
FP0190	2,20	1,28	1,30	908 67	144 49	340 81			1,5 0,8	3,0 1,2	4220 63	2111
FP0200	1,76	1,15	1,15	963 68	49 18	289 73			0,5 0,3	3,0 1,2	4340 64	2303
FP0210	1,70	1,15	1,15	974 62	137 51	227 53			0,5 0,3	3,0 1,2	4390 58	2084

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

(b) Valeur pour une paille moyenne. Prendre 1,45 pour une excellente et 1,80 pour une mauvaise.

(c) Valeur pour une paille moyenne. Prendre 1,60 pour une excellente et 2,00 pour une mauvaise.

RACINES

Code INRA	RACINES, TUBERCULES	% MS	Énergie			Azote			
			UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI
FR0010	Betteraves Fourragères (a)	13,0	1,15 0,15	1,16 0,15	11 1	62 8	86 11	7,36	1,94
FR0020	Betteraves Fourragères riches en MS (a)	19,0	1,12 0,21	1,14 0,22	10 2	53 10	88 17	7,41	1,96
FR0030	Betteraves Sucrières (a)	23,2	1,15 0,27	1,17 0,27	9 2	49 11	89 21		
FR0040	Carottes (a)	12,5	1,08 0,14	1,08 0,14	10 1	61 8	82 10	7,52	2,02
FR0050	Endives (a)	16,7	1,02 0,17	1,01 0,17	6 1	33 6	75 13		
FR0060	Navet (a)	9,5	1,12 0,11	1,12 0,11	12 1	68 6	84 8	7,28	1,98
FR0070	Pommes de terre	20,0	1,20 0,24	1,22 0,24	25 5	63 13	103 21	7,42	1,95
FR0080	Rutabagas (a)	11,5	1,21 0,14	1,24 0,14	14 2	57 7	94 11		
FR0090	Topinambour (a)	20,0	1,11 0,22	1,11 0,22	12 2	47 9	84 17		
FR0100	Feuilles et collets de betteraves propres	13,0	0,87 0,11	0,85 0,11	32 4	100 13	87 11	6,94	1,81
FR0110	Feuilles et collets de betteraves sales	13,0	0,70 0,09	0,67 0,09	30 4	93 12	75 10	6,86	1,79
FR0120	Pulpes de betteraves surpressées ensilées	22,0	1,01 0,22	0,99 0,22	28 6	60 13	84 18	7,95	2,00

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Les valeurs UF de ces racines riches en sucres rapidement fermentescibles ne sont valables que si les racines sont distribuées en quantité limitée (< 3 kg MS chez le bovin adulte). Pour des quantités plus...

Code INRA	Encombrement			Constituants organiques					Minéraux		Énergie	
	UE/kg			g/kg / %					g/kg		kcal/kg / %	
	UEM	UEL	UEB	MO dMO	MAT dMA	CB dCB	NDF dNDF	ADF dADF	P Pabs	Ca Caabs	EB dE	EM
FR0010	0,91	1,00	1,20	915 90	104 61	70 86			1,5 1,1	2,5 0,5	4110 88	3172
FR0020	1,17	0,50	0,60	956 90	90 57	63 86	136	72	1,5 1,1	2,5 0,5	3990 88	3054
FR0030	1,56	0,50	0,60	968 91	84 54	58 86			1,5 1,1	3,0 0,6	4020 89	3075
FR0040	0,90	0,60	0,70	910 88	105 58	100 79			3,0 2,1	4,5 0,9	4030 86	3023
FR0050	0,90	0,60	0,70	913 85	56 32	100 82			2,5 1,8	4,0 0,8	4030 81	2876
FR0060	0,90	0,60	0,70	905 89	115 64	110 80			2,5 1,8	5,5 1,1	4120 87	3116
FR0070	0,90	0,60	0,70	950 93	108 58	26 55	73	44	2,0 1,4	0,5 0,1	4130 90	3299
FR0080	0,90	0,60	0,70	940 93	90 71	85 75	140	125	2,5 1,8	3,5 0,7	4140 91	3330
FR0090	0,90	0,60	0,70	942 86	73 60	39 30		57	2,0 1,4	3,0 0,6	4210 83	3100
FR0100	0,75	0,80	0,80	803 82	164 72	95 75			2,5 1,8	10,0 2,0	3730 79	2514
FR0110	0,75	0,80	0,80	680 79	153 69	85 76			2,5 1,8	15,0 3,0	3160 76	2010
FR0120	1,63	1,05	1,05	912 86	98 55	206 77	482	241	1,0 0,9	13,0 2,6	4010 82	2739

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

...élevées, prendre 1 UFL ou 1 UFV.

Code INRA	CONCENTRÉ, COPRODUIT	Énergie			Azote			% PDIE	
		% MS	UF/kg		g/kg			LysDI	MetDI
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE		
DÉSHYDRATÉS ET AGGLOMÉRÉS (a)									
CD0020	Luzerne, MAT < 16% sur sec	91,4	0,65 0,60	0,56 0,51	47 43	95 87	89 81	6,69	1,77
CD0030	Luzerne, MAT 17-18% sur sec	90,6	0,68 0,62	0,59 0,54	58 53	114 103	100 91	6,71	1,78
CD0040	Luzerne, MAT 18-19% sur sec	90,6	0,70 0,63	0,61 0,55	61 56	120 109	104 94	6,72	1,81
CD0050	Luzerne, MAT 22-25% sur sec	89,8	0,78 0,70	0,71 0,64	83 74	157 141	127 114	6,80	1,83
CD0060	Maïs, stade laitoux	91,0	0,88 0,80	0,82 0,75	23 21	48 44	81 74	6,52	1,89
CD0070	Maïs, stade vitreux	91,0	0,91 0,83	0,85 0,77	22 20	45 41	81 74	6,70	1,92
CD0080	R.G.I., 1er cycle, début épiaison	91,0	0,87 0,79	0,82 0,75	33 30	66 60	87 79	6,56	2,10
CD0090	R.G.I., 2e cycle, 5 semaines	91,0	0,83 0,76	0,77 0,70	50 46	102 93	100 91	6,18	2,10
CD0100	Fétuque élevée 1er cycle, début épiaison	91,0	0,76 0,69	0,70 0,64	40 36	81 74	88 80	6,66	1,97
CD0110	Fétuque élevée 2e cycle, 5 semaines	91,0	0,83 0,76	0,77 0,70	50 46	102 93	100 91	6,55	1,96

CÉRÉALES

CC0010	Orge	86,7	1,09 0,95	1,08 0,93	34 30	79 69	101 87	6,78	1,94
CC0020	Avoine	88,1	0,88 0,77	0,80 0,71	18 16	69 61	69 61	7,06	1,99
CC0030	Avoine décortiquée	85,6	1,14 0,97	1,12 0,96	22 19	79 67	90 77	7,11	2,00
CC0040	Blé dur	87,6	1,17 1,02	1,17 1,02	40 35	109 96	110 96	6,33	1,88
CC0050	Blé tendre	86,8	1,18 1,02	1,18 1,02	30 26	81 70	102 89	6,68	1,93
CC0060	Maïs	86,4	1,22 1,06	1,23 1,06	54 46	74 64	97 84	5,73	1,95
CC0070	Riz cargo	87,4	1,24 1,08	1,26 1,10	27 23	62 55	75 66	6,70	2,09
CC0080	Seigle	87,3	1,18 1,03	1,18 1,03	23 20	67 59	97 85	7,09	1,97
CC0090	Sorgho	86,5	1,22 1,05	1,22 1,06	57 50	78 67	100 87	5,40	1,76
CC0100	Triticale	87,3	1,16 1,01	1,17 1,02	23 20	72 63	96 84	7,09	2,00
CC0110	Millet	88,0	0,99 0,87	0,95 0,84	83 73	108 95	122 107	4,67	2,59
CC0120	Sarrazin	87,0	0,93 0,81	0,87 0,76	34 30	89 77	94 82	7,22	1,92

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

(a) Fourrages agglomérés dans des presses à filières sans (fourrages compactés) ou avec broyage préalable (fourrages condensés). Fourrages sans valeurs UE assimilables à des aliments concentrés.

DÉSHYDRATÉS ET AGGLOMÉRÉS / CÉRÉALES

Code INRA	Constituants organiques								Minéraux			Énergie	
	g/kg / %								g/kg			kcal/kg / %	
	MO dMO	MAT dMA	CB	NDF	ADF	ADL	MG	Amidon	P Pabs	Ca Caabs	Mg	EB dE	EM
CD0020	892 60	151 65	320	503	363	91	24		2,6 1,9	20,4 6,1	1,6	4302 56	1931
CD0030	885 62	175 68	295	474	338	86	27		2,6 1,9	21,8 6,5	1,7	4301 59	2003
CD0040	883 63	184 69	283	461	326	83	28		2,7 2,0	22,3 6,7	1,7	4299 60	2038
CD0050	871 70	233 73	211	379	255	69	34		2,7 2,0	25,2 7,6	1,9	4279 67	2244
CD0060	950 71	76 43	223	496	247	27	25	170	1,8 1,3	2,3 0,9	1,5	4417 69	2509
CD0070	954 72	72 41	195	450	215	23	30	300	1,8 1,3	2,3 0,9	1,5	4424 70	2565
CD0080	899 73	105 50	238	508	269		25		2,7 1,6	4,3 1,7	1,0	4190 70	2402
CD0090	889 71	161 61	263	553	292		25		3,0 1,8	4,8 1,9	2,0	4240 68	2316
CD0100	874 68	129 61	269	579	307		25		2,7 1,9	3,3 1,3	1,5	4120 65	2166
CD0110	873 72	161 66	256	543	284		25		4,1 2,9	4,8 1,9	2,5	4170 69	2311
CC0010	974 83	116 66	52	216	63	11	21	602	4,0 3,0	0,8 0,5	1,3	4390 81	2957
CC0020	970 67	111 55	138	372	169	28	54	411	3,6 2,7	1,2 0,7	1,1	4656 65	2501
CC0030	975 84	124 68	47	136	54	20	29	615	3,3 2,5	1,0 0,6	1,0	4484 82	3061
CC0040	978 87	165 73	31	164	43	13	21	633	3,9 2,8	0,9 0,5	1,2	4425 85	3121
CC0050	982 88	121 70	26	143	36	11	17	698	3,7 2,6	0,8 0,4	1,1	4351 86	3124
CC0060	986 89	94 66	25	120	30	6	43	742	3,0 2,2	0,5 0,3	1,2	4463 86	3238
CC0070	988 92	92 69	5	10	7	0	13	868	2,3 1,7	0,1 0,1	1,6	4299 89	3241
CC0080	979 89	103 69	22	161	36	10	14	616	3,4 2,6	1,2 0,7	1,2	4294 86	3114
CC0090	983 88	109 69	27	108	43	12	34	741	3,2 2,4	0,3 0,2	1,4	4502 86	3233
CC0100	978 88	110 69	27	146	37	12	15	686	4,0 3,0	0,8 0,5	1,1	4311 85	3088
CC0110	958 76	131 74	106				42		3,2 2,4	0,4 0,2	1,6	4470 74	2747
CC0120	976 72	131 77	116				28		3,4 2,6	0,9 0,5	1,2	4490 70	2609

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

CONCENTRÉ/COPRODUIT

Code INRA	CONCENTRÉ, COPRODUIT	Énergie			Azote			% PDIE	
		% MS	UF/kg		g/kg			LysDI	MetDI
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE		
CS0010	Remoulage de blé dur	86,9	1,04 0,90	1,00 0,87	40 35	115 100	97 85	6,70	1,86
CS0020	Son de blé dur	86,6	0,92 0,80	0,86 0,74	36 31	107 93	87 75	6,70	1,88
CS0030	Farine basse de blé tendre	88,2	1,25 1,10	1,26 1,11	35 31	96 84	107 95	6,83	1,92
CS0040	Remoulage blanc de blé tendre	87,9	1,11 0,98	1,09 0,96	39 35	111 98	102 90	6,78	1,89
CS0050	Remoulage demi-blanc de blé tendre	88,1	1,03 0,90	0,99 0,87	41 36	115 101	99 87	6,71	1,86
CS0060	Son de blé tendre	87,1	0,94 0,82	0,88 0,77	38 33	108 94	91 80	6,70	1,88
CS0070	Drèches de distillerie de blé, amidon < 7% sur brut	90,0	1,06 0,96	1,00 0,90	114 102	253 228	159 143	5,50	2,00
CS0080	Drèches de distillerie de blé, amidon > 7% sur brut	91,4	1,14 1,04	1,11 1,01	69 63	204 187	129 118	5,58	2,00
CS0090	Gluten feed de blé, amidon 25% sur brut	90,6	1,05 0,95	1,02 0,93	37 33	105 96	96 87	6,58	1,88
CS0100	Gluten feed de blé, amidon 28% sur brut	87,9	1,06 0,94	1,03 0,91	37 33	107 94	98 86	6,60	1,88
CS0110	Corn gluten feed	88,0	1,06 0,93	1,03 0,91	56 49	144 127	115 102	6,22	1,96
CS0120	Corn gluten meal	89,5	1,48 1,32	1,48 1,32	480 430	562 503	514 460	3,49	2,03
CS0130	Drèches et solubles de distillerie de maïs	88,2	1,10 0,97	1,07 0,94	123 108	205 181	175 154	5,15	1,86
CS0140	Farine fourragère de maïs	87,3	1,21 1,06	1,21 1,06	55 48	77 67	95 83	6,29	1,89
CS0150	Amidon de maïs	88,1	1,43 1,26	1,51 1,33	5 5	7 6	79 69	7,52	2,08
CS0160	Rafles de maïs	90,2	0,60 0,54	0,51 0,46	17 15	31 28	63 57	7,28	2,03
CS0170	Son de maïs	87,8	0,89 0,78	0,83 0,73	63 55	89 78	103 90	6,22	1,92
CS0180	Tourteau de germes de maïs déshuilé	87,4	1,06 0,92	1,02 0,89	138 121	218 190	182 159	5,21	1,92
CS0190	Tourteau de germes de maïs expeller	91,5	1,29 1,18	1,29 1,18	45 41	111 102	91 83	6,26	1,93
CS0200	Tourteau de maïs de semoulerie	89,4	1,19 1,06	1,18 1,06	41 37	100 90	94 84	6,47	1,98
CS0210	Drèches d'orge de brasserie déshydratées	91,9	0,82 0,76	0,73 0,67	137 126	194 178	171 157	5,17	1,64
CS0220	Radicelles d'orge de brasserie déshydratées	89,3	0,79 0,70	0,71 0,63	51 45	151 135	98 88	6,57	1,79

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Constituants organiques								Minéraux			Énergie	
	g/kg / %								g/kg			kcal/kg / %	
	MO	MAT	CB	NDF	ADF	ADL	MG	Amidon	P	Ca	Mg	EB	EM
dMO	dMA	Pabs							Caabs	dE			
CS0010	954 78	178 70	82	364	107	31	49	342	9,4 6,7	1,4 0,8	2,3	4606 76	2863
CS0020	944 71	169 67	117	499	151	43	51	230	11,2 8,0	1,6 0,9	3,1	4585 69	2593
CS0030	984 90	145 73	17	111	25	5	27	676	4,1 3,0	1,0 0,6	1,8	4515 88	3301
CS0040	962 83	170 71	56	261	74	22	40	430	8,1 5,8	1,3 0,7	2,6	4553 81	3023
CS0050	951 78	175 70	80	356	104	30	40	314	9,9 7,1	1,5 0,8	4,0	4542 76	2830
CS0060	942 73	170 68	105	455	136	39	40	227	11,4 8,2	1,6 0,9	4,8	4511 71	2624
CS0070	960 74	376 76	102	422	162	44	72	42	7,5 5,4	3,6 2,0	3,0	5125 75	2976
CS0080	949 82	316 76	61	276	92	27	56	138	8,9 6,4	2,1 1,2	3,0	4864 81	3124
CS0090	918 81	163 71	62	312	90	30	44	274	8,2 5,9	1,3 0,7	3,2	4439 79	2869
CS0100	953 80	164 70	69	324	95	31	32	317	8,5 6,2	1,8 1,0	2,6	4546 78	2913
CS0110	930 82	219 74	85	384	100	12	31	205	10,1 6,8	1,8 1,0	3,9	4468 80	2894
CS0120	979 96	677 81	12	26	8	2	28	192	5,4 3,7	0,8 0,5	0,4	5510 98	3926
CS0130	932 82	279 76	83	356	102	18	44	130	9,6 7,5	2,4 1,3	3,2	4628 81	2999
CS0140	973 86	103 67	66	293	79	12	62	522	5,3 4,0	1,4 0,8	1,5	4632 84	3244
CS0150	997 100	9 0	2	0			5	950	0,0 0,0	0,2 0,1	0,0	4185 100	3607
CS0160	960 53	44 0	302	822	408	38	5		0,7 0,5	1,2 0,7	0,7	4280 51	1808
CS0170	932 70	124 62	146	595	166	26	41	340	3,4 2,5	5,4 3,0	1,6	4506 68	2522
CS0180	964 79	295 75	101	425	119	17	29	155	7,2 4,9	0,5 0,3	3,1	4658 79	2910
CS0190	941 85	166 73	67	317	82	21	149	323	9,1 6,2	0,4 0,2	3,2	4964 85	3458
CS0200	948 87	149 72	62	298	75	14	68	403	8,6 5,9	1,6 0,9	2,9	4540 85	3172
CS0210	958 61	262 70	167	574	222	59	73	75	6,3 4,9	2,3 1,3	2,6	4900 62	2395
CS0220	937 66	244 70	142	447	168	29	21	126	6,2 4,7	3,2 1,8	1,7	4415 64	2269

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

CONCENTRÉ/COPRODUIT

Code INRA	CONCENTRÉ, COPRODUIT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

COPRODUITS DE CÉRÉALES

CS0230	Brisures de riz	87,4	1,22	1,24	26	60	74	6,73	2,12
			1,07	1,08	22	52	64		
CS0240	Son de riz déshuilé	90,2	0,76	0,69	72	112	108	6,34	2,11
			0,69	0,62	65	101	97		
CS0250	Son de riz gras	90,1	1,03	0,96	43	100	74	6,47	2,11
			0,92	0,86	39	90	66		

GRAINES

CN0010	Graine de colza	92,2	1,82	1,82	39	130	66	7,34	2,10
			1,68	1,68	36	120	61		
CN0020	Graine de coton	90,6	1,03	0,93	53	145	84	6,53	1,88
			0,94	0,85	48	131	77		
CN0030	Féverole à fleurs blanches	86,1	1,20	1,20	52	198	112	7,38	1,52
			1,03	1,03	45	170	97		
CN0040	Féverole à fleurs colorées	86,5	1,20	1,21	52	188	112	7,42	1,52
			1,04	1,04	45	162	97		
CN0050	Graine de lin	90,3	1,58	1,56	52	161	84	5,90	1,84
			1,43	1,40	47	145	76		
CN0060	Lupin blanc	88,6	1,33	1,33	53	240	120	6,83	1,57
			1,18	1,18	47	213	106		
CN0070	Lupin bleu	90,2	1,25	1,24	71	221	138	6,72	1,53
			1,13	1,12	64	199	124		
CN0080	Pois	86,4	1,21	1,22	34	150	97	7,74	1,74
			1,04	1,05	29	130	83		
CN0090	Pois chiche	89,0	1,33	1,35	47	146	105	7,58	1,68
			1,19	1,21	42	130	94		
CN0100	Graine de soja extrudée	88,1	1,44	1,44	204	298	243	6,84	1,54
			1,27	1,27	180	262	214		
CN0110	Graine de soja toastée	88,6	1,47	1,46	133	269	177	6,94	1,60
			1,30	1,30	118	238	157		
CN0120	Graine de tournesol	93,0	1,55	1,49	17	104	35	6,52	2,15
			1,44	1,39	16	97	33		
CN0130	Haricot	88,0	1,12	1,10	23	154	94	7,59	1,90
			0,99	0,97	20	136	83		
CN0140	Lentille	88,0	1,13	1,11	25	169	97	7,63	1,81
			0,99	0,98	22	149	85		
CN0150	Vesce	89,0	1,15	1,14	29	181	101	7,44	1,84
			1,02	1,01	26	161	90		

TOURTEAUX

CX0010	Tourteau d'arachide détoxifié, cellulose < 9% sur brut	89,6	1,12	1,08	188	387	240	5,27	1,32
			1,00	0,97	168	347	215		
CX0020	Tourteau d'arachide détoxifié, cellulose > 9% sur brut	89,2	1,06	1,01	184	385	237	5,30	1,33
			0,94	0,90	164	343	211		
CX0030	Tourteau de cacao	88,2	0,49	0,38	41	169	75	6,87	1,59
			0,43	0,33	36	149	66		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Constituants organiques								Minéraux			Énergie	
	g/kg / %								g/kg			kcal/kg / %	
	MO	MAT	CB	NDF	ADF	ADL	MG	Amidon	P	Ca	Mg	EB	EM
dMO	dMA	Pabs							Caabs	dE			
CS0230	990 91	88 67	12	59	15	6	14	882	2,5 1,8	0,5 0,3	1,7	4311 88	3207
CS0240	872 68	160 65	103	267	125	44	34	335	19,7 12,6	2,4 1,3	9,0	4220 64	2194
CS0250	910 70	153 64	86	228	99	36	182	304	17,9 11,4	0,9 0,5	7,3	5133 69	2895
CN0010	957 83	207 75	89	190	134	59	455	0	7,2 5,3	5,1 2,8	2,6	6836 87	4850
CN0020	957 64	234 71	259	423	327	93	211	0	6,9 5,1	1,8 1,0	3,6	5753 66	2974
CN0030	959 91	311 79	87	160	106	8	13	433	5,5 4,1	1,7 0,9	2,0	4475 90	3189
CN0040	961 91	294 79	91	161	107	9	15	442	5,3 3,9	1,6 0,9	1,9	4479 90	3198
CN0050	952 80	250 75	102	245	148	62	362	0	6,8 5,0	4,2 2,3	4,0	6402 83	4281
CN0060	961 90	385 80	128	214	154	10	95	0	4,3 3,2	3,8 2,1	1,9	5060 91	3552
CN0070	962 89	340 80	165	247	197	17	59	0	4,1 3,0	3,6 2,0	1,9	4849 89	3352
CN0080	965 92	239 78	60	139	69	3	12	516	4,6 3,4	1,3 0,7	1,7	4366 90	3189
CN0090	966 93	223 78	40	104	42	2	68	504	4,1 3,0	1,3 0,7	1,3	4708 92	3509
CN0100	941 88	395 79	59	125	73	12	203	0	6,3 4,6	3,6 2,0	2,6	5530 90	3860
CN0110	942 88	397 79	64	132	78	13	217	0	5,9 4,4	3,6 2,0	2,6	5614 90	3926
CN0120	963 72	172 69	167	310	201	62	479	0	5,8 4,3	3,0 1,6	3,0	6849 77	4267
CN0130	956 85	257 80	51	162	74	3	19		5,1 3,8	1,3 0,7	1,5	4500 83	3026
CN0140	964 85	281 81	49	160	72	3	19		4,5 3,3	1,1 0,6	1,0	4610 83	3084
CN0150	948 87	296 89	74				24		5,1 3,8	1,8 1,0	1,4	4570 85	3105
CX0010	933 83	546 79	76	159	96	28	38	0	6,3 4,1	2,2 1,2	3,4	4917 85	3080
CX0020	934 82	551 79	134	225	157	51	10	0	6,3 4,1	2,2 1,2	3,0	4834 83	2927
CX0030	899 47	285 69	165	427	318	164	6	103	7,4 5,0	2,5 1,4	3,0	4295 45	1500

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

CONCENTRÉ/COPRODUIT

Code INRA	CONCENTRÉ, COPRODUIT	Énergie			Azote			% PDIE	
		% MS	UF/kg		g/kg			LysDI	MetDI
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE		

TOURTEAUX

CX0040	Tourteau de colza	88,7	0,96	0,90	103	247	155	6,78	1,99
			0,85	0,80	92	219	138		
CX0050	Tourteau de coprah expeller	91,2	1,04	1,00	111	169	159	5,30	1,72
			0,95	0,91	101	154	145		
CX0060	Tourteau de coton déshuilé, cellulose 7-14% sur brut	91,3	1,03	0,97	182	334	229	5,67	1,58
			0,94	0,89	166	305	209		
CX0070	Tourteau de coton déshuilé, cellulose 14-20% sur brut	90,1	0,89	0,81	150	281	192	5,78	1,66
			0,80	0,73	135	254	173		
CX0080	Tourteau de lin déshuilé	88,6	1,00	0,95	153	256	202	5,55	1,75
			0,88	0,84	135	227	179		
CX0090	Tourteau de lin expeller	90,4	1,07	1,02	145	244	190	5,57	1,74
			0,97	0,92	131	220	172		
CX0100	Tourteau de palmiste expeller	90,6	0,93	0,85	81	116	124	5,50	1,96
			0,84	0,77	74	105	113		
CX0110	Tourteau de pépins de raisin déshuilé	87,4	0,20	0,09	10	37	21	6,78	1,98
			0,17	0,08	9	32	18		
CX0120	Tourteau de sésame expeller	93,9	1,21	1,19	140	323	188	4,90	2,45
			1,14	1,12	131	303	177		
CX0130	Tourteau de soja 46	87,6	1,20	1,19	193	360	253	6,89	1,54
			1,05	1,04	169	316	222		
CX0140	Tourteau de soja 48	87,8	1,21	1,20	201	377	261	6,88	1,54
			1,06	1,05	177	331	229		
CX0150	Tourteau de soja 50	87,6	1,21	1,21	212	395	272	6,87	1,53
			1,06	1,06	186	346	238		
CX0160	Tourteau de tournesol non décortiqué	88,7	0,63	0,52	67	201	105	5,90	2,14
			0,56	0,46	59	178	93		
CX0170	Tourteau de tournesol partiellement décortiqué	89,7	0,73	0,64	85	245	128	5,76	2,13
			0,66	0,57	76	219	115		

AUTRES PRODUITS D'ORIGINE VÉGÉTALE

CF0010	Manioc, amidon 67% sur brut	88,0	1,03	1,03	12	22	71	7,42	2,07
			0,91	0,90	11	19	63		
CF0020	Manioc, amidon 72% sur brut	87,3	1,13	1,14	11	20	75	7,46	2,08
			0,99	1,00	10	18	65		
CF0030	Patate douce déshydratée	87,8	1,11	1,11	14	32	75	7,36	2,00
			0,97	0,97	12	28	66		
CF0040	Pomme de terre entière déshydratée	89,3	1,08	1,08	23	65	83	7,27	1,95
			0,96	0,96	21	58	74		
CF0050	Concentré protéique de luzerne	91,8	1,26	1,24	433	486	459	6,82	1,93
			1,16	1,13	397	446	422		
CF0060	Concentré protéique de pomme de terre	92,3	1,29	1,26	500	678	536	7,55	1,91
			1,19	1,16	462	626	495		
CF0070	Coques de cacao	88,3	0,47	0,35	61	108	83	6,58	1,43
			0,41	0,31	54	95	73		
CF0080	Coques de soja	89,4	1,01	0,98	45	84	109	7,57	1,80
			0,90	0,87	40	75	98		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

AUTRES PRODUITS D'ORIGINE VÉGÉTALE

Code INRA	Constituants organiques									Minéraux			Énergie	
	g/kg / %									g/kg			kcal/kg / %	
	MO dMO	MAT dMA	CB	NDF	ADF	ADL	MG	Amidon	P Pabs	Ca Caabs	Mg	EB dE	EM	
CX0040	921 77	380 78	139	319	221	108	26	0	12,9 9,2	9,4 5,2	5,5	4611 76	2684	
CX0050	932 76	225 75	141	546	286	66	89	0	5,9 4,0	1,3 0,7	3,1	4767 76	2894	
CX0060	926 78	467 78	130	272	181	60	31	0	12,9 8,1	2,7 1,5	6,6	4900 78	2880	
CX0070	928 69	403 76	187	352	246	75	30	0	12,6 7,9	2,6 1,5	6,2	4858 69	2549	
CX0080	934 78	359 77	110	257	156	66	34	0	9,0 6,0	5,0 2,8	4,8	4610 77	2767	
CX0090	935 78	342 77	113	259	157	67	90	0	9,1 6,1	4,7 2,6	5,5	4882 78	2969	
CX0100	954 68	163 71	197	726	445	134	94	0	6,1 4,2	3,1 1,7	3,2	4803 68	2630	
CX0110	961 20	113 35	479	791	692	526	12	0	1,7 1,2	7,8 4,3	0,7	4636 18	667	
CX0120	879 88	463 80	64	201	106	19	118	0	12,6 8,5	18,1 10,0	5,9	4956 88	3290	
CX0130	926 92	494 80	70	142	85	5	19	0	7,1 5,0	3,9 2,1	3,3	4659 92	3215	
CX0140	927 92	516 80	68	139	83	8	21	0	7,1 5,0	3,9 2,1	3,3	4703 92	3238	
CX0150	928 93	539 80	44	102	55	4	17	0	7,1 5,0	3,9 2,1	3,3	4697 93	3254	
CX0160	930 54	312 71	287	463	330	113	23	0	11,3 7,4	4,4 2,4	5,8	4626 53	1896	
CX0170	925 62	373 75	236	400	276	92	19	0	12,0 7,8	4,5 2,5	6,1	4628 61	2157	
CF0010	938 87	31 36	50	97	69	24	7	762	1,1 0,5	2,6 1,0	1,2	3937 82	2756	
CF0020	974 90	29 37	33	72	47	14	6	820	1,0 0,5	1,7 0,7	1,7	4073 86	2984	
CF0030	968 88	48 51	29	92	48	9	10	735	1,2 0,9	1,4 0,5	1,0	4145 84	2951	
CF0040	944 88	99 67	26	88	38	10	4	733	2,4 1,6	1,2 0,5	0,9	4080 84	2877	
CF0050	877 90	547 80	28	80	41		91	0	8,7 6,1	36,8 11,0	1,6	5149 90	3415	
CF0060	972 91	841 81	9	65	19	4	10	7	4,4 3,1	3,1 1,3	0,5	5313 95	3497	
CF0070	905 43	183 60	205	470	357	180	57	81	4,5 2,2	3,8 1,5	4,3	4477 41	1455	
CF0080	947 82	134 78	382	631	452	24	25	0	1,5 0,8	5,5 2,2	2,5	4355 80	2770	

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	CONCENTRÉ, COPRODUIT	% MS	Énergie		Azote			% PDIE	
			UF/kg		g/kg				
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

AUTRES PRODUITS D'ORIGINE VÉGÉTALE

CF0090	Cosses de sarrasin	88,2	0,51 0,45	0,40 0,35	14 12	39 34	50 44	7,40	2,00
CF0100	Farine de gousse de caroube	84,5	0,83 0,70	0,77 0,65	17 14	32 27	77 65	7,19	2,11
CF0110	Levure de brasserie déshydratée	93,3	1,09 1,02	1,05 0,98	84 78	320 299	146 136	7,44	1,80
CF0120	Marc de raisin	91,8	0,31 0,28	0,19 0,17	18 16	32 29	27 25	6,42	1,94
CF0130	Mélasse de betterave	75,7	0,99 0,75	0,99 0,75	0 0	83 63	72 54	7,76	2,10
CF0140	Mélasse de canne	73,7	0,86 0,63	0,84 0,62	0 0	32 23	62 46	7,76	2,10
CF0150	Pépins de raisin	92,4	0,38 0,35	0,24 0,23	8 8	31 29	19 17	6,83	1,99
CF0160	Pulpe d'agrumes déshydratée	89,3	1,10 0,98	1,10 0,98	25 22	50 45	96 86	7,28	1,93
CF0170	Pulpe de betterave déshydratée	89,1	0,99 0,89	0,98 0,87	41 37	66 59	109 97	7,98	1,99
CF0180	Pulpe de betterave déshydratée mélassée	88,3	1,00 0,88	0,98 0,87	24 22	65 57	94 83	7,98	2,03
CF0190	Pulpe de betterave surpressée	24,1	0,98 0,24	0,96 0,23	33 8	61 15	101 24	7,89	2,01
CF0200	Pulpe de pomme de terre déshydratée	87,4	0,74 0,65	0,67 0,58	15 13	34 30	60 52	6,63	1,80
CF0210	Purée-pelures de pomme de terre	17,6	1,00 0,18	0,99 0,17	43 8	87 15	111 20	7,26	1,94
CF0220	Vinasse d'acide glutamique	71,2	0,91 0,65	0,84 0,60	0 0	399 284	65 46	7,76	2,10
CF0230	Vinasse de levurerie	70,4	0,90 0,63	0,83 0,59	0 0	379 267	63 45	7,76	2,10
CF0240	Vinasse déminéralisée (mélange)	68,7	0,91 0,62	0,83 0,57	0 0	370 254	64 44	7,76	2,10

COPRODUITS LAITIERS

CA0010	Lactosérum	6,2	1,15 0,07	1,18 0,07	0 0	74 5	77 5	7,76	2,10
CA0020	Lactosérum acide déshydraté	98,0	1,09 1,06	1,11 1,09	0 0	57 56	75 73	7,76	2,10
CA0030	Lactosérum doux écrémé déshydraté	96,4	1,13 1,09	1,16 1,11	0 0	75 73	78 75	7,76	2,10
CA0040	Poudre de lait écrémé	94,7	1,22 1,15	1,23 1,17	0 0	207 196	79 75	7,76	2,10
CA0050	Poudre de lait entier	96,4	1,71 1,65	1,76 1,70	0 0	140 135	58 56	7,76	2,10

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Constituants organiques								Minéraux			Énergie	
	g/kg / %								g/kg			kcal/kg / %	
	MO	MAT	CB	NDF	ADF	ADL	MG	Amidon	P	Ca	Mg	EB	EM
dMO	dMA	Pabs							Caabs	dE			
CF0090	968 45	78 44	438	894	727	299	11	12	1,4 0,7	0,7 0,3	1,0	4575 43	1589
CF0100	964 70	52 38	86	320	276	154	5	7	1,1 0,6	5,1 2,0	0,6	4164 67	2338
CF0110	924 85	499 79	21	66	19	6		11	12,5 8,7	3,4 1,9	2,4	4776 83	2994
CF0120	909 30	142 49	244	622	524	351	64	0	3,1 2,2	8,5 3,4	0,8	4505 28	1004
CF0130	871 89	145 72	0				2	0	0,3 0,2	1,4 0,5	0,6	3685 86	2632
CF0140	860 80	55 42	0				15	0	0,8 0,7	10,1 4,0	4,5	3573 77	2332
CF0150	965 30	96 34	423	751	652	484	127	0	1,8 0,9	7,6 3,0	1,5	5185 30	1236
CF0160	930 88	71 68	135	216	154	28	25	33	1,0 0,9	17,0 3,4	1,3	4188 84	2934
CF0170	923 84	91 71	194	454	231	21	10	0	1,0 0,9	14,8 3,0	2,0	4060 81	2697
CF0180	928 84	99 71	194	454	231	11	7	0	1,0 0,9	14,4 2,9	1,2	4077 81	2709
CF0190	933 83	87 69	208	482	241	18	5	0	1,0 0,9	14,0 2,8	1,5	4086 80	2675
CF0200	964 64	53 25	182	297	206	58	4	432	1,5 1,0	6,2 1,2	1,6	4210 61	2140
CF0210	929 85	127 69	47	116	60	16	13	470	2,3 1,6	1,9 0,8	1,6	4019 81	2706
CF0220	941 75	692 78	0					9	4,2 3,8	0,5 0,2	0,9	4838 75	2604
CF0230	886 78	659 79	0					10	0,6 0,6	2,6 1,1	1,4	4554 78	2541
CF0240	932 75	642 78	0					10	3,1 2,8	2,5 1,0	1,5	4732 75	2573
CA0010	885 94	129 90	0				8		10,0 9,0	19,0 14,3	0,0	3870 92	2989
CA0020	880 94	99 72	0					0	10,3 9,2	17,2 12,9	1,5	3686 91	2832
CA0030	910 94	131 74	0					0	7,2 6,4	8,5 6,4	1,5	3868 91	2956
CA0040	914 95	360 80	0					0	10,8 9,7	15,5 11,7	1,2	4375 93	3215
CA0050	937 95	243 78	0					0	7,8 7,1	12,4 9,3	1,0	5619 97	4420

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

CONCENTRÉ/COPRODUIT

Code INRA	CONCENTRÉ, COPRODUIT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI
GRAISSES									
CG0010	Saindoux	100,0	2,73 2,78	2,78 2,78				0,00	0,00
CG0030	Huile de colza	100,0	2,73 2,73	2,78 2,78				0,00	0,00
ALIMENTS TRAITÉS									
CT0010	Avoine floconnée	88,8	0,88 0,78	0,80 0,71	24 21	73 65	74 66	6,92	1,97
CT0020	Avoine toastée	92,0	0,88 0,81	0,80 0,74	28 26	74 69	78 72	6,81	1,95
CT0030	Blé humide	71,3	1,18 0,84	1,18 0,84	12 9	75 53	86 62	7,23	2,01
CT0040	Blé toasté	92,2	1,18 1,08	1,18 1,09	60 55	93 86	130 120	6,06	1,83
CT0050	Maïs expansé	91,8	1,22 1,12	1,23 1,13	66 61	78 72	109 100	5,54	1,94
CT0060	Maïs extrudé	90,3	1,22 1,10	1,23 1,11	66 60	78 70	109 98	5,54	1,94
CT0070	Maïs floconné	88,3	1,22 1,08	1,23 1,09	63 56	77 68	106 93	5,58	1,94
CT0080	Maïs humide	64,8	1,22 0,79	1,23 0,80	24 16	63 41	69 45	6,47	2,01
CT0090	Maïs pellets	86,4	1,22 1,06	1,23 1,06	66 57	78 67	109 94	5,54	1,94
CT0100	Maïs toasté	93,8	1,22 1,15	1,23 1,15	67 63	78 73	109 103	5,52	1,94
CT0110	Orge toastée	94,3	1,09 1,03	1,08 1,02	51 48	85 80	116 109	6,50	1,89
CT0120	Graine de colza extrudée	92,2	1,82 1,68	1,82 1,68	96 89	152 140	118 109	7,18	2,10
CT0130	Graine de colza tannée	92,2	1,82 1,68	1,82 1,68	120 111	160 148	140 129	7,15	2,10
CT0140	Graine de coton extrudée	94,0	1,03 0,97	0,93 0,88	110 104	170 160	137 129	6,19	1,83
CT0150	Féverole extrudée	91,5	1,20 1,10	1,21 1,10	112 102	215 197	168 154	7,27	1,27
CT0160	Féverole toastée	92,0	1,20 1,11	1,21 1,11	153 141	232 214	207 190	7,21	1,17
CT0170	Graine de lin extrudée	90,3	1,58 1,43	1,56 1,40	125 113	189 171	151 136	5,26	1,75
CT0180	Lupin blanc extrudé	93,6	1,33 1,24	1,33 1,24	141 132	281 263	201 188	6,29	1,27
CT0190	Lupin bleu toasté	93,6	1,25 1,17	1,24 1,16	166 155	266 249	226 212	6,27	1,28
CT0200	Pois extrudé	91,6	1,21 1,10	1,22 1,11	66 61	166 152	127 116	7,73	1,57

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Constituants organiques								Minéraux			Énergie	
	g/kg / %								g/kg			kcal/kg / %	
	MO	MAT	CB	NDF	ADF	ADL	MG	Amidon	P	Ca	Mg	EB	EM
dMO	dMA	Pabs							Caabs	dE			
CG0010	1000 90	0	0				1000		0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	9380 88	7130
CG0030	1000	0	0				1000		0,0 0,0	0,0 0,0	0,0	9380 88	7130
CT0010	970 67	111 55	138	372	169	28	54	411	3,6 2,7	1,2 0,7	1,1	4656 65	2501
CT0020	970 67	111 55	138	372	169	28	54	411	3,6 2,7	1,2 0,7	1,1	4656 65	2501
CT0030	982 88	121 70	26	143	36	11	17	698	3,7 2,6	0,8 0,4	1,1	4351 86	3124
CT0040	982 88	121 70	26	143	36	11	17	698	3,7 2,6	0,8 0,4	1,1	4351 86	3124
CT0050	986 89	94 66	25	120	30	6	43	742	3,0 2,2	0,5 0,3	1,2	4463 86	3238
CT0060	986 89	94 66	25	120	30	6	43	742	3,0 2,2	0,5 0,3	1,2	4463 86	3238
CT0070	986 89	94 66	25	120	30	6	43	742	3,0 2,2	0,5 0,3	1,2	4463 86	3238
CT0080	986 89	94 66	25	120	30	6	43	742	3,0 2,2	0,5 0,3	1,2	4463 86	3238
CT0090	986 89	94 66	25	120	30	6	43	742	3,0 2,2	0,5 0,3	1,2	4463 86	3238
CT0100	986 89	94 66	25	120	30	6	43	742	3,0 2,2	0,5 0,3	1,2	4463 86	3238
CT0110	974 83	116 66	52	216	63	11	21	601	4,0 3,0	0,8 0,5	1,3	4390 81	2957
CT0120	957 83	207 75	89	190	134	59	455	0	7,2 5,3	5,1 2,8	2,6	6836 87	4850
CT0130	957 83	207 75	89	190	134	59	455	0	7,2 5,3	5,1 2,8	2,6	6836 87	4850
CT0140	957 64	234 71	259	423	327	93	211	0	6,9 5,1	1,8 1,0	3,6	5753 66	2974
CT0150	961 91	294 79	91	161	107	9	15	442	5,3 3,9	1,6 0,9	1,9	4479 90	3198
CT0160	961 91	294 79	91	161	107	9	15	442	5,3 3,9	1,6 0,9	1,9	4479 90	3198
CT0170	952 80	250 75	102	245	148	62	362	0	6,8 5,0	4,2 2,3	4,0	6402 83	4281
CT0180	961 90	385 80	128	214	154	10	95	0	4,3 3,2	3,8 2,1	1,9	5060 91	3552
CT0190	962 89	340 80	165	247	197	17	59	0	4,1 3,0	3,6 2,0	1,9	4849 89	3352
CT0200	965 92	239 78	60	139	69	3	12	516	4,6 3,4	1,3 0,7	1,7	4366 90	3189

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Code INRA	CONCENTRÉ, COPRODUIT	Énergie			Azote				
		% MS	UF/kg		g/kg			% PDIE	
			UFL	UFV	PDIA	PDIN	PDIE	LysDI	MetDI

ALIMENTS TRAITÉS

CT0210	Pois toasté	92,0	1,21	1,22	111	185	169	7,72	1,43
			1,11	1,12	103	170	156		
CT0220	Graine de soja floconnée	91,1	1,44	1,44	119	269	166	6,97	1,62
			1,31	1,31	109	245	151		
CT0230	Graine de soja tannée	88,6	1,47	1,46	232	309	267	6,81	1,52
			1,30	1,30	206	273	237		
CT0240	Tourteau de colza extrudé	88,7	0,96	0,90	123	254	173	6,71	1,98
			0,85	0,80	109	225	154		
CT0250	Tourteau de colza tanné	88,7	0,96	0,90	239	288	277	6,49	1,96
			0,85	0,80	212	255	246		
CT0260	Tourteau de colza toasté	88,7	0,96	0,90	158	269	205	6,62	1,97
			0,85	0,80	140	239	182		
CT0270	Tourteau de coton toasté	90,1	0,89	0,81	205	306	243	5,62	1,62
			0,80	0,73	185	275	219		
CT0280	Tourteau de soja extrudé	87,8	1,21	1,20	218	380	276	6,86	1,52
			1,06	1,05	192	334	242		
CT0290	Tourteau de soja tanné	87,8	1,21	1,20	384	443	426	6,74	1,44
			1,06	1,05	337	389	374		
CT0300	Tourteau de tournesol toasté	88,7	0,63	0,52	207	253	232	5,16	2,15
			0,56	0,46	183	224	206		
CT0310	Tourteau de tournesol deshuilé tanné	88,7	0,63	0,52	228	260	252	5,11	2,15
			0,56	0,46	203	231	223		

PRODUITS DIVERS

CV0010	Urée	98,0	0,00	0,00	0	1472	0	0,00	0,00
			0,00	0,00	0	1443	0		

Par kg de matière sèche / par kg de produit brut.

Code INRA	Constituants organiques								Minéraux			Énergie	
	g/kg / %								g/kg			kcal/kg / %	
	MO dMO	MAT dMA	CB	NDF	ADF	ADL	MG	Amidon	P Pabs	Ca Caabs	Mg	EB dE	EM
CT0210	965 92	239 78	60	139	69	3	12	516	4,6 3,4	1,3 0,7	1,7	4366 90	3189
CT0220	941 88	395 79	59	125	73	12	203	0	6,3 4,6	3,6 2,0	2,6	5530 90	3860
CT0230	942 88	397 79	64	132	78	13	217	0	5,9 4,4	3,6 2,0	2,6	5614 90	3926
CT0240	921 77	380 78	139	319	221	108	26	0	12,9 9,2	9,4 5,2	5,5	4611 76	2684
CT0250	921 77	380 78	139	319	221	108	26	0	12,9 9,2	9,4 5,2	5,5	4611 76	2684
CT0260	921 77	380 78	139	319	221	108	26	0	12,9 9,2	9,4 5,2	5,5	4611 76	2684
CT0270	928 69	403 76	187	352	246	75	30	0	12,6 7,9	2,6 1,5	6,2	4858 69	2549
CT0280	927 92	516 80	68	139	83	8	21	0	7,1 5,0	3,9 2,1	3,3	4703 92	3238
CT0290	927 92	516 80	68	139	83	8	21	0	7,1 5,0	3,9 2,1	3,3	4703 92	3238
CT0300	930 54	312 71	287	463	330	113	23	0	11,3 7,4	4,4 2,4	5,8	4626 53	1896
CT0310	930 54	312 71	287	463	330	113	23	0	11,3 7,4	4,4 2,4	5,8	4626 53	1896
CV0010	0 0	2 875 0	0				0		0,0 0,0	0,0 0,0	0,0		

Par kg de matière sèche / digestibilité en %.

Annexes

Annexe 1 – Teneur en sucres et en amidon des fourrages (en % de la MS)

Types de fourrages	Sucres ^a	Amidon
<i>Fourrages verts</i>		
Ray-grass		
Semis de l'année	3-10	-
1 ^{er} cycle :		
Stade feuillu	10-15	-
Montaison	10-20	-
Épiaison	10-20	-
Floraison	10-15	-
Repousses avec épis	10-15	-
Repousses feuillues	5-10	-
Autres graminées		
Semis de l'année	3-8	-
1 ^{er} cycle	5-10	-
Repousses	4-8	-
Luzerne et trèfle violet ^b		
1 ^{er} cycle :		
Début bourgeonnement	6-10	Traces
Fin floraison	3-5	-
2 ^e et 3 ^e cycle	3-6	-
Trèfle blanc	3-4	-
Maïs plante entière		
Stade laiteux (24 % MS)	15	17
Stade pâteux (29 % MS)	11	26
Stade vitreux (34 % MS)	9	30
Stade vitreux > 35 % (39 % MS)	7,5	32
Choux	20-30	-
<i>Fourrages conservés</i>		
Foins de 1 ^{er} cycle		
Prairie naturelle	4-8	-
Ray-grass	8-15	-
Autres graminées	3-8	-
Légumineuses	2-4	-
Foins de repousses (regains)	3-5	-
Ensilages d'herbe		
Ensilages sans conservateur	0-2	-
Ensilages avec conservateur efficace		
Ray-grass	2-6	-
Autres espèces	1-2	-
Ensilages de maïs		
Stade laiteux (25 % de MS)	14	17
Stade pâteux (30 % de MS)	11	25
Stade vitreux (35 % de MS)	9	29
Stade vitreux (40 % de MS)	7,5	31
Racines, tubercules		
Betteraves	62	-
Navets	40	-
Pommes de terre crues	-	60-65
Topinambours	63	-

^a Sous le terme de « sucres », on entend ici les glucides solubles dans l'eau. Ce sont effectivement des sucres (glucose, fructose, saccharose...) dans la plupart des aliments, mais il s'y ajoute des fructosanes dans le cas des graminées, l'inuline du topinambour, etc.

^b Ajouter 2 points pour le trèfle violet.

- données non disponibles.

Annexe 2 – Teneurs en extrait éthéré des fourrages verts et déshydratés

Ces teneurs ont été considérées comme inchangées pour les ensilages correspondants réalisés en coupe directe ou préfanés, divisées par 1,5 pour les ensilages mi-fanés et divisées par 2 pour les foin correspondants.

Types de fourrages	Extrait éthéré (en g/kg de MS)
<i>Prairies permanentes et graminées fourragères</i>	
Années de semis, quel que soit le stade	30
Années d'exploitation	
1 ^{er} cycle	
Déprimage	35
Feuillu	31
Épi à 10 cm	27
Début épiaison	25
Épiaison	23
Fin épiaison	21
Début floraison	18
Floraison	16
Fin floraison	15
Repousses, quels que soient l'âge et le cycle	25
<i>Légumineuses fourragères</i>	
Luzerne	
1 ^{er} cycle	
Végétatif 30 cm	36
Végétatif 60 cm	32
Début bourgeonnement	30
Bourgeonnement	28
Début floraison	25
Floraison	23
Repousses, quels que soient l'âge et le cycle	30
Trèfle violet	
1 ^{er} cycle	
Végétatif	33
Début bourgeonnement	30
Bourgeonnement	27
Début floraison	25
Floraison	23
Fin floraison	21
Repousses, quels que soient l'âge et le cycle	30
Trèfle blanc, quels que soient le stade et le cycle	30
Sainfoin, quels que soient le stade et le cycle	30

Types de fourrages		Extrait éthéré (en g/kg de MS)
<i>Céréales plante entière</i>		
Maïs	Début de formation de la graine	22
	Laiteux-pâteux	25
	Pâteux-vitreux	30
	Vitreux	30
Orge	Floraison	20
	Laiteux	25
	Laiteux-pâteux	30
	Pâteux	30
Blé, quel que soit le stade		30
Avoine	Début montaison	38
	Début épiaison	30
	Floraison	25
	Laiteux-pâteux	25
	Pâteux	30
Seigle	Début montaison	25
	Début épiaison	25
	Épiaison	25
	Floraison	25
	Laiteux-pâteux	30
	Pâteux	35
Sorgho	1 ^{er} cycle	
	Avant début de l'épiaison	35
	Début épiaison	31
	Épiaison	29
	Floraison	27
	Laiteux	30
	Repousses	
	Feuillues	35
	Épiées	30
<i>Protéagineux</i>		
Soja	Variétés précoces	
	Formation des gousses	25
	Début de formation de la graine	50
	Maturité de la graine	75
	Variétés tardives	
	Début floraison	20
	Floraison	20
Formation des gousses	25	
Début de formation de la graine	35	
Pois	Formation de la graine	30
	Jaunissement de la graine	35
Féverole	Floraison	30
	Formation des gousses	30
	Graines consistantes	25
	Début de maturité de la graine	20
Lupin blanc	Floraison	25
	Début de formation de la graine	30

Types de fourrages		Extrait étheré (en g/kg de MS)
<i>Composées</i>		
Tournesol	Début formation des capitules	20
	Début floraison	30
	Fin floraison	30
	Graine consistante	70
	Début jaunissement des capitules	85
	Capitules jaunes	100
Silphium, quel que soit le stade		25
<i>Crucifères</i>		
Chou, quels que soient le stade et le type		20
Colza	En culture dérobée	
	Feuillu	45
	Bourgeonnement	45
	Floraison	40
	Immature	
	Feuillu	45
	Bourgeonnement	45
	Floraison	40
Formation de la silique		35
Perko, quel que soit le stade		30
<i>Pailles, fourrages lignifiés</i>		15
<i>Racines, tubercules</i>		
Betteraves, quel que soit le type		6
Carottes		14
Endives		20
Navets		15
Pommes de terre		2
Rutabagas		4
Topinambours		17
Feuilles et collets de betteraves propres		20
Feuilles et collets de betteraves sales		16
Pulpes de betteraves surpressées ensilées		15

Annexe 3 – Caractéristiques fermentaires moyennes des principaux ensilages conservés correctement

L'analyse fermentaire de l'ensilage¹ permet de juger de sa qualité de conservation et de calculer :

1. Le facteur de correction (FC) à appliquer à la détermination de la teneur en MS à 80 °C pour tenir compte des pertes de produits volatils à l'étuve.

Prairies naturelles et graminées :

$$FC = (1/1\ 000) \times [(1\ 000 + \text{NH}_3(0,469\text{pH} - 1,35) + \text{alcools} + 0,142\text{Lac} + \text{AGV}(1,828 - 0,238\text{pH})]$$

Luzerne :

$$FC = (1/1\ 000) \times [1\ 000 + \text{NH}_3(0,403\text{pH} - 1,319) + \text{alcools} + \text{AGV}(1,676 - 0,205\text{pH})]$$

Maïs :

$$FC = (1/1\ 000) \times [1\ 000 + 0,382\text{NH}_3 + \text{alcools} + 0,106\text{Lac} + \text{AGV}(0,564 + 0,012\text{AGV})].$$

2. La somme des produits de fermentation (PF) qui ont une valeur énergétique (ce qui explique que l'on ne tient pas compte du NH_3) et qu'il faut retrancher de la MOD dans le calcul de la MOF des fourrages.

$$PF = \text{AGV} + \text{Lac} + \text{alcools}$$

avec : NH_3 = ammoniac ; Lac = acide lactique ; AGV = somme des acides acétique (C2), propionique (C3) et butyrique (C4) ; alcools exprimés en g/kg de MS.

Pour juger de la qualité de conservation d'un ensilage à partir de ses caractéristiques fermentaires, on peut se référer au barème suivant, établi par J.-P. Andrieu et C. Demarquilly, et caractérisant un ensilage dont la qualité de conservation est excellente :

- $\text{N-NH}_3 \leq 5$ % de l'azote total
- azote soluble ≤ 50 % de l'azote total
- acide acétique ≤ 25 g par kg de matière sèche
- acides propionique et butyrique : absence ou traces.

Ces caractéristiques sont généralement réunies (mais pas toujours) quand le pH de l'ensilage a été amené à une valeur inférieure à 4,0 (sauf pour les ensilages dont la teneur en matière sèche est supérieure à 35 %) par la quantité d'acide lactique formée, renforcée éventuellement par l'addition d'un conservateur efficace.

Les tableaux suivants donnent les caractéristiques fermentaires moyennes des ensilages correctement conservés étudiés à l'Inra de Theix (ensilages d'herbe) et à l'Inra de Rennes (ensilages de maïs), ainsi que les valeurs de FC et de PF à utiliser dans les calculs en l'absence d'analyse fermentaire. Les valeurs de PF données dans ces tableaux ont été arrondies.

1. Voir Dulphy J.-P. et Demarquilly C., 1981. Problèmes particuliers aux ensilages. In *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. Paris, Inra, 81-104.

Types d'ensilages	% MS	FC	pH	% de N total		Produits de fermentation (g/kg de MS)					
				N-NH ₃	N-Sol	Lac	C2	C3	C4	Alcools	PF
<i>Prairies permanentes</i>											
Direct, sans conservateur	-	1,06	-	-	-	-	-	-	-	-	140
Direct, conservateur efficace	22	1,04	4,03	6	47	57	17	1	2	13	85
<i>Ray-grass italien</i>											
Direct, sans conservateur	16	1,08	4,15	10	58	84	58	1	T	35	165
Direct, conservateur efficace	17	1,04	3,85	6	51	64	17	T	T	15	95
<i>Ray-grass anglais</i>											
Direct, sans conservateur	17	1,06	4,14	9	61	93	38	3	1	31	155
Direct, conservateur efficace	20	1,05	3,92	7	55	74	22	1	1	21	100
<i>Dactyle 1^{er} cycle</i>											
Direct, sans conservateur	18	1,04	4,44	12	57	57	37	5	7	17	115
Direct, conservateur efficace	19	1,04	4,17	8	51	57	26	2	4	11	95
<i>Graminées diverses</i>											
Préfané à plus de 30 % MS	34	1,04	4,40	9	ND	48	16	1	8	ND	80
Mi-fané à plus de 50 % MS	54	1,02	5,51	10	44	13	5	T	3	5	25
<i>Luzerne</i>											
Direct, sans conservateur	17	1,05	4,43	12	63	78	56	4	4	23	155
Direct, conservateur efficace	19	1,05	3,95	7	52	49	21	1	1	10	80
Préfané à plus de 35 % MS	40	1,02	4,75	9	48	44	15	0	1	ND	80
<i>Trèfle violet et sainfoin</i>											
Direct, sans conservateur	16	1,05	4,07	8	55	99	35	T	1	ND	140
Direct ou ressuyé, conservateur efficace	26	1,04	4,08	5	27	65	19	1	3	4	85
<i>Luzerne et trèfle violet</i>											
Mi-fané à plus de 50 % MS	59	1,01	5,39	6	22	22	10	3	T	2	40
<i>Vesce-avoine</i>											
Direct, sans conservateur	32	-	4,26	9	49	52	15	0	T	6	75
Direct, conservateur efficace	30	-	4,05	7	48	36	11	0	T	5	50
<i>Maïs</i>											
Plante entière, 25 % MS	23	1,04	3,75	7	60	63	19	T	T	49	125
Plante entière, 30 % MS	33	1,03	3,73	8	55	76	14	T	T	3	100
Plante entière, 35 % MS	36	1,02	3,75	7	52	60	14	T	T	3	80
Plante entière, 40 % MS	40	1,02	3,85	7	52	47	11	T	T	4	60
Tiges + feuilles (cannes)	23	-	3,80	6	66	66	16	T	T	ND	100
Épis complets	49	-	3,80	4	42	23	5	T	T	ND	50
<i>Autres céréales immatures</i>											
	38	-	4,10	7	ND	39	11	T	T	ND	50

avec : N-NH₃ : azote ammoniacal ; N-Sol : azote soluble ; Lac : acide lactique ; C2 : acide acétique ; C3 : acide propionique ; C4 : acide butyrique ; T : traces ; ND : non dosé.
- données non disponibles.

Autres types d'ensilages	% MS	FC	pH	% de N total		Produits de fermentation (g/kg de MS)							
				N-NH ₃	N-Sol	Lac	C2	C3	C4	Alcools	PF		
<i>Féverole plante entière : graines bien formées</i>													
Direct, sans conservateur	26	-	4,54	8	40	71	21	1	15	13	110		
Direct, conservateur efficace	25	-	4,16	7	46	53	13	T	8	10	85		
<i>Lupin</i>													
Direct, sans conservateur	22	-	4,79	15	54	46	10	T	1	8	65		
Direct, conservateur efficace	22	-	3,97	10	56	34	12	0	0	13	60		
<i>Pois protéagineux</i>													
Direct, sans conservateur	26	-	4,49	13	62	80	21	2	20	15	140		
Direct, conservateur efficace	27	-	4,31	11	54	65	13	1	15	14	110		
<i>Soja</i>													
Direct, sans conservateur	28	-	4,74	8	39	63	21	T	T	9	95		
Direct, conservateur efficace	28	-	4,36	8	45	55	21	T	0	17	95		
<i>Tournesol plante entière : graines pâteuses</i>													
Conservateur efficace	22	-	3,87	7	48	76	18	T	T	ND	95		
<i>Choux</i>													
Direct, sans conservateur	17	-	4,19	8	65	100	23	0	T	34	160		
Direct, conservateur efficace	18	-	3,89	5	63	47	12	0	0	19	80		
<i>Colza</i>													
Direct, sans conservateur	20	-	4,27	7	69	99	17	0	0	11	130		
Direct, conservateur efficace	19	-	4,17	5	65	64	8	0	0	23	95		
<i>Pulpes de betteraves humides</i>													
Silos étanches, remplissage rapide	10	-	4,15	1	11	18	8	0	0	23	50		
<i>Pulpes de betteraves surpressées</i>													
Silos étanches, remplissage rapide	20	-	4,57	1	10	8	5	T	T	9	25		
Grands silos utilisés durant tout l'hiver	18	-	3,90	5	18	31	42	5	27	34	140		
<i>Feuilles et collets de betteraves</i>													
Sans conservateur	24	-	4,44	8	42	78	16	0	T	9	105		
<i>Drèches de brasserie</i>													
Silos étanches, remplissage rapide	27	-	3,90	1	7	30	5	1	T	6	45		

avec : N-NH₃ : azote ammoniacal ; N-Sol : azote soluble ; Lac : acide lactique ; C2 : acide acétique ; C3 : acide propionique ; C4 : acide butyrique ; T : traces ; ND : non dosé.

- données non disponibles.

Annexe 4 – Corrections des valeurs UF et UE des ensilages d'herbe réalisés en coupe directe et en brins courts

Un fourrage donné peut avoir, dans la pratique, une teneur en matière sèche à la mise en silo variable selon les conditions d'exploitation et perdre des quantités également variables d'eau et d'éléments nutritifs très digestibles. Pour les ensilages dont la teneur en matière sèche est différente de celle des ensilages correspondants des tables, il conviendra de corriger la valeur énergétique, ainsi que la valeur d'encombrement pour les bovins.

1. La valeur énergétique lue dans les tables sera corrigée à partir de la différence de teneur en matière sèche (MS) entre l'ensilage considéré et celui des tables. On ne prendra en compte que les points de matière sèche inférieurs à 22 % car, au-dessus de cette teneur, on peut considérer que les pertes dans les jus sont trop faibles pour modifier la valeur UF.

Différence de teneur en MS (en points)	Correction des valeurs UFL ou UFV des tables
- 5	- 0,04
- 4	- 0,03
- 3	- 0,02
- 2	- 0,01
- 1	- 0,01
0	0
1	+ 0,01
2	+ 0,01
3	+ 0,02
4	+ 0,03
5	+ 0,04

Par exemple, pour un ensilage de ray-grass d'Italie récolté au stade début épiaison, en coupe fine et sans conservateur (aliment FE1190), et dont la teneur en MS n'est pas de 19 % mais de 15 %, la différence de teneur est de $15 - 19 = - 4$ points et la valeur UFL corrigée est de : $0,90 - 0,03 = 0,87$.

2. Les valeurs d'encombrement UEB ou UEL lues dans les tables seront également corrigées (et non la valeur UEM car les ovins sont peu sensibles à la teneur en matière sèche des ensilages) en les multipliant par un coefficient K.

$K = \text{valeur UE relative (UER) de l'ensilage considéré} / \text{valeur UE relative (UER) de l'ensilage des tables}$.

Ces deux valeurs UER expriment la valeur UE des ensilages en proportion de celle du fourrage vert sur pied (base 100). Elles sont lues dans le tableau ci-contre pour les teneurs en matière sèche correspondantes et selon les conditions de préparation des ensilages.

Nous avons repris l'exemple du même ensilage que précédemment (FE1190, valeur UEB = 1,30) dont la teneur en matière sèche n'est pas de 19 % comme dans les tables mais de 15 %. Les valeurs d'encombrement relatives pour les bovins en croissance lues dans le tableau ci-contre sont de 136,7 pour l'ensilage à 15 % et 125,8 pour l'ensilage à 19 %.

La valeur UEB corrigée est égale à $1,30 \times (136,7/125,8) = 1,41$.

L'ensemble des corrections est directement réalisé dans le logiciel PrévAlim.

Catégorie de bovins	Teneur MS ensilage (%)	Brins courts	
		Sans conservateur	Avec conservateur
Bovins en croissance et à l'engrais (UEB)	15	136,7	118,0
	16	133,8	116,2
	17	131,1	114,5
	18	128,4	112,9
	19	125,8	111,3
	20	123,4	109,8
	21	121,0	108,2
	22	118,8	106,8
	23	116,6	105,4
	24	114,5	104,0
	25	112,4	102,6
Vaches laitières (UEL)	15	122,2	111,5
	16	120,7	110,4
	17	119,1	109,4
	18	117,6	108,4
	19	116,2	107,4
	20	114,7	106,4
	21	113,3	105,4
	22	112,0	104,5
	23	110,7	103,6
	24	109,4	102,6
	25	108,1	101,8

Annexe 5 – Principales sources inorganiques d'apport minéral

Sources minérales	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	Autre élément (%)	CAR ^a P (%)	CAR Ca (%)	CAR Mg (%)
Phosphate bicalcique anhydre	20-22	28	-	-	68	-	-
Phosphate bicalcique hydraté	17,5	23	-	-	68	-	-
Phosphate monoammonique	27	-	-	N 12	68	-	-
Phosphate diammonique	23	-	-	N 21	68	-	-
Phosphate de magnésium	13-15	-	24-28	-	69	-	38
Phosphate monocalcique	22-24	18-21	-	-	66	49	-
Phosphate mono-bicalcique	20	20	-	-	67	47	-
Phosphate monosodique anhydre	25,5	-	-	Na 19	68	-	-
Phosphate monosodique hydraté	20	-	-	Na 16	68	-	-
Phosphate triple Mg, Ca, Na	17	8	5	Na 13	70	40	44
Carbonate de calcium (calcaires)	-	35-38	2-4 ^b	-	-	38	-
Carbonate de Ca et Mg (dolomie)	-	22	10	-	-	34	19
Chlorure de calcium anhydre	-	36	-	Cl 64	-	52	-
Oxyde de magnésium CP ^c	-	-	64	-	-	-	45
Oxyde de magnésium ^d	-	-	55-59	-	-	-	38
Oxyde de magnésium ^e	-	-	55-59	-	-	-	27
Hydroxyde de magnésium	-	-	38-39	-	-	-	45
Sulfate de magnésium hydraté	-	-	17	S 22	-	-	43

^a CAR : coefficient d'absorption réelle.

^b Uniquement pour les carbonates d'origine marine (maërl, lithothamnium).

^c CP = chimiquement pur.

^d Granulométrie inférieure à 500 µ.

^e Granulométrie supérieure à 500 µ.

– données non disponibles.

Liste des abréviations¹

AA_{di}	acides aminés digestibles d'un aliment ou de la ration (% PDIE)
AJR	apports journaliers recommandés
BACA	bilan alimentaire cations-anions (mEq/kg MS)
BE	bilan électrolytique (mEq/kg MS)
BesENT	besoins d'entretien (UF)
BesPDI	besoins PDI (g)
BesUF	besoin énergétique (UF)
C%	pourcentage de concentré dans la ration (% MS)
Ca_{abs}	calcium absorbable (g ou g/kg MS)
CAR	coefficient d'absorption réelle
CI	capacité d'ingestion (UE)
DAC	distributeur automatique de concentré
DEF	densité énergétique du fourrage égale au rapport entre la valeur UF et la valeur UE
DER	densité énergétique de la ration égale au rapport entre la valeur UF et la valeur UE
DER_m	densité énergétique minimale de la ration
E	coefficient correctif pour les interactions digestives (UFL)
GMQ	gain moyen quotidien, correspond au croît de l'animal (g/jour)
LysDi	lysine digestible (% PDIE)
MetDi	méthionine digestible (% PDIE)
MPR	mobilisation potentielle des réserves corporelles (UFL)
NEC	note d'état corporelle, échelle de 0 à 5
P_{abs}	phosphore absorbable (g ou g/kg de MS)
p^{0,75}	poids métabolique (kg)
PV	poids vif (kg)
PV_{ad}	poids vif ad ² ulte, ou poids maximal adulte atteint par un animal non engraisé (kg)
PVV	poids vif vide (kg)
QI	quantités ingérées d'aliments (kg MS)
QI_C	quantité ingérée d'aliments concentrés (kg MS)
QI_F	quantité ingérée de fourrages (kg MS)

1. Liste réalisée par J.-C. Bonnefoy.

Rmic	rapport (PDIN – PDIE)/UFL : indicateur du fonctionnement microbien du rumen
Seuil PDI	seuil acceptable du rapport Rmic = (PDIN – PDIE)/UF
SemG	semaine de gestation
SemL	semaine de lactation
Sg	taux de substitution global entre les fourrages et les aliments concentrés de la ration
Sm	taux de substitution marginal
TB	taux butyreux du lait (g/kg)
TP	taux protéique du lait (g/kg)
VE_C	valeur d'encombrement du concentré = Sg × VE _F (UE)
VE_F	valeur d'encombrement du fourrage (UE)

Vaches laitières

Crois_H	croissance de l'herbe (kg de MS/ha/jour)
HE	hauteur de l'herbe à l'entrée des animaux dans la parcelle pâturée (cm, mesurée à l'herbomètre)
HE_C	hauteur de l'herbe à l'entrée des animaux dans la parcelle pâturée, corrigée de la croissance de l'herbe (cm, mesurée à l'herbomètre)
HS	hauteur de l'herbe à la sortie des animaux de la parcelle pâturée (cm, mesurée à l'herbomètre)
I_{act}	indice d'activité des animaux (pâturage, stabulation libre ou entravée), qui modifie les besoins énergétiques (BesUFL) des vaches laitières
IG	indice de gestation, coefficient correctif de la CI en fonction de la semaine de gestation
IL	indice de lactation, coefficient correctif de la CI en fonction de la semaine de lactation
IM	indice de maturité, coefficient correctif de la CI en fonction de l'âge de l'animal
Nb_{VL}	nombre de vaches dans le troupeau
NEC_{vel}	note d'état corporel au vêlage
PI	production initiale de lait observée, correspond à la moyenne de la production laitière observée lors des jours 4, 5 et 6 de lactation (kg)
PL	production de lait brut observée (kg)
PL₄₀	production de lait des vaches laitières standardisée à un TB de 40 g/kg, selon l'équation : [PL × (0,4 + 0,015TB)] (kg)
PL_{maxPot}	production de lait potentielle au pic de lactation (kg)
PL_{moy}	production laitière moyenne du lot (kg)

PL_{pot}	production de lait potentielle au jour considéré de lactation (kg)
QI_H	quantité ingérée d'herbe au pâturage par une vache laitière non complémentée (kg MS)
QI_{Hc}	quantité d'herbe ingérée au pâturage par une vache laitière recevant du concentré (kg MS)
QI_{Hcf}	quantité d'herbe ingérée au pâturage par une vache laitière recevant du concentré et du fourrage complémentaire (kg MS)
QI_{Hf}	quantité d'herbe ingérée au pâturage par une vache laitière recevant un fourrage complémentaire (kg MS)
Sg_{hc}	taux de substitution global au pâturage entre l'herbe et le concentré en l'absence de fourrage complémentaire
Sg_{hcf}	taux de substitution global au pâturage entre l'herbe et le concentré en présence de fourrage complémentaire
Sg_{hf}	taux de substitution global au pâturage entre l'herbe et un fourrage complémentaire en l'absence de concentré
S_{Off}	surface moyenne de pâturage offerte (m ² /animal/jour)
S_{Parc}	surface de la parcelle pâturée (ha)
T_{Sej}	temps de séjour des animaux dans une parcelle pâturée (jours)
UEL_H	valeur d'encombrement de l'herbe offerte au pâturage (UEL)
UEL_F	valeur d'encombrement du fourrage complémentaire utilisé au pâturage (UEL)
UFL_{ing}	quantité d'énergie totale ingérée (UFL)

Vaches allaitantes

I_{act}	indice d'activité modulant la capacité d'ingestion selon le mode de stabulation (entravée, libre ou hivernage extérieur) qui modifie le besoin d'entretien des vaches
I_{race}	indice modulant la capacité d'ingestion selon la race de la vache
I_{stade}	indice modulant la capacité d'ingestion de la vache selon son stade physiologique (tarie en gestation, ou en lactation)
I_{note}	indice de sensibilité de la capacité d'ingestion à la variation de note d'état d'engraissement
I_{par}	indice de sensibilité de la capacité d'ingestion à la parité (primipare ou multipare)
PL	production de lait bu par le veau (kg)

Veaux et génisses d'élevage

DAL	distributeur automatique de lait
I_{race}	indice modulant la capacité d'ingestion selon la race de la vache

Bovins en croissance et à l'engrais

GLIP	gain de lipides journalier (g par jour)
GPV	gain de poids vif (kg)
GPVV	gain de poids vif vide (kg)
MDEL	masse corporelle délipidée. Elle correspond à : $PVV - \text{lipides totaux du corps}$. Elle est donc la somme de : eau + protéines + matière minérales (kg)
R_{PDI}	rendement d'utilisation métabolique des PDI pour la croissance et l'engraissement

Ovins

CF_{ovins}	coefficient correctif de la CI des brebis en fonction de la température intérieure de la bergerie
I_{note}	indice de sensibilité de la capacité d'ingestion à la variation de note d'état d'engraissement
T	température ambiante de la bergerie (degré Celsius)
PL	production de lait brut observée (litres)
PLS	production de lait standardisée calculée selon l'équation : $PLS = PL \times (0,0071TB + 0,0043TP + 0,2224)$

Caprins

PL₃₅	production de lait des chèvres laitières standardisée à un TB de 35 g/kg, TP de 31 g/kg et lactose de 43 g/kg (kg/jour)
------------------------	---

Valeur des aliments

DcellMS	digestibilité pepsine-cellulase (% MS)
DcellMO	digestibilité pepsine-cellulase (% MO)
MOF	matière organique fermentescible (g/kg MS)

Lexique¹

Absorbabilité (d'un minéral) : proportion de ce minéral qui est réellement absorbable dans l'intestin ; équivalent de la digestibilité réelle. Elle se mesure par le coefficient d'absorption digestive réelle (CAR) et prend en compte les pertes endogènes fécales.

Acides aminés : unités de base (au nombre de 20) des protéines, ils contiennent au moins une fonction amine et une fonction acide. Comme les espèces monogastriques, les ruminants ne peuvent pas synthétiser (ou le font à une vitesse trop faible) une dizaine de ces acides aminés qui sont dits indispensables ou essentiels.

Acides gras longs : monoacides à chaîne carbonée linéaire qui sont (avec le glycérol) les unités constitutives des lipides. On distingue trois types majeurs d'acides gras (AG) selon le nombre de doubles liaisons qu'ils comportent :

- les AG saturés (AGS) sans aucune double liaison, les AG mono-insaturés (AGMI) avec une seule double liaison, les AG poly-insaturés (AGPI) avec au moins deux doubles liaisons ;
- les AGMI et AGPI à 18 atomes de carbone sont de loin les plus importants dans les fourrages, graines oléo-protéagineuses et leurs tourteaux ;
- les acides gras insaturés sont pour l'essentiel saturés dans le rumen. Les acides gras des dépôts adipeux des ruminants, qui sont mobilisés pour couvrir les dépenses énergétiques, sont en majeure partie des AGS et des AGMI, ils comportent 16 ou 18 atomes de carbone.

Acides gras volatils (AGV) : mélange d'acides acétique, propionique, butyrique et, en quantités plus faibles, d'acides isobutyrique, valérique, et isovalérique, qui sont produits par la population microbienne dans le rumen et le gros intestin. Les AGV sont la principale source de nutriment énergétique des ruminants. On exprime généralement la proportion de chacun de ces acides par son pourcentage molaire dans le mélange.

Acidose ruminale : syndrome consécutif à une chute du pH du rumen. On estime que le pH moyen au cours d'une journée ne doit pas être inférieur à une valeur moyenne de 6,00. L'état d'acidose est rapidement atteint avec les rations à proportion élevée d'aliments concentrés car la sécrétion salivaire qui recycle les substances tampons est insuffisante par rapport à la production d'acides issue des fermentations (AGV). Ceci se traduit par tout un ensemble d'inconvénients connus d'ordre nutritionnel, pathologique et zootechnique (interactions digestives négatives, diminution du taux butyreux du lait, irrégularité d'ingestion, pathologies digestives et métaboliques, dégradation du bien-être...).

ADF (acid detergent fibre) : seconde étape, après celle du NDF, du dosage de la fraction lignocellulosique des constituants pariétaux des aliments végétaux selon la méthode de Van Soest. Le résidu ADF correspond à la partie insoluble obtenue suite à l'hydrolyse par un détergent (cétyle-triméthylammonium bromure : CTAB) en milieu acidifié par H₂SO₄. L'ADF s'exprime en g/kg de MS.

1. Lexique complété par J.-C. Bonnefoy sur la base de l'édition 1988.

ADL (*acid detergent lignin*) : dosage empirique de la lignine estimée après destruction de la cellulose par traitement à H_2SO_4 72 % à partir du résidu ADF.

Aliment d'allaitement : aliment lacté déshydraté qui, après dilution dans l'eau, donne un lait de remplacement.

Aliment minéral et vitaminique : aliment complémentaire à la ration constitué principalement de minéraux, contenant au moins 40 % de cendres brutes et enrichi en vitamines. On le désigne aussi comme « composé minéral vitaminique » ou CMV.

Amidon : glucide de réserve constitué d'un mélange de deux polymères de glucose : l'un linéaire, l'amylose, et l'autre ramifié, l'amylopectine. Ce glucide de réserve des végétaux, principal constituant de certaines graines et des tubercules, est digéré plus ou moins rapidement dans le rumen (rapide pour le blé et l'orge, lent pour le maïs). Pour les amidons digérés lentement, la compensation de la digestion n'est que partielle dans les intestins.

Anabolisme : synthèse et accumulation de substance dans certains tissus corporels pendant la croissance ou la gestation (signification inverse = catabolisme).

Appétit : stimulation à satisfaire la faim, désir de nourriture. La vitesse d'ingestion de la nourriture, surtout au début du repas, en est un critère représentatif.

Appétibilité (ou palatabilité) d'un aliment (ou d'une ration) : capacité d'un aliment à être ingéré qui dépend d'un ensemble de caractéristiques physiques (port de la plante, piquants, etc.) et chimiques (odeur, goût, etc.). L'appétibilité désigne les caractéristiques de l'aliment qui provoquent la réaction des sens de l'animal. Elle est le corollaire de l'appétit de l'animal pour l'aliment et peut dépendre d'un effet d'accoutumance de l'animal pour l'aliment ingéré.

Apports alimentaires journaliers recommandés (ou recommandations alimentaires) : quantités d'aliments et d'éléments nutritifs que l'animal devrait ingérer chaque jour pour réaliser les performances souhaitées, dans la limite de ses capacités de production. Dans la plupart des cas, ces apports alimentaires couvrent les dépenses physiologiques, ou besoins nets, avec une certaine marge de sécurité. Dans d'autres cas, ils ne couvrent pas la totalité des dépenses physiologiques et impliquent une mobilisation des réserves corporelles de l'animal. Ils servent de base à l'élaboration d'une stratégie d'alimentation.

Azote alimentaire dégradable : azote des constituants alimentaires qui peuvent être dégradés, et utilisés directement (acides aminés libres, ammoniac...), par la population microbienne du rumen.

Azote non protéique (ANP) : azote des constituants alimentaires qui n'est pas sous forme de protéines : acides aminés libres, amides, urée... On peut l'assimiler à l'azote des constituants solubles dans l'eau ou dans l'éthanol à 80 %. Par ANPI, on désigne les sources d'azote non protéique d'origine industrielle telles que l'urée, les sels ammoniacaux, les vinasses...

Bactéries amylolytiques : bactéries du rumen qui hydrolysent préférentiellement des chaînes amyliacées.

Bactéries cellulolytiques : bactéries présentes dans le rumen qui hydrolysent la cellulose et les hémicelluloses. Elles ont des besoins spécifiques en azote dégradable, en chaînes carbonées préformées et en certains minéraux (P et S, par exemple). Leur efficacité diminue fortement pour des pH du rumen inférieurs ou égaux à 6,0.

Biomasse (d'une prairie) : quantité de matière sèche d'herbe présente par hectare de prairie à un instant donné. C'est une composante essentielle, au même titre que la hauteur, de l'état du couvert végétal. Elle se mesure généralement par une coupe mécanique, au-dessus de 4 ou 5 cm du sol ou bien au ras du sol. Les biomasses estimées au-dessus de 4-5 cm sont très différentes de celles ras du sol, en raison d'une densité très forte du couvert dans les premiers centimètres.

Besoin nutritionnel : voir *Dépense physiologique* et *Apports alimentaires journaliers recommandés*.

Capacité d'ingestion d'un animal : souvent appelée à tort appétit, elle désigne la quantité d'aliments que peut ingérer volontairement l'animal alimenté à volonté. Par convention, elle est mesurée chez l'animal à l'auge, alimenté à volonté de sorte que les refus représentent 10 % de l'aliment offert. Elle dépend des caractéristiques anatomiques (format, taille du rumen...) et physiologiques (appétit, état d'engraissement, stade de gestation...). Chez les animaux laitiers en production, elle est déterminée majoritairement par le potentiel de production et le poids. Exprimée en unités d'encombrement (UE), la capacité d'ingestion est par principe indépendante de la nature et de la composition de la ration.

Catabolisme : mobilisation de nutriments dans des tissus corporels (ex. : catabolisme du tissu adipeux en début de lactation) ou dégradation biochimique d'un composé ou d'un ensemble de composés dans l'organisme (signification inverse d'anabolisme).

Cellulases : enzymes capables de dégrader la cellulose, sécrétées notamment par les bactéries cellulolytiques du rumen. Les préparations de cellulases qui sont utilisées pour prévoir la digestibilité des aliments au laboratoire proviennent de champignons attaquant le bois (*trichoderma viride*). Elles contiennent aussi d'autres enzymes, telles que celles qui dégradent les hémicelluloses.

Cellulose : constituant de base des parois cellulaires végétales, formé de longues chaînes d'unités glucose. Ces chaînes sont associées, en fibrilles, puis en fibres, formant ainsi un réseau qui assure, avec la lignine, la rigidité des tissus des plantes.

Cellulose brute (CB) : résidu organique d'un aliment obtenu à l'issue de deux hydrolyses successives (H_2SO_4 0,26 N puis KOH 0,23 N) selon une méthode dérivée de celle de Weende. La CB n'est pas proportionnelle à la teneur en parois végétales des aliments, elle ne traduit pas les variations de composition de ces parois entre espèces végétales. La CB s'exprime en g/kg de MS.

Concentrés (abrégé de « aliments concentrés ») : aliments ayant une teneur élevée d'au moins un élément nutritif (UF, PDI...), et possédant généralement une teneur élevée en MS. On distingue des concentrés simples comme les céréales ou les tourteaux et des concentrés composés qui sont des mélanges de divers aliments simples formulés pour répondre à des exigences nutritionnelles spécifiques (complémentations de régimes). Beaucoup de coproduits sont des aliments concentrés. Les aliments concentrés se présentent sous différentes formes : entière (céréales), aplatie ou broyée, éventuellement agglomérée (aliments composés du commerce...). Dans le système des UE, les concentrés n'ont pas de valeur d'encombrement fixe. Celle-ci varie par définition avec la valeur d'encombrement des fourrages de la ration et le taux de substitution. Pour le rationnement, certains fourrages déshydratés peuvent parfois être considérés et utilisés comme des concentrés (valeur UE variable).

Cétose : syndrome rencontré chez certaines femelles (vaches et chèvres essentiellement) fortes productrices en début de lactation. Déviation des métabolismes glucidique et lipidique due à des déficits importants en énergie et surtout en glucose (hypoglycémie) qui provoquent une mobilisation intense des lipides corporels et une utilisation incomplète des acides gras longs au niveau hépatique entraînant une accumulation de corps cétoniques dans le sang qui peuvent alors migrer dans le lait et l'urine. En gestation, l'état de cétose est qualifié de « toxémie de gestation ».

Constituants intracellulaires (ou cellulaires) : ensemble des substances organiques et minérales situées à l'intérieur des cellules végétales (par opposition à celles constituant les parois) : sucres, amidon, acides organiques, acides aminés libres, amides, protéines, lipides...

Croissance de l'herbe : matière sèche d'herbe produite par un hectare de prairie en une journée. Elle varie généralement de 0 (hiver) à environ 100 kg MS/ha/jour (pleine pousse de printemps).

Dégradabilité de l'azote : les matières azotées (MA) d'un aliment sont partiellement dégradées dans le rumen. L'importance de cette dégradation est fonction des caractéristiques de l'aliment, de l'intensité des fermentations ruminales et du temps de séjour de l'aliment dans le rumen. La dégradabilité des différentes sources de MA dépend des caractéristiques de ces MA et de leur accessibilité. La cinétique de dégradation des MA est mesurée dans les laboratoires de recherche par la méthode des sachets suspendus dans le rumen ou estimée indirectement à partir de l'azote solubilisé dans une solution tampon ou par des enzymes. Le calcul de la dégradabilité théorique (DT) est réalisé à partir de cette cinétique en admettant un taux de sortie des particules du rumen de 6 % par heure.

Densité énergétique (DER) : rapport de la teneur en UF de l'aliment (par kg de MS), ou de la ration, à sa valeur d'encombrement (UE par kg de MS). On peut définir également la **concentration énergétique** d'un aliment ou d'une ration qui s'exprime en UFL ou UFV par kg de MS.

Densité d'un couvert végétal (herbomètre) : rapport entre la biomasse et la hauteur d'herbe mesurée à l'herbomètre. Elle est exprimée en kg MS/ha/cm, et se calcule généralement au-dessus de 5 cm.

Dépense physiologique ou besoin net : quantité totale d'énergie (ou quantité d'un nutriment), métabolisée pour l'entretien, ou fixée, ou encore sécrétée par l'animal.

Dépôts adipeux : ensemble des tissus gras de la masse corporelle exprimés en dépôts adipeux totaux. On distingue généralement les dépôts adipeux de la carcasse (sous-cutané, intermusculaires et intramusculaires) et des viscères (dépôts internes : mésentérique, autour des reins ou du cœur). Ces dépôts stockent majoritairement des lipides appelés abusivement « réserves corporelles ». Le niveau alimentaire détermine la quantité de lipides déposée en regard du niveau de production de l'animal. Les lipides stockés dans les dépôts servent de « volant énergétique » à l'animal. Ils peuvent être source de nutriments énergétiques en cas de besoin (sous-alimentation). Il y a alors mobilisation des réserves corporelles. La qualité de l'alimentation (nature des AG du régime) peut modifier la nature des acides gras déposés. Les dépôts adipeux interviennent ainsi dans la qualité des produits notamment de la viande.

Digestibilité apparente : la digestibilité d'un constituant d'un aliment correspond à la proportion de ce constituant qui disparaît dans le tube digestif. Elle est estimée par un calcul de bilan total entre la quantité ingérée et la quantité excrétée de ce constituant. Par exemple, la digestibilité de la matière organique (dMO)

$$= \frac{\text{quant. de mat. organique ingérée} - \text{quant. de mat. organique des fèces}}{\text{quantité de matière organique}}$$

Les tables des aliments indiquent les valeurs de dMO, la digestibilité de l'énergie (dE) et de certains constituants organiques : matières azotées, matières grasses, cellulose brute, NDF...

Digestibilité réelle : la digestibilité réelle d'un constituant d'un aliment correspond à la proportion de ce constituant qui est réellement absorbée au cours du transit dans le tube digestif. La digestibilité réelle des constituants alimentaires est plus élevée que leur digestibilité apparente car les fèces ne sont pas uniquement constituées de la fraction non digérée de l'aliment. Elles contiennent aussi des substances d'origine endogène ou microbienne dont il est très difficile d'évaluer l'importance. La différence entre digestibilité réelle et digestibilité apparente est faible pour les parois cellulaires, plus importante pour les matières azotées et les matières grasses, et très importante pour certains minéraux, surtout pour le phosphore. La différence entre les digestibilités réelle et apparente s'accroît lorsque la teneur dans la ration du constituant considéré diminue.

Disponibilité en herbe au pâturage : terme générique représentant l'offre alimentaire et caractérisant les conditions de pâturage, qui détermine la faculté des animaux à couvrir leur capacité d'ingestion potentielle. La disponibilité en herbe intègre des aspects qualitatifs de l'état de la prairie comme la hauteur, la biomasse ou la proportion de feuilles, qui déterminent sa préhensibilité, et des aspects quantitatifs de l'offre alimentaire, comme la surface offerte, le temps de séjour et la quantité d'herbe offerte.

Encombrement du rumen : quantité de matière sèche présente dans le rumen. Les aliments distribués sous forme non broyée, les fourrages plus particulièrement, sont retenus dans le rumen (+ réseau) pendant le temps nécessaire à leur réduction en fines particules (= comminution) sous l'action de la mastication lors de l'ingestion et surtout de la rumination cumulée à la digestion. Ils y exercent un effet d'encombrement, qui augmente en même temps que la proportion de parois végétales car ces dernières sont les plus résistantes à la mastication. C'est sur ce principe qu'est fondé le système des unités d'encombrement.

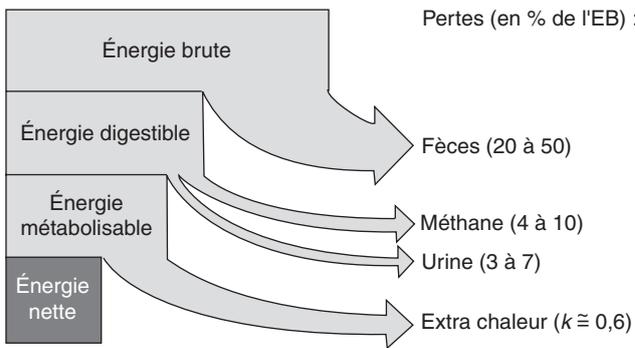
Endogène : qui est produit par l'organisme et éventuellement utilisé par celui-ci. Les constituants endogènes passant dans le contenu digestif proviennent des cellules qui se détachent (desquamation) de la paroi digestive, des sécrétions digestives (salive, bile, suc gastrique, suc pancréatique...), et de l'urée qui diffuse à partir du sang. Le flux des micro-organismes dans l'appareil digestif n'est pas considéré comme de la production endogène.

Énergie brute (EB) : quantité de chaleur produite au cours de la combustion complète d'un gramme de composé organique dans un calorimètre en présence d'oxygène. La teneur en énergie brute d'un aliment est exprimée en kilocalories (kcal) par g de matière sèche ou en mégacalories (Mcal) par kg de matière sèche. Dans le système international des unités de mesure, l'énergie brute est exprimée en kilojoules (kJ) ou en mégajoules (MJ) : 1 kcal = 4,185 kJ ; 1 Mcal = 4,185 MJ.

Énergie digestible (ED) : l'énergie digestible d'un aliment est obtenue par différence entre son énergie brute et la quantité d'énergie perdue dans les fèces. Comme l'EB, elle peut être exprimée en joules ou en calories.

Énergie métabolisable (EM) : l'énergie métabolisable d'un aliment est celle qui est disponible pour le métabolisme de l'organisme. Elle est calculée en soustrayant de son énergie brute les quantités d'énergie perdues dans les fèces et dans l'urine et sous forme de méthane. Elle peut être exprimée en joules ou en calories.

Énergie nette (EN) : l'énergie nette d'un aliment est la quantité d'énergie qui correspond aux dépenses d'entretien et de production de l'animal. Elle correspond à l'énergie des productions, soit l'énergie métabolisable diminuée des pertes d'énergie sous forme d'extra-chaleur qui se produisent au cours de l'ingestion et de la digestion de l'aliment et surtout de l'utilisation métabolique des nutriments. L'énergie nette peut être exprimée en joules ou en calories mais pour des raisons pratiques dans les systèmes français d'alimentation des ruminants, on la rapporte à la valeur énergétique d'une orge théorique de référence. Elle est alors exprimée en unités fourragères (UFL ou UFV).



Les différentes étapes de l'utilisation de l'énergie par les ruminants (in Alimentation des bovins, ovins et caprins, Inra, 1988).

Engraissement : période d'accroissement rapide de la masse corporelle. Une part importante du dépôt correspond à des protéines quand l'animal est jeune, l'autre part correspond à des lipides qui se déposent en dernier. La finition représente la dernière partie de l'engraissement. Elle est facilitée par un haut niveau d'alimentation ou par l'âge.

Entretien : le besoin d'entretien correspond à la dépense nécessaire pour assurer le métabolisme basal et la conservation de l'état corporel. Dans la situation d'entretien, l'animal maintient constant son poids vif et sa composition corporelle et il ne produit ni croît, ni lait, ni travail, ses bilans nutritifs sont nuls.

Fèces : matières fécales (bouses, crottes) formées des constituants alimentaires non digérés, de corps bactériens non digérés et de constituants endogènes.

Fibrosité : qualificatif permettant d'apprécier l'aptitude des aliments et des rations à faire mastiquer les animaux. Deux caractéristiques des aliments influencent leur fibrosité, leur teneur en parois, ou NDF, ou fibre chimique, et leur structure particulière, ou fibre physique.

Fourrages : aliments frais ou conservés sous différentes formes et constitués par l'appareil aérien des plantes fourragères, naturelles ou cultivées. Les plantes récoltées après la floraison comportent une certaine proportion de graines ou de grains, immatures ou à maturité. Cette proportion est très faible dans les plantes strictement fourragères mais elle devient élevée chez les céréales qui sont récoltées à proximité de la maturité.

Flushing : suralimentation énergétique transitoire surtout appliquée lorsque l'état corporel de la femelle avant la mise à la reproduction est insuffisant. Le *flushing*, généralement pratiqué pendant six semaines (3 semaines avant la mise à la reproduction et 3 semaines après) permet d'améliorer la fertilité des femelles.

Glucides solubles (sous-entendu dans l'eau) ou glucides cytoplasmiques : ils comportent les sucres libres et les fructosanes. Les plus importants sont le glucose, le fructose, le saccharose (le sucre de la betterave) et des sucres mineurs. Les fructosanes sont des chaînes de fructose liées à une unité glucose initiale. Ils s'accumulent à la base des tiges de certaines graminées, plus particulièrement des ray-grass dont ils expliquent la richesse en glucides solubles.

Glucose : composé organique de la famille des glucides, sucre simple (ose) répondant à la formule $C_6H_{12}O_6$, présent à l'état libre en petites quantités dans les végétaux. C'est surtout l'unité de base constitutive de la cellulose et de l'amidon. Chez les ruminants, il est absorbé en quantités négligeables ou faibles dans l'intestin mais surtout fabriqué dans le foie (néoglucogénèse) à partir du propionate et d'autres corps glucoformateurs. Sa concentration dans le sang s'exprime par la glycémie.

Hémicelluloses : ensemble des polysides des parois cellulaires qui sont solubles dans les solutions alcalines ou acides relativement diluées. Les xylanes sont les constituants les plus importants des hémicelluloses des graminées. Ils ont des liaisons chimiques avec la lignine, qui sont rompues par les traitements alcalins dans le cas des pailles et autres sous-produits lignifiés.

Herbomètre : outil de mesure de la hauteur de l'herbe dans une prairie, constitué d'une tige graduée centrale et d'un plateau coulissant (30 × 30 cm) qui exerce une pression sur l'herbe (standardisée à 4,5 kg/m² en France). La hauteur mesurée est donc une hauteur « compressée ».

Ingestibilité d'un fourrage : quantité de matière sèche d'un fourrage qui est ingérée lorsqu'il est distribué à volonté (10 % de refus) comme seul aliment. On compare l'ingestibilité des différents fourrages en les distribuant à des animaux de même capacité d'ingestion ; le mouton standard d'environ 60 kg a été utilisé pour établir les tables. L'ingestibilité varie fondamentalement en sens inverse de la teneur en parois végétales du fourrage et de l'effet d'encombrement qu'il exerce dans le rumen. Elle dépend en outre de l'appétibilité du fourrage. Elle est exprimée en unité d'encombrement (UE) dans les tables, avec pour référence une jeune herbe de pâturage dont la valeur d'encombrement est par définition de 1 UE.

Lignine : polymère non glucidique complexe et de haut poids moléculaire qui incruste les parois épaisses des cellules végétales. La lignine n'est pas digestible et elle gêne la dégradation des parois par la population microbienne du rumen et du gros intestin. Elle est évaluée par le résidu organique obtenu après la solubilisation de tous les autres constituants en milieu acide concentré sur le résidu ADF.

Lignocellulose : résidu obtenu après l'hydrolyse de l'aliment par H_2SO_4 0,5M en présence de détergent (*acid detergent fibre*-ADF de Van Soest). En plus de la lignine et de la cellulose, il contient une faible fraction des hémicelluloses et d'autres constituants.

Lipides : nom générique des corps gras. Les plus importants sont les glycérides qui sont des esters d'acides gras. Les acides gras sont ainsi les éléments constitutifs de nombreux lipides. Les termes de graisses (dépôts adipeux) et d'huile désignent des mélanges de lipides respectivement solides et liquides.

Lutte : période de reproduction avec monte naturelle dans les troupeaux ovins.

Masse corporelle : voir poids vif vide.

Matières azotées totales (MAT) ou protéines brutes (PB) : ensemble des constituants azotés des aliments végétaux : protéines mais aussi acides aminés libres, amides, nitrates... La valeur MAT d'un aliment est calculée en multipliant la teneur en azote total mesuré généralement par la méthode Kjeldahl par 6,25. Ce facteur est déduit de la concentration moyenne des protéines en azote qui est de 16 % ($1/16 \times 100 = 6,25$).

Matières azotées digestibles (MAD) : quantité de matières azotées totales ingérées apparemment disparue dans le tube digestif. La teneur en MAD d'un aliment, ou d'une ration, est obtenue en multipliant sa teneur en matières azotées totales par la digestibilité apparente de l'azote.

Matières grasses (extrait éthéré) : terme courant désignant les substances lipidiques extraites des tissus animaux ou végétaux par certains solvants organiques.

Métabolisme : ensemble des transformations chimiques et biologiques des nutriments absorbés qui s'accomplissent dans l'organisme.

Muscles : tissu biologique composé de fibres musculaires réunies en faisceaux soutenus par un réseau conjonctif. Entre les fibres peuvent apparaître des adipocytes formant le dépôt adipeux intramusculaire. On distingue d'un point de vue anatomique les muscles squelettiques (rouges) des muscles des viscères (blancs). Les premiers ont un rôle fondamental dans les mouvements de l'organisme, et sont le constituant majeur et recherché des viandes. La composition des muscles varie beaucoup selon le muscle considéré, l'espèce et l'âge de l'animal. La croissance du muscle débute dès le stade fœtal puis évolue différemment avec l'âge selon la région anatomique de l'animal et les facteurs d'élevage.

NDF (*neutral detergent fibre*) : résidu insoluble obtenu par hydrolyse de l'échantillon d'aliment au moyen d'un détergent (laurylsulfate de sodium en milieu neutre) avec action éventuelle d'enzymes (amylase et protéase). Ce résidu est issu de la première étape du dosage des parois végétales selon la méthode de Van Soest. La valeur NDF s'exprime en g/kg de MS et correspond à peu près à l'ensemble hémicellulose + cellulose + lignine des aliments. Ce résidu peut contenir également de l'amidon, de l'azote ou des minéraux... La différence entre NDF et ADF est parfois considérée comme représentant les hémicelluloses.

Niveau alimentaire (NA) : rapport des quantités d'aliments ingérées au poids de l'animal. Selon l'usage qui en est fait, NA peut être exprimé en g de QI/kg de poids métabolique ou bien en QI % du poids vif. NA est également parfois

exprimé en g MODI/kg de poids métabolique/23 (pour le mouton standard) ; il est alors très proche des valeurs du niveau de production.

Niveau de production (NP) : rapport du besoin total (entretien + production) d'énergie nette au besoin d'entretien. Il est de 1 pour l'animal à l'entretien et d'environ 4 pour la vache laitière produisant 35 kg de lait. Il sert au calcul de l'énergie nette et donc à la définition des UF, par exemple l'UFV est ajustée sur un NP de 1,5.

Nutriments : molécules simples (AGV, acides aminés, glucose...) résultant de la digestion des aliments, absorbés dans le tube digestif et circulant dans le sang pour aller vers les tissus utilisateurs.

Oligo-éléments : éléments minéraux qui n'interviennent qu'à dose très faible dans le métabolisme des êtres vivants (systèmes enzymatiques, composition d'hormones...), on parle également d'éléments traces métalliques (ETM).

Parois cellulaires : ensemble des parois cellulaires des tissus végétaux. Elles comportent quatre groupes de constituants majeurs : la cellulose, les hémicelluloses, les substances pectiques et la lignine. La teneur en parois cellulaires est estimée de façon approximative par le résidu obtenu à la suite du traitement de l'aliment par une solution aqueuse contenant un détergent neutre (*neutral detergent fibre*, NDF de Van Soest).

Pâturage : prélèvement direct d'un fourrage par l'animal « sur pied » sur une certaine surface fourragère. La gestion du pâturage amène à distinguer communément trois types :

- le pâturage *continu* où les animaux disposent en permanence de la totalité de la surface fourragère à pâturer ;
- le pâturage *tournant* : les animaux consomment le fourrage successivement dans chacune des parcelles provenant de la subdivision de la surface fourragère à pâturer ;
- le pâturage *rationné* où les animaux disposent d'une surface fourragère leur permettant d'ingérer seulement 0,5 ou 1 ration journalière de fourrage pâturé.

Poids métabolique ($P^{0,75}$) : poids vif élevé à la puissance 0,75. Cette expression traduit le fait que la dépense énergétique d'entretien varie avec la surface corporelle plutôt qu'avec le poids. Elle permet de mieux comparer les besoins des animaux ou des espèces de poids très différents et sert dans de nombreux ajustements.

Poids vif vide ou masse corporelle : poids vif diminué du poids du contenu de l'ensemble des compartiments digestifs, c'est-à-dire l'ensemble des aliments en cours de digestion et de transit.

Précocité de l'animal : aptitude de l'animal à réaliser rapidement les différentes phases de son développement, comme par exemple d'atteindre l'état d'engraissement requis pour l'abattage ou la capacité de se reproduire à un âge plus faible. La notion inverse caractérise un animal tardif, par exemple pour les races à viande continentales.

Préhensibilité : la préhensibilité d'un aliment est déterminée par sa facilité de collecte buccale par l'animal. Elle est fonction de ses caractéristiques structurelles et éventuellement spatiales. Elle est également fonction de l'espèce, plutôt labiale chez les ovins et caprins (d'où la faculté de tri de ces animaux)

et linguale chez les bovins. C'est un déterminant majeur des quantités ingérées et oriente en partie les choix alimentaires. Composante de la palatabilité, son expression est modulée par les interactions entre les caractéristiques de l'aliment et celles de l'animal qui l'ingère.

Pré-ruminant : état anatomo-physiologique de l'appareil digestif qui se maintient aussi longtemps que le jeune ruminant n'ingère que des aliments liquides, lait et lait de remplacement préparé à partir d'aliments d'allaitement, donc jusqu'à l'abattage chez le veau de boucherie.

Production laitière potentielle : capacité de synthèse de lait par la mamelle, qui dépend du potentiel génétique de l'animal et de son stade de lactation, en considérant que les nutriments disponibles pour la mamelle ne sont pas limitants. Elle est par principe rarement atteinte, la production laitière observée étant le plus souvent inférieure à la production laitière potentielle en raison d'apports limitants (énergie, azote, etc.).

Protéines : macromolécules organiques constituées d'acides aminés. Les protéines des fourrages ont par exemple une composition en acides aminés pratiquement constante et bien équilibrée. Chez les animaux, une carence dans la ration d'un ou plusieurs acides aminés peut avoir des impacts négatifs sur les performances, la qualité des produits ou l'état de santé. À l'inverse, en raison des possibilités limitées de stockage des protéines excédentaires aux besoins, le surplus de protéines est éliminé et contribue aux rejets azotés.

Protéines digestibles dans l'intestin (PDI) (voir figure page suivante) :

PDIA : PDI qui proviennent des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen.

PDIM : PDI qui proviennent des protéines vraies synthétisées par la population microbienne du rumen.

PDIME : PDIM qui correspondent au potentiel de synthèse de l'aliment en énergie fermentescible dans le rumen.

PDIMN : PDIM qui correspondent au potentiel de synthèse de l'aliment en azote dégradé dans le rumen.

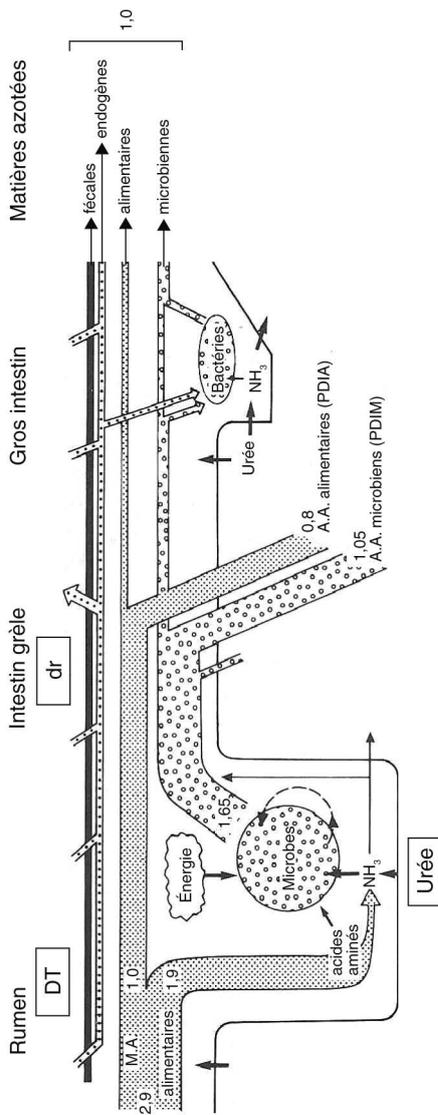
PDIE : somme PDIA + PDIME

PDIN : somme PDIA + PDIMN.

Quantité d'herbe offerte : quantité de matière sèche d'herbe moyenne mise à la disposition d'un animal au pâturage en une journée. Elle se calcule par le produit de la biomasse et de la surface offerte moyenne pendant le temps de séjour et est exprimée en kg MS/animal/jour. Cette notion ne s'applique qu'au pâturage en rotation (rationné ou tournant).

Racines et tubercules : organes généralement souterrains des plantes contenant des réserves d'énergie (amidon, sucres...) notamment pour les tubercules. En raison des intérêts nutritionnels qu'ils présentent (parfois appelés aliments succulents), les racines et tubercules sont utilisés comme des fourrages et souvent en association avec ceux-ci dans les régimes alimentaires des ruminants.

Ration de base : ensemble des aliments grossiers de la ration, par opposition aux aliments concentrés : fourrages verts ou conservés, mais aussi racines et tubercules, ainsi que certains sous-produits (de graines et de fruits). La ration de base est complétée si besoin par des aliments concentrés afin de compenser les éventuels déséquilibres et carences.



Utilisation digestive des matières azotées chez les ruminants
(in Alimentation des bovins, ovins et caprins, Inra, 1988).

Ration complète : mélange intime des aliments de la ration, fourrages et aliments concentrés, constitué avant la distribution.

Recyclage de l'urée endogène : l'urée endogène qui arrive dans le rumen par la salive ou à travers la paroi du rumen est rapidement dégradée en ammoniacque, utilisée directement par les bactéries pour leur synthèse protéique. Elle permet une augmentation de la quantité de protéines microbiennes produites puis digérées dans l'intestin grêle, notamment quand la quantité d'azote alimentaire dégradable est insuffisante. Il y a alors un recyclage utile de l'azote pour l'animal. Un indicateur de ce fonctionnement est donné par le rapport $R_{mic} = (PDIN - PDIE) / UFL$.

Recyclage des substances tampons : la mastication favorise la production de salive qui est elle-même riche en éléments tampons, en bicarbonate en particulier. Ces tampons sont indispensables pour équilibrer le pH du jus de rumen suite à la production locale des acides gras volatils par fermentation des substrats ingérés. Le recyclage limite ainsi l'acidose ruminale.

Rumen (ou panse) : premier compartiment de l'estomac des ruminants, de loin le plus important. Le second compartiment est le réseau (ou bonnet ou réticulum), beaucoup moins volumineux et s'ouvrant largement sur le rumen. On parle globalement de la digestion dans le réticulo-rumen ou, plus brièvement, dans le rumen.

Sachets (méthode des) : méthode utilisée pour mesurer la dégradation d'un aliment dans le rumen, plus particulièrement la dégradabilité de son azote (dégradabilité théorique DT). Des échantillons (3 g) sont enfermés dans des sachets de nylon à maille très fine et sont suspendus dans le contenu du rumen par l'intermédiaire d'une canule. L'alimentation de l'animal et les modalités opératoires sont rigoureusement standardisées et respectées.

Substances pectiques : groupe complexe de polysides des cellules végétales localisés dans les lamelles moyennes, où ils jouent le rôle de ciment intercellulaire, et dans la paroi primaire. Abondantes dans les fruits et les racines, elles sont en partie solubles dans une solution aqueuse contenant un détergent neutre. Elles se dégradent rapidement sous l'action des micro-organismes du rumen.

Taux de substitution de l'aliment concentré au fourrage : rapport de la quantité de matière sèche de fourrage (kg) consommée en moins à la quantité de matière sèche d'aliment concentré consommée en plus. On distingue le taux de substitution global (Sg) du taux de substitution marginal (Sm) :

– Sg correspond au rapport de la quantité totale de MS (kg) de fourrage consommée en moins à la quantité totale de MS (kg) d'aliment concentré ingérée ;

– Sm représente la valeur substitution pour une très petite variation des quantités d'aliments concentrés (diff. QI_C) autour d'un niveau donné,

$$Sm = - \text{diff}QI_F / \text{diff}QI_C$$

Les taux de substitution ont été modélisés dans le système de prévision de l'ingestion des rations (système des UE). Les modèles varient selon les types d'animaux et d'aliments.

Taux de sortie : rapport entre la quantité de contenu ruminal qui sort du rumen et son volume total, il s'applique notamment aux phases particulières et liquidiennes. Plus la ration est chargée en parois cellulaires et surtout en tissus lignifiés, plus son temps de rétention et son effet d'encombrement dans le

rumen sont élevés et, corrélativement, plus le taux de sortie des particules du rumen est faible. La dégradabilité de l'azote alimentaire a été calculée pour un taux de sortie des particules de 6 % par heure.

Taux de fécondité : correspond au bilan de la fertilité des femelles, soit :

$$= \frac{\text{nombre de jeunes nés (morts ou vivants)}}{\text{nombre de femelles mises à la reproduction}} \times 100.$$

Taux de fertilité : représente le potentiel reproductif d'un lot ou d'un troupeau,

$$= \frac{\text{nombre de femelles mettant bas}}{\text{nombre de femelles mises à la reproduction}} \times 100.$$

Taux de prolificité : représente la capacité des femelles fertiles à produire plusieurs petits au cours d'une même parturition,

$$= \frac{\text{nombre de jeunes nés (morts ou vivants)}}{\text{nombre de femelles mettant bas}} \times 100.$$

Toxémie de gestation : syndrome rencontré en fin de gestation chez certaines brebis ou chèvres prolifiques. Elle correspond à une déviation des métabolismes glucidique et lipidique résultant d'un déficit en énergie et en glucose (hypoglycémie) de l'organisme qui provoque une mobilisation intense des lipides corporels et une accumulation de corps cétoniques.

Unité d'encombrement (UE) : par définition, l'herbe jeune et feuillue, qui a une ingestibilité de 75 g de matière sèche par kg P^{0,75} chez le mouton standard (bélier castré en fin de croissance) a une valeur d'encombrement de 1 unité chez les ovins (1 UEM), chez la vache et la chèvre laitière (1 UEL) et chez les autres bovins (1 UEB) par kg de matière sèche. Cette herbe est un aliment de référence qui présente un taux de MAT de 15 % dans la MS et une dMO de 77 %.

Unité fourragère « lait » (UFL) : quantité d'énergie nette pour la production laitière (ENL) contenue dans un kg d'orge de référence (870 g de matière sèche ; 2 700 kcal d'énergie métabolisable). 1 UFL = 1 700 kcal ou 7 115 kJ, soit 7,12 MJ d'énergie nette pour la production laitière.

Unité fourragère « viande » (UFV) : quantité d'énergie nette contenue dans un kg d'orge de référence (870 g de matière sèche, 2 700 kcal d'énergie métabolisable) pour l'entretien et le croît chez l'animal à l'engrais, à un niveau de production de 1,5. 1 UFV = 1 820 kcal ou 7 617 kJ, soit 7,62 MJ d'énergie nette pour la production de viande.

Valeur alimentaire : critère associant la valeur nutritionnelle et l'aptitude à être ingéré (estimée par la valeur d'encombrement) des aliments.

Valeur nutritionnelle : concentration en éléments nutritifs de la matière sèche des aliments (valeur nutritionnelle énergétique, azotée, minérale...).

Liste des auteurs

Jacques AGABRIEL

Unité de recherche sur les herbivores (URH)
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
jacques.agabriel@clermont.inra.fr

Jocelyne AUFRÈRE

Unité de recherche sur les herbivores (URH)
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
jocelyne.aufrere@clermont.inra.fr

René BAUMONT

Unité de recherche sur les herbivores (URH)
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
rene.baumont@clermont.inra.fr

François BOCQUIER

Unité mixte de recherche sur les ruminants en région chaude (UMR ERRC)
Ensam/Inra, 2 place Viala
34060 Montpellier cedex 1
francois.bocquier@ensam.inra.fr

Jean-Claude BONNEFOY

Unité de recherche sur les herbivores (URH)
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
jean-claude.bonnefoy@clermont.inra.fr

Pascal CHAMPICIAUX

Unité de recherche sur les herbivores (URH)
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
pascal.champciaux@clermont.inra.fr

Rémy DELAGARDE

Unité mixte de recherche sur la production laitière (UMR PL)
Inra Rennes
35590 Saint-Gilles
remy.delagarde@rennes.inra.fr

Luc DELABY

Unité mixte de recherche sur la production laitière (UMR PL)
Inra Rennes
35590 Saint-Gilles
luc.delaby@rennes.inra.fr

Pascal D'HOUR

Unité expérimentale des Monts Dore
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
pascal.dhour@clermont.inra.fr

Jean-Pierre DULPHY

Unité de recherche sur les herbivores (URH)
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
jean-pierre.dulphy@clermont.inra.fr

Philippe FAVERDIN

Unité mixte de recherche sur la production laitière (UMR PL)
Inra Rennes
35590 Saint-Gilles
philippe.faverdin@rennes.inra.fr

Florence GARCIA

Unité de recherche sur les herbivores (URH)
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
florence.garcia@clermont.inra.fr

Sylvie GIGER-REVERDIN

Unité mixte de recherche physiologie et nutrition animale (UMR PNA)
Inra/Ina P- G
16 rue Claude Bernard
75231 Paris cedex 05
sylvie.giger@inapg.inra.fr

Philippe HASSOUN

Unité mixte de recherche sur les ruminants en région chaude (UMR ERRC)
Ensam/Inra
2 place Viala
34060 Montpellier cedex 1
philippe.hassoun@ensam.inra.fr

François MESCHY

Unité mixte de recherche physiologie et nutrition animale (UMR PNA)
Inra/Ina P- G
16 rue Claude Bernard
75231 Paris cedex 05
francois.meschy@jouy.inra.fr

Didier MICOL

Unité de recherche sur les herbivores (URH)
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
didier.micol@clermont.inra.fr

Marie-Odile NOZIÈRES

Unité de recherche sur les herbivores (URH)
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
marie-odile.nozieres@stlaurent.lusignan.inra.fr

Jean-Louis PEYRAUD

Unité mixte de recherche sur la production laitière (UMR PL)
Inra Rennes
35590 Saint-Gilles
jean-louis.peyraud@rennes.inra.fr

Dominique POMIÈS

Unité de recherche sur les herbivores (URH)
Inra Theix
63122 Saint-Genès Champanelle
dominique.pomies@clermont.inra.fr

Daniel SAUVANT

Unité mixte de recherche physiologie et nutrition animale (UMR PNA)
Inra/Ina P- G
16 rue Claude Bernard
75231 Paris cedex 05
daniel.sauvant@inapg.inra.fr

Gilles TRAN

Association française de zootechnie
Ina P- G
16 rue Claude Bernard
75231 Paris cedex 05
gilles.tran@inapg.inra.fr

Valeurs des aliments disponibles dans le cédérom

Libellé		Libellé		Libellé	
Code Alim	Code de l'aliment	MO	Matières organiques	dMA	Digestibilité des matières azotées
Code FV	Code du fourrage vert correspondant (si nécessaire)	dMO	Digestibilité des matières organiques	dCB	Digestibilité de la cellulose brute
txMS	Taux de matière sèche	Amidon		dADF	Digestibilité des matières azotées
UEM	Unité d'encombrement ovins	Sucres	Extrait étheré	dNDF	Digestibilité de la lignine dosée par NDF
UEL	Unité d'encombrement vache et chèvre en lactation	EE/MG	Produits de fermentation	K	Potassium
UEB	Unité d'encombrement bovins	PF	Magnésium	Cl	Chlore
UFL	Unité fourragère lait	Mg	Soufre	BACA	Bilan alimentaire cations anions
UFV	Unité fourragère viande	S	Sodium	BE	Bilan électrolytique
PDIE	Protéines digestibles dans l'intestin limitées par l'énergie	Na	Cuivre	HisDI	Histidine digestible
PDIN	Protéines digestibles dans l'intestin limitées par l'azote	Cu	Zinc	ArgDI	Arginine digestible
P	Phosphore	Zn	Manganèse	ThrDI	Thréonine digestible
Pabs	Phosphore absorbable	Mn	Cobalt	ValDI	Valine digestible
Ca	Calcium	Co	Sélénium	IleDI	Isoleucine digestible
Caabs	Calcium absorbable	Se	Iode	LeuDI	Leucine digestible
PDIA	Protéines digestibles dans l'intestin issues de l'aliment et non dégradées dans le rumen	Iode	Vitamines A	PheDI	Phénylalanine Digestible
LysDI	Lysine digestible	VitA	Vitamines D	AspDI	Acide aspartique
MetDI	Méthionine digestible	VitD	Vitamines E	SerDI	Sérine digestible
DTN	Dégradabilité théorique des matières azotées	Age	Énergie brute	GluDI	Acide glutamique
dr	Digestibilité réelle des PDIA	Prix	Digestibilité de l'énergie brute	ProDI	Proline digestible
NDF	Parois végétales totales	EB	Énergie métabolisable	GlyDI	Glycine digestible
ADF	Lignocellulose	dEB	Coefficient d'absorption du phosphore	AlaDI	Alanine digestible
ADL	Lignine	EM	Coefficient d'absorption du calcium	TyrDI	Tyrosine digestible
MAT	Matières azotées totales	Pcar		DT Ami	Dégradabilité théorique de l'amidon
CB	Cellulose brute de Weende	Caclar		DT MS	Dégradabilité théorique des matières sèches

Dans tous les milieux naturels, l'élevage des ruminants vise à atteindre un triple optimum biologique, technique et économique. L'alimentation des animaux et des troupeaux, domaine d'excellence des équipes de recherche Inra, est un point clé de cet équilibre.

Basé sur un socle de connaissances acquises et validées par plusieurs générations de chercheurs, et largement diffusées par le passé à travers les « livres rouges » de l'Inra, cet ouvrage actualise les recommandations alimentaires pour les bovins, ovins et caprins des régions tempérées, à partir des acquis récents de la recherche en matière de nutrition des ruminants. Il précise les besoins adaptés aux animaux de chaque espèce et rappelle les principes majeurs pour la constitution des rations.

Parce que « raisonner l'alimentation » nécessite une bonne connaissance de la composition chimique et de la valeur alimentaire des fourrages ainsi que des matières premières utilisées dans les rations, cet ouvrage fournit des tables très complètes de la valeur des aliments destinés aux ruminants. Elles sont accompagnées d'un cédérom qui permet une recherche aisée des 50 critères qui composent la valeur nutritionnelle des 1 250 fourrages et 200 aliments concentrés présentés.

Ces outils, utiles à tous les professionnels de l'élevage et aux étudiants, sont le fruit d'un travail commun de plus de vingt chercheurs ou enseignants-chercheurs : zootechniciens, nutritionnistes, modélisateurs ou informaticiens.

*Inclus un cédérom
consultable sur PC
avec Windows 2000
et versions supérieures.*

Prix TTC : 17 €

ISBN : 978-2-7592-0873-9



ISSN : 1952-2770
Réf. : 02220

éditions
Quæ

Éditions Cemagref, Cirad, Ifremer, Inra
www.quae.com

