

Apports alimentaires recommandés pour les ruminants (Livre Vert)

Les «Apports alimentaires recommandés pour les ruminants» (Livre vert) est un ouvrage qui met à disposition des professionnels suisses des bases pour la formation et le conseil en matière d'alimentation des ruminants (accessible en ligne uniquement).

Avec le mot de passe accessible gratuitement sur inscription chez l'Editeur, vous avez également accès aux programmes de calculs, à la Base suisse des données des aliments pour animaux ainsi qu'aux apports alimentaires recommandés pour les porcs.

Editeur : Agroscope, 1725 Posieux, Suisse, tél. +41 58 466 71 11

info@agroscope.admin.ch

© 2017 Tous droits réservés Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

Citation:

Edition complète:

Agroscope, 2017. Apports alimentaires recommandés pour les ruminants (Livre vert).

Accès: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/services/soutien/aliments-pour-animaux/apports-alimentaires-recommandes-pour-les-ruminants%20.html> (date de consultation JJ.MM.AAAA)

Chapitre:

Schlegel P. et Kessler J., 2015. Minéraux et vitamines. Dans: Apports alimentaires recommandés pour les ruminants (Livre vert), chapitre 4, Ed. Agroscope, Posieux (date de consultation JJ.MM.AAAA)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

1. Apports alimentaires recommandés pour les ruminants

1.1. Avant-propos

Les «Apports alimentaires recommandés pour les ruminants», mieux connu sous le nom de «Livre vert», est un ouvrage qui met à disposition des professionnels suisses des bases pour la formation et le conseil en matière d'alimentation des ruminants. Depuis 2008, seule la version Internet du Livre vert est actualisée régulièrement. Les divers chapitres des apports alimentaires recommandés de même que les valeurs nutritives des aliments et fourrages sont consultables individuellement et les révisions sont signalées.

Basé sur les conditions suisses, le Livre vert est un ouvrage de référence en matière d'alimentation des ruminants. C'est le fruit de nombreux travaux de recherche d'Agroscope. Il s'appuie également sur un grand nombre de remarques et de conseils fournis par divers spécialistes en production fourragère, en conservation des fourrages et en alimentation animale de même que sur des travaux de recherche effectués à l'étranger.

En plus des apports alimentaires recommandés pour les différents ruminants, le Livre vert comprend les accès aux tables de références pour les fourrages (au chapitre 13), pour les aliments simples (au chapitre 14) dont les valeurs sont figées pour 4 ans, ainsi que l'accès à la Base suisse de données des aliments pour animaux (au chapitre 14; www.feedbase.ch). La base suisse de données des aliments pour animaux comprend des informations sur les nutriments et les valeurs nutritives de plus de 600 aliments simples et fourrages. C'est grâce à la collaboration entre le groupe «Database Technology» du département informatique de l'Université de Zurich et Agroscope que cette application a pu être développée. Il est désormais possible de rechercher des valeurs individuelles, autrement dit d'effectuer des recherches plus ciblées et de les combiner à des données temporelles et géographiques. Grâce à des partenariats avec plusieurs entreprises du secteur de l'alimentation animale, la base de données est complétée et élargie en permanence.

Avec l'accès au Livre vert, l'utilisateur dispose également des programmes de calculs pour les valeurs nutritives des aliments simples et des fourrages: [Programmes de calcul](#) ainsi qu'aux apports alimentaires pour les porcs (Livre jaune) avec leurs programmes de calculs.

Hans Dieter Hess

1.1. Tables des matières

1. Avant-propos
- [2. Nutrition énergétique](#)
- [3. Système d'évaluation des apports et des besoins azotés](#)
- [4. Minéraux et vitamines](#)
- [5. Apports alimentaires recommandés pour le veau d'élevage](#)
- [6. Apport alimentaires recommandés pour la génisse d'élevage](#)
- [7. Apports alimentaires recommandés pour la vache laitière](#)
- [8. Apports alimentaires recommandés pour la vache allaitante](#)
- [9. Apports alimentaires recommandés pour le veau à l'engrais](#)
- [10. Apports alimentaires recommandés pour le bovin à l'engrais](#)
- [11. Apports alimentaires recommandés pour le mouton](#)
- [12. Apports alimentaires recommandés pour la chèvre](#)
- [13. Valeur nutritive des fourrages](#)
- [14. Valeur nutritive des aliments simples](#)
- [15. Formules et équations de prédiction](#)
- [16. Principaux termes techniques français/allemand](#)

1.1. Abréviations

Français	Allemand
AAA	acides aminés d'origine alimentaire
AAM	acides aminés d'origine microbienne
ADF	lignocellulose (Van Soest)
AM	amidon
C	croît
Ca	calcium
CB	cellulose brute
CBD	cellulose brute digestible
CE	cendres
Cl	chlore
Co	cobalt
Cu	cuivre
d	digestibilité
D	densité
De	dégradabilité
E	énergie
EB	énergie brute
ECM	lait corrigé par rapport à sa teneur en énergie
EM	énergie métabolisable
EMV	énergie métabolisable veau
En	entretien
ENA	extractif non azoté
ENAD	extractif non azoté digestible
Fe	fer
GQ	gain quotidien
I	iode
K	potassium
k	rendement de l'utilisation de l'énergie métabolisable
k_{En}	k pour l'entretien
k_{EnV}	k pour l'entretien et la production de viande
k_F	k pour la fixation de graisse dans le croît
k_L	k pour la production laitière
k_P	k pour la fixation de protéines dans le croît
k_V	k pour la production de viande
LAC	lactose
MA	matière azotée
MAD	matière azotée digestible
MDS	mono- et disaccharides
Mg	magnésium
MG	matière grasse
MGD	matière grasse digestible
MIN	minéral
MJ	mégajoule
ASF	Aus dem Futter stammende Aminosäuren
ASM	Mikrobielle Aminosäuren
ADF	Lignozellulose (Van Soest)
ST	Stärke
A	Ansatz
Ca	Kalzium
RF	Rohfaser
VRF	Verdauliche Rohfaser
RA	Rohasche
Cl	Chlor
Co	Kobalt
Cu	Kupfer
v	Verdaulichkeit
D	Dichte
a	Abbaubarkeit
E	Energie
BE	Bruttoenergie
ECM	Energiekorrigierte Milch
UE	Umsetzbare Energie
UEK	Umsetzbare Energie Kalb
Er	Erhaltung
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
VNfE	Verdauliche stickstofffreie Ex-traktstoffe
Fe	Eisen
TZW	Tageszuwachs
I	Iod
K	Kalium
k	Teilwirkungsgrad der umsetz-baren Energie
k_{Er}	k für Erhaltung
k_{ErV}	k für Erhaltung und Wachstum
k_F	k für Fettansatz
k_L	k für Milchbildung (Laktation)
k_P	k für Proteinansatz
k_V	k für Wachstum
LAC	Laktose
RP	Rohprotein
VRP	Verdauliches Rohprotein
MDS	Mono- und Disaccharide
Mg	Magnesium
RL	Rohlipide (Rohfett)
VRL	Verdauliche Rohlipide (Fett)
MIN	Mineralstoff
MJ	Megajoule

Mn	manganèse	Mn	Mangan
Mo	molybdène	Mo	Molybdän
MO	matière organique	OS	Organische Substanz
MOD	matière organique digestible	VOS	Verdauliche organische Substanz
MOF	matière organique fermentescible	FOS	Fermentierbare organische Substanz
MS	matière sèche	TS	Trockensubstanz
MSI	matière sèche ingérée	TSV	Trockensubstanz-Verzehr
µg	microgramme	µg	Mikrogramm
N	azote	N	Stickstoff
Na	sodium	Na	Natrium
NDF	parois (Van Soest)	NDF	Zellwände (Van Soest)
NEL	énergie nette pour la production laitière	NEL	Netto-Energie Milch (Laktation)
NEV	énergie nette pour la production de viande	NEV	Netto-Energie Mast (Wachstum)
NNP	azote non protéique	NPN	Nicht-Protein-Stickstoff
P	phosphore	P	Phosphor
PAI	protéines absorbables dans l'intestin	APD	Absorbierbares Protein im Darm
PAIA	PAI d'origine alimentaire	APDF	APD aus dem Futter
PAIM	PAI d'origine microbienne	APDM	Mikrobielles APD
PAIN	PAI synthétisées à partir de la matière azotée dégradée	APDN	Aus dem abgebauten Rohprotein aufgebautes APD
PF	produits de fermentation des ensilages	FP	Fermentationsprodukte der Silagen
PME	protéines microbiennes synthétisées à partir de l'énergie fermentescible	PME	Mikroorganismen-Protein aus fermentierbarer Energie
PMN	protéines microbiennes synthétisées à partir de la matière azotée dégradée	PMN	Mikroorganismen-Protein aus abbaubarem Rohprotein
PV	poids vif	LG	Lebendgewicht
PV₀₇₅	poids métabolique	LG₀₇₅	Metabolisches Körpergewicht
PVV	poids vif vide	LKG	Leerkörpergewicht
q	métabolisabilité de l'énergie brute (EM/EB)	q	Umsetzbarkeit der Bruttoenergie (U EIBE)
R²	coefficient de détermination	R²	Bestimmtheitsmass
RAP	Station fédérale de recherches en production animale (Agroscope Posieux)	RAP	Eidgenössische Forschungs-anstalt für Nutztiere (Agroscope Posieux)
RB	ration de base	GF	Grundfütteration
s	écart-type ou écart-type résiduel	s	Standardabweichung oder Standardabweichung der Residuen
S	soufre	S	Schwefel
Se	sélénium	Se	Selen
SL	semaine de lactation	LWo	Laktationswoche
Su	sucres totaux	Zu	Gesamtzucker
tot	total	tot	total
UGB	unité gros bétail	GVE	Grossvieheinheit
UI	unités internationales	IE	Internationale Einheiten
Zn	zinc	Zn	Zink
Δ	différence	Δ	Differenz
	Publications d'institutions suisses ou dans lesquelles des institutions suisses étaient impliquées		Publikationen von Institutionen aus der Schweiz bzw. an denen Institutionen aus der Schweiz beteiligt waren



Version: Octobre 2017
Éditeur: Agroscope
Rédaction: H.-D. Hess
Copyright: Agroscope
Svp reproduire le contenu avec référence

2. Nutrition énergétique

Roger Daccord

Table des matières

2.	Nutrition énergétique	2
2.1.	Pertes énergétiques	2
2.2.	Nature des sources énergétiques	3
2.3.	Rendement marginal chez la vache laitière	3
2.4.	Conclusions	4
2.5.	Bibliographie	5



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

2. Nutrition énergétique

«The fire of the life», le feu de la vie. Cette belle formule que le bio-énergéticien Kleiber (1961) emploie pour parler de l'énergie démontre le caractère essentiel de celle-ci. Cette importance vitale lui donne une valeur stratégique. Son utilisation efficace devient un objectif prioritaire. Également dans l'agriculture.

La rentabilité de la production animale est largement déterminée par la qualité de ses produits et le rendement de transformation des animaux. Parce que l'énergie représente 60 à 80 % du coût alimentaire, l'aptitude des animaux à la transformer en produits commercialisables est un déterminant économique important. Celui-ci est bien connu avec les monogastriques; il ne l'est pas encore assez avec les ruminants. Pour définir cette aptitude de transformation et l'optimiser, il est nécessaire de connaître les flux d'énergie qui entrent dans l'animal et qui en sortent sous forme de produits et de pertes.

2.1. Pertes énergétiques

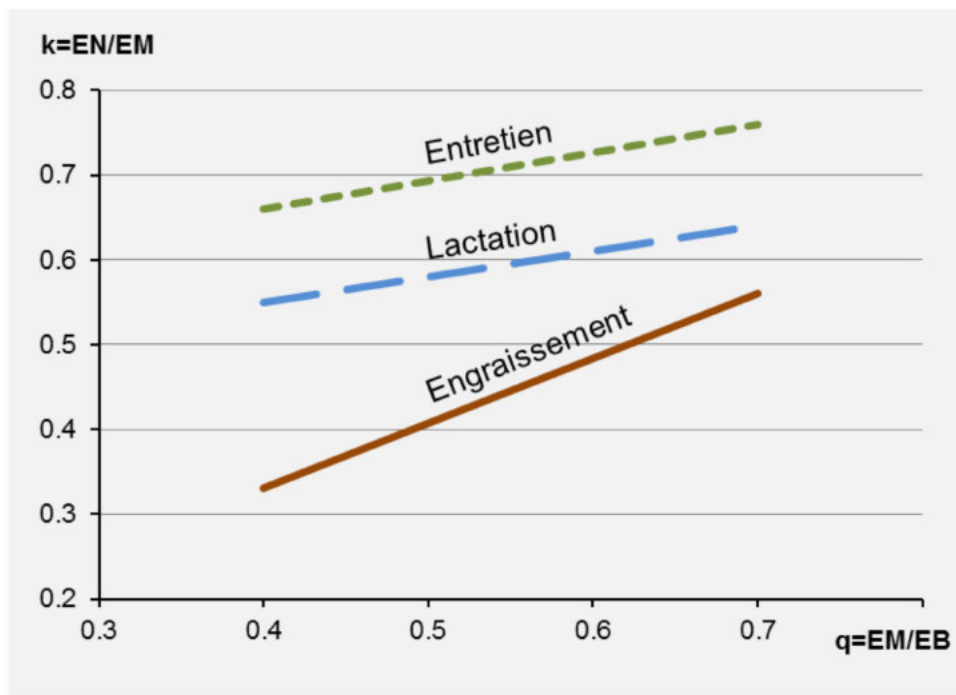
Les pertes fécales constituent le principal facteur de variation de la valeur énergétique chez toutes les espèces animales. Chez le ruminant, elles représentent 20 à 60 % de l'énergie brute ingérée (EB), ce qui équivaut à une digestibilité de l'énergie (dEB) variant de 80 à 40 %. Une relation étroite existe entre la dEB et la digestibilité de la matière organique (dMO; Vermorel 1980, Vermorel et al. 1987). Ce fait permet d'utiliser la dMO comme donnée principale pour estimer la valeur énergétique. La précision de cette estimation dépend ainsi fortement de la précision avec laquelle la dMO est prédite.

La principale source de variation de la dMO des fourrages est leurs teneurs en paille et la digestibilité de celles-ci. L'animal est aussi un facteur de variation, en particulier l'espèce, l'âge et l'individu. On a pu mettre en évidence une efficacité digestive supérieure chez certains moutons au cours de nombreux essais de digestibilité (Daccord et Schneeberger 1986). Les mêmes observations ont été faites avec des chèvres (Goumaz 1992). Il serait intéressant de connaître les causes de cette supériorité et d'étudier si elle peut être sélectionnée.

Au cours de la digestion microbienne des aliments, 5 à 10 % de l'EB sont perdus sous forme de méthane. Ces pertes sont proportionnelles à l'activité microbienne. Elles diminuent lorsque le niveau alimentaire augmente. L'excrétion de substances azotées dans l'urine, en particulier l'urée, représente une autre perte, correspondant en moyenne à 5 % de l'EB. Elle augmente avec la teneur en matière azotée des aliments.

L'ensemble de ces pertes détermine en grande partie la teneur en énergie métabolisable (EM) et ainsi le rapport EM/EB qui exprime la concentration en EM de l'aliment et aussi le rendement d'utilisation de l'EB ou métabolisabilité (q). Une partie de l'EM couvre les dépenses d'entretien et de production de l'animal: c'est l'énergie nette (EN). L'autre partie est perdue sous forme de chaleur produite au cours de l'ingestion, de la digestion et de l'utilisation des produits finaux de la digestion, comme les acides gras volatils, les acides aminés et les acides gras longs. Cette perte dépend de la nature et des proportions de ces produits finaux. Elle varie également selon les fonctions d'entretien et de production. Cette perte détermine le rapport EN/EM, qui définit le rendement d'utilisation de l'EM (k).

L'efficacité de transformation de l'énergie alimentaire en produits commercialisables est donc fortement influencée par les pertes fécales ou la dEB et par les pertes sous forme de chaleur. La dEB peut être contrôlée par la production de fourrages d'une qualité précise, complétés ou non avec des aliments concentrés en énergie. Il ne s'agit pas de maximiser la dEB, mais d'utiliser des rations, et surtout des fourrages, dont la dEB est adéquate aux besoins de l'animal. Les pertes de chaleur dépendent de la fonction physiologique lactation ou engraissement et de la métabolisabilité q (fig. 2.1). Avec une ration ayant une valeur q moyenne de 0.57, le rendement d'utilisation de l'EM (k) est de 0.60 pour la production laitière et de 0.45 pour la production de viande. Comme la proportion dans l'EM des pertes de chaleur est égale à 1-k, la part de ces pertes est de 40 % dans la production laitière et de 55 % dans l'engraissement. Ces différences d'efficacité devraient être compensées par des coûts alimentaires différents.

Figure 2.1. Relations entre la métabolisabilité de la ration (q) et le rendement de l'énergie métabolisable (k)

2.2. Nature des sources énergétiques

Englobant toute la matière organique d'un aliment, les apports en énergie ne différencient pas les effets spécifiques des différentes sources énergétiques. Un mégajoule de NEL sous forme d'orge, de maïs, de betteraves, d'issues de meunerie ou de graisse n'a pas les mêmes effets sur les fermentations de la panse et sur les métabolismes intermédiaires. Pour des animaux qui ont des besoins énergétiques élevés, comme la vache laitière à haute production, la nature des sources énergétiques est un facteur à prendre en compte dans l'optimisation des rations (Journet 1988).

Toutes nos céréales ont une dégradabilité de l'amidon égale ou supérieure à 90 %, excepté le maïs dont la dégradabilité est de 70 % (CVB 1991). Une partie de l'amidon de cette céréale a des chances d'être absorbée dans l'intestin grêle sous forme de glucose. Cet apport peut être le bienvenu lorsque les besoins en glucose de la mamelle ou de l'utérus gravide de la brebis et de la chèvre sont élevés. Le remplacement partiel des céréales par des betteraves ou des issues de meunerie modifie les fermentations microbiennes, pouvant causer une augmentation de la consommation.

La femelle laitière a des besoins en acides gras qui sont encore difficiles à évaluer (Doreau et al. 1987). Lorsque sa production est élevée, elle risque de manquer d'acides gras longs avec des rations pauvres en matière grasse. Un apport spécifique d'acides gras peut être alors bénéfique. A cause des nombreuses interactions digestives et métaboliques qu'un apport lipidique supplémentaire provoque et dont le bilan est souvent négatif, la graisse ne devrait pas être utilisée comme source non spécifique d'énergie.

On pourrait imaginer des systèmes précisant la valeur amidon ou la valeur lipidique des aliments, comparables au système des PAI. Mais avant de donner aux aliments des valeurs plus précises, il y a encore beaucoup de facteurs à optimiser, en particulier la consommation, le mode et la fréquence de distribution des fourrages et des aliments concentrés.

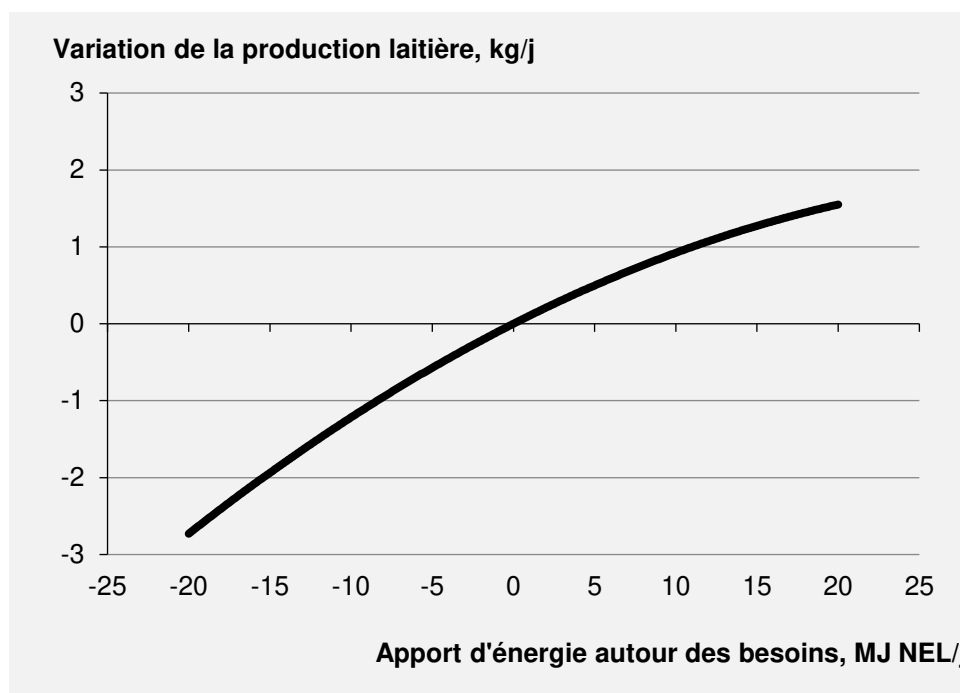
2.3. Rendement marginal chez la vache laitière

Le besoin énergétique par kg de lait ayant 4 % de matière grasse est de 3.14 MJ NEL, impliquant une production de 0.3 kg de lait pour un apport de 1 MJ NEL. En fait, la réponse de la vache en pleine lactation à la variation des apports d'énergie autour de ses besoins n'est pas linéaire (Faverdin et al. 1987). L'évolution de sa production suit la loi des rendements décroissants (fig. 2.2). En dessous des besoins stricts, une partie de l'énergie utilisée pour la production laitière provient de ses réserves corporelles. Au-dessus, une partie croissante de l'énergie est déposée dans l'organisme. La réponse de production à une variation d'apports ou rendement marginal peut prendre des valeurs nettement plus faibles

que la valeur standard de 0.3 kg/MJ NEL. Ce rendement marginal varie avec le stade de lactation, diminuant lorsque le cours de celle-ci progresse. Il dépend aussi de la durée de la sous- ou suralimentation et du potentiel des vaches. Les vaches à haut potentiel ont une réponse de production plus élevée à un accroissement des apports énergétiques au-dessus des besoins. En cas de sous-alimentation de courte durée, elles diminuent moins leur production, grâce à leur aptitude à mobiliser leurs réserves corporelles encore tardivement au cours de la lactation.

La notion de rendement marginal est plus importante que sa valeur absolue, difficile à préciser. Ce concept est intéressant parce qu'il intègre les processus complexes régissant la partition de l'énergie pour la production laitière et la synthèse des réserves corporelles. Il intègre même les phénomènes de substitution entre les aliments concentrés et les fourrages lorsqu'il est exprimé en kg de lait par kg d'aliment concentré supplémentaire. Grâce au rendement marginal, une stratégie d'alimentation plus efficace peut être développée, privilégiant les facteurs qui entraînent des rendements élevés.

Figure 2.2. Effets d'une variation des apports énergétiques autour des besoins sur la production de la vache laitière (d'après Faverdin et al. 1987)



2.4. Conclusions

Le système d'évaluation énergétique basé sur l'énergie nette a de larges bases expérimentales, confirmées par de nombreux essais d'alimentation. La tendance vers une plus grande variation des intensités de production a révélé des incertitudes concernant le rendement d'utilisation de l'énergie métabolisable des fourrages de qualité médiocre (Vermorel et al. 1987). Parce que l'utilisation de ce type de fourrage reste limitée, un manque de précision de sa valeur nutritive n'a pas de conséquence importante sur le rationnement et son coût.

Une plus large conscience du rendement d'utilisation de l'énergie par nos ruminants devrait permettre une meilleure adéquation entre leur potentiel de production et les conditions du milieu.

Nos connaissances sont encore insuffisantes dans la manière optimale de satisfaire assez rapidement après le début de la lactation les besoins énergétiques des vaches à haute performance. Faisant de plus en plus partie de celles-ci, la primipare est au centre de ce problème. Ces lacunes s'élargissent lorsque la couverture des besoins azotés doit être optimisée parallèlement aux besoins énergétiques. Des connaissances plus précises permettraient de mieux définir les exigences de la vache à haute performance et ses limites d'utilisation économique, si le coût de l'unité d'énergie des fourrages et des aliments concentrés était connu. Sur ces mêmes bases, des méthodes pourraient être développées, qui seraient en mesure de définir le degré de normalité physiologique des vaches plus précisément que les méthodes actuelles, souvent indigentes.

2.5. Bibliographie

CVB, 1991. Veevoedertabel, Centraal Veevoederbureau, Lelystad.

❖ Daccord R. et Schneeberger H., 1986. Variability and repeatability of digestibility evaluated on sheep. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 56, 35-41.

Doreau M., Chilliard Y., Bauchart D. et Morand-Fehr P., 1987. Besoins en lipides des ruminants. Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA 70, 91-97.

Faverdin Ph., Hoden A. et Coulon J.B., 1987. Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA 70, 133--152.

❖ Goumaz Ch., 1992. Variabilité de l'efficacité d'utilisation des principaux nutriments chez la chèvre. Travail de diplôme, ESIA, Zollikofen.

Journet M., 1988. Optimisation des rations. Dans: Alimentation des bovins, ovins et caprins. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 121-133.

Kleiber M., 1961. The fire of life, an introduction to animal energetics. J. Wiley & Sons, New York-London. 454 p.

Vermorel M., 1980. Energie. Dans: Alimentation des ruminants. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 47-88.

Vermorel M., Coulon J.B. et Journet M., 1987. Révision du système des unités fourragères (UF). Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA 70, 9-18.

Version: Octobre 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: R. Daccord

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence

3. Système d'évaluation des apports et des besoins azotés

Roger Daccord

Table des matières

3.	Système d'évaluation des apports et des besoins azotés	2
3.1.	Estimation des protéines d'origine microbienne	2
3.1.1.	Synthèse microbienne à partir de l'énergie disponible dans la panse	2
3.1.2.	Synthèse microbienne à partir de la matière azotée disponible dans la panse	4
3.2.	Estimation des protéines d'origine alimentaire	4
3.3.	Estimation des PAI	6
3.4.	Equilibres entre les apports azotés et énergétiques dans la ration	6
3.5.	Equilibres entre les apports azotés et énergétiques dans la panse	6
3.6.	Besoins en PAI	7
3.7.	Besoins en acides aminés	8
3.8.	Conclusions	9
3.9.	Bibliographie	9



3. Système d'évaluation des apports et des besoins azotés

L'introduction en 1984 d'un nouveau système d'évaluation des apports et des besoins azotés (Landis 1984), basé sur les protéines absorbables dans l'intestin (PAI), a permis de raisonner la nutrition azotée des ruminants en étant beaucoup plus proche de leur métabolisme azoté. Les praticiens ont rapidement adopté ce système plus élaboré. En effet, il permettait de calculer des rations, en particulier pour les vaches à haute production, qui correspondaient souvent mieux à leurs expériences que les rations calculées avec le système utilisant la matière azotée digestible.

Les systèmes basés sur les protéines utilisables dans l'intestin, développés en France (PDI, 1978), en Grande-Bretagne (UDP/RDP, 1980; MP, 1993), en Suisse (PAI, 1984), en Scandinavie (AAT/PBV, 1985), aux Etats-Unis (AP, 1985), en Allemagne (RPD, 1986) et aux Pays-Bas (DVE, 1991), ont permis de faire des progrès dans l'alimentation azotée des ruminants. L'importance de ces progrès est à la mesure du degré d'adoption de ces systèmes par la pratique. Il varie beaucoup d'un pays à l'autre. Ayant les mêmes structures de base, ces systèmes ont une caractéristique commune fondamentale qui est de lier le métabolisme azoté au métabolisme énergétique. Leur faiblesse est de fonctionner avec un nombre restreint de paramètres qui sont la plupart constants. Souvent critiqué, surtout par ceux qui ont travaillé sur des modèles dynamiques complexes, ce défaut a l'avantage de rendre ces systèmes utilisables par la pratique.

Issu du système des PDI, le système des PAI en a la structure solide qui demeure valable. Celle-ci a d'ailleurs été adoptée par les systèmes récemment développés. Cependant, il utilise certains paramètres qui doivent être modifiés pour intégrer les nouvelles connaissances sur le métabolisme azoté. Ces modifications correspondent dans leur nature à celles apportées au système français (Vérité et al. 1987). L'estimation des PAI d'origine microbienne (PAIM) est basée maintenant sur la matière organique fermentescible dans la panse. L'estimation des PAI d'origine alimentaire (PAIA) utilise la dégradabilité de la matière azotée des aliments, fondée à présent sur la méthode des sachets en nylon.

3.1. Estimation des protéines d'origine microbienne

3.1.1. Synthèse microbienne à partir de l'énergie disponible dans la panse

La synthèse microbienne est fortement dépendante de la quantité d'énergie disponible dans la panse. L'estimation de cette dernière est basée sur la teneur des aliments en matière organique fermentescible (MOF). Cette valeur correspond à la teneur en matière organique digestible (MOD), diminuée des constituants des aliments dont l'énergie n'est pas utilisable par les microorganismes de la panse. Elle est définie ainsi:

$$\text{MOF} = \text{MOD} - \text{MA} \cdot (1 - \text{deMA}/100) - \text{MG} - \text{AM} \cdot (1 - \text{deAM}/100) - \text{PF}$$

où:

MOF = matière organique fermentescible, g/kg de MS

MOD = matière organique digestible, g/kg de MS

MA = matière azotée, g/kg de MS

deMA = dégradabilité de la matière azotée, %

MG = matière grasse, g/kg de MS

si MG < 10 g → MG = 0 g
si MG ≥ 10 et < 50g → MG = 35 g
si MG ≥ 50g → MG = teneur effective

AM = amidon, g/kg de MS: à prendre en compte seulement avec des aliments riches en amidon, dont la dégradabilité est ≤ 85 % (voir les remarques des tables de la valeur nutritive des aliments simples, chap. 14)

deAM = dégradabilité de l'amidon, %

PF = produits de fermentation des ensilages, g/kg de MS. Ils sont constitués par l'acide lactique, les acides gras volatils (acide acétique, acide propionique et acide butyrique) et les alcools; si la valeur des PF n'est pas connue:

PF = 100 g pour les ensilages d'herbe ayant une teneur en MS de 35 %

PF = 75 g pour l'ensilage de maïs ayant une teneur en MS de 30 % pour ces deux types d'ensilages, des corrections sont faites pour des teneurs différentes en MS (voir chap. 15)

PF = 95 g pour l'ensilage de pulpes de betteraves

PF = 50 g pour les ensilages de maïs grain, d'épis de maïs et de drêches de brasserie.

La teneur en MOF dépend grandement de la teneur en MOD. La précision de l'évaluation de cette dernière est donc importante. L'influence des paramètres corrigeant la MOD, autres que la matière azotée non dégradable, est faible pour la plupart des aliments. La majorité des aliments a une teneur en matière grasse inférieure à 50 g par kg de MS. Pour ceux-ci, une valeur moyenne de 35 g est utilisée. La matière grasse n'est pas prise en compte avec les aliments dont les teneurs sont faibles (<10 g) ou nulles, comme les amidons, la pomme de terre et ses sous-produits, les pulpes de betteraves, la mélasse. Des valeurs supérieures à 50 g se rencontrent principalement avec les graines oléoprotéagineuses, les tourteaux extraits par pression, les sous-produits du riz et lors d'une addition de graisse. Les aliments riches en amidon dont la dégradabilité est réduite ($\leq 85\%$) sont essentiellement le maïs, le sorgho, la pomme de terre, le riz et leurs sous-produits respectifs. A ne considérer qu'avec les ensilages, les produits de fermentation sont difficilement modulables selon des critères simples, qui ne découlent pas d'une analyse chimique. Des valeurs sont proposées au cas où la dépense relativement lourde pour une analyse n'a pas été faite. Elles sont corrigées lorsque les teneurs en MS des ensilages d'herbe et de maïs s'écartent des valeurs standard.

L'analyse d'un grand nombre de bilans azotés a permis d'estimer l'efficacité de la synthèse microbienne à 145 g de protéines par kg de MOF (Vérité et al. 1987). Grâce aux différentes corrections faites à la MOF selon l'aliment considéré, il est possible de tenir compte de la variation de la synthèse microbienne. Ramenée au kg de MOD, celle-ci est en moyenne de 135 g lors de la fermentation de l'herbe, du foin et des céréales à amidon facilement dégradables, de 115 g avec les ensilages d'herbe et de maïs plante entière, de 105 à 115 g avec les tourteaux, de 95 g avec le maïs et le sorgho et de 40 g avec la farine de poisson. Mais l'efficacité microbienne varie aussi selon les conditions régnant dans la panse. La nature de la MOF, comme ses teneurs en parois et en amidon et leur cinétique de dégradation respective, ainsi que les interactions entre les composants de la ration représentent une importante source de fluctuation. Prendre en compte ces paramètres n'est pas possible dans le système statique actuel.

La fraction azotée microbienne contient en moyenne 0.80 g d'acides aminés par g, dont la digestibilité dans l'intestin est de 80 %. Ces valeurs ont de faibles variations expérimentales, ce qui permet de les considérer comme des valeurs constantes.

Les protéines microbiennes absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de l'énergie disponible dans la panse (PAIM), sont estimées d'après la formule suivante:

$$\begin{aligned} \text{PAIM} &= 0.145 \cdot \text{MOF} \cdot \text{AAM} \cdot \text{dAAM} \\ \text{PAIM} &= 0.145 \cdot \text{MOF} \cdot 0.80 \cdot 80/100 \\ \text{PAIM} &= 0.093 \cdot \text{MOF} \end{aligned}$$

où:

PAIM	=	protéines absorbables dans l'intestin d'origine microbienne, g/kg de MS
AAM	=	teneur en acides aminés de la fraction azotée microbienne, g/g
dAAM	=	digestibilité des acides aminés d'origine microbienne, %.

Les PAIM sont identiques aux PDIME (protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, synthétisées à partir de l'énergie fermentescible) du système français des PDI et semblables aux DVME (darm verteerbaar microbiëel eiwit) du système hollandais.

La quantité moyenne de PAIM synthétisée à partir de la MOF n'est effective que si l'apport en matière azotée dégradable est suffisant pour couvrir les besoins des microorganismes. Ces besoins sont couverts lorsque la ration contient au minimum:

- 20 g MA/MJ NEL pour les femelles en lactation (vache, brebis, chèvre),
pour les jeunes animaux d'élevage,
- 18 g MA/MJ NEL pour les femelles tarées,
pour les autres animaux (taureau, bélier, bouc au repos),
- 19 g MA/MJ NEV pour les animaux à l'engrais.

3.1.2. Synthèse microbienne à partir de la matière azotée disponible dans la panse

Le 2^e facteur important régissant la synthèse microbienne est la matière azotée disponible ou dégradée dans la panse. Les protéines microbiennes absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de la matière azotée dégradée (PAIMN), sont estimées selon la formule suivante:

$$\begin{aligned} \text{PAIMN} &= \text{MA} \cdot (1 - 1.11 \cdot [1 - \text{deMA} / 100]) \cdot 0.9 \cdot \text{AAM} \cdot \text{dAAM} \\ &= \text{MA} \cdot (\text{deMA} / 100 - 0.10) \cdot 0.64 \end{aligned}$$

où:

PAIMN =	protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de la matière azotée dégradée, g/kg de MS
deMA =	dégradabilité de la matière azotée de l'aliment, %
0.9 =	valeur pour la captation de la matière azotée dégradée
AAM =	teneurs en acides aminés de la fraction azotée microbienne, g/g
dAAA =	digestibilité des acides aminés d'origine microbienne, %

Les PAIMN sont identiques aux PDIMN du système français des PDI.

3.2. Estimation des protéines d'origine alimentaire

La quantité de protéines alimentaires non dégradées dans la panse dépend fortement de la dégradabilité de leur matière azotée. La dégradabilité correspond à la proportion de matière azotée qui peut être transformée dans la panse en peptides, en acides aminés ou en ammoniac. Elle est influencée d'une part par les caractéristiques de l'aliment, en particulier la nature de ses protéines et leur accessibilité aux enzymes microbiens. Elle peut donc être modifiée par des processus physiques, thermiques, chimiques ou microbiens contrôlés ou involontaires, comme lors du broyage, de la déshydratation, de l'extrusion, de l'extraction des huiles, de la fénaison ou de l'ensilage. D'autre part, la dégradabilité varie aussi selon l'intensité de l'activité microbienne et le temps de séjour de l'aliment dans la panse, conditionnés par les caractéristiques de la ration, telles que sa structure, son niveau d'ingestion et la proportion d'aliments concentrés. La dégradabilité est ainsi une valeur potentielle, ajustée à la réalité seulement si les conditions de production et d'utilisation de l'aliment correspondent à celles qui existaient lors de la mesure de sa dégradabilité.

La méthode de base pour mesurer la dégradabilité de la matière azotée est la méthode *in vivo*, déterminant le flux de matière azotée au niveau de l'intestin d'animaux fistulés. Elle est lourde à mettre en œuvre et peut être affectée par de nombreuses sources d'erreurs. C'est la méthode de référence, indispensable pour calibrer des méthodes plus simples, comme la mesure *in vitro* de la fermentescibilité et le test de solubilité dans la salive artificielle sur lesquels s'appuyait le système des PAI. Désormais, celui-ci se fonde sur la méthode des sachets (méthode *in sacco*), incubés dans la panse d'animaux fistulés. Cette méthode est largement utilisée et acceptée comme la méthode fournissant des résultats proches de ceux obtenus par des mesures *in vivo*.

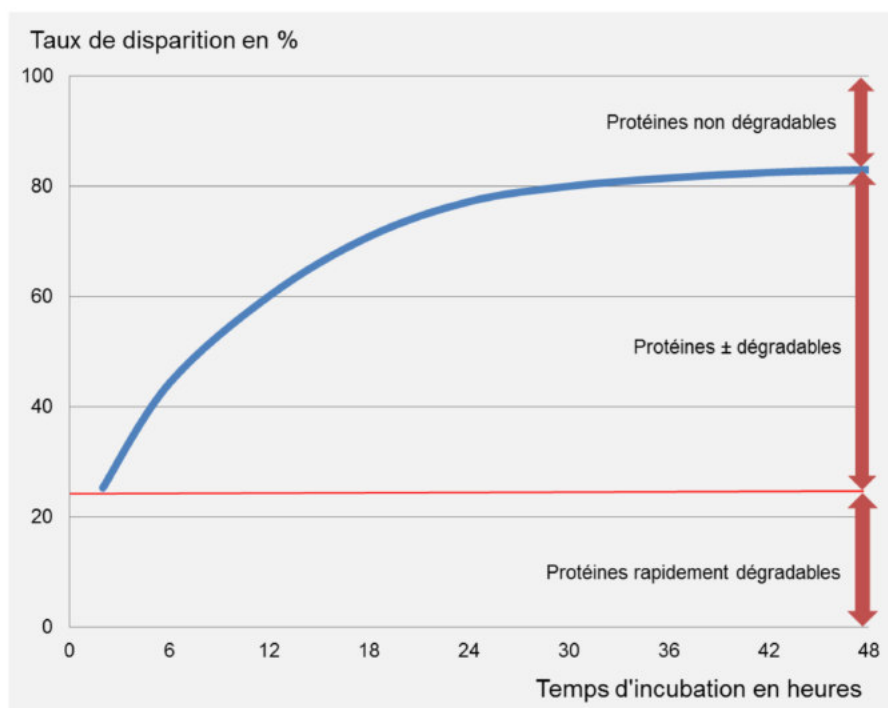
La méthode des sachets permet de décrire la cinétique de dégradation de la matière azotée qui est une caractéristique intéressante de l'aliment. Lorsqu'elle est combinée avec un taux de sortie des particules alimentaires hors de la panse fixé à 6% par heure, il est possible de calculer la dégradabilité. Si celle-ci est ajustée à un modèle exponentiel, la cinétique permet de distinguer 3 fractions azotées (fig. 3.1):

- une fraction instantanément dégradée, essentiellement par solubilisation,
- une fraction insoluble, mais potentiellement dégradable,
- une fraction non dégradable.

La méthode des sachets ne donne pas d'information sur le degré d'utilisation ou la digestibilité de la fraction non dégradable. Lorsque cette fraction est importante dans un aliment ayant subi un traitement thermique, le risque existe de surestimer sa valeur azotée. En effet, la valeur standard utilisée pour caractériser la digestibilité des acides aminés dans l'intestin est probablement trop élevée. La méthode des sachets est également lourde à mettre en œuvre: une valeur de dégradabilité implique l'incubation dans la panse d'animaux fistulés d'environ 75 sachets et de leurs analyses. Ainsi, cette méthode ne peut pas être utilisée pour analyser des grandes séries d'échantillons; elle est surtout utile pour préciser des valeurs de référence ou pour développer des méthodes de laboratoire plus simples, comme la méthode mesurant la

dégradabilité enzymatique, Malheureusement, la méthode des sachets n'est pas encore vraiment standardisée, ce qui rend difficile des comparaisons entre institutions.

Figure 3.1. Cinétique de dégradation de la matière azotée selon la méthode in sacco



La dégradabilité de la matière azotée des aliments est très variable. Dans la classe des fourrages, les légumineuses ont globalement une dégradabilité plus élevée que les graminées. En moyenne, la dégradabilité varie avec la teneur en matière azotée de l'herbe, reflétant en partie des modifications dues à l'âge des plantes. L'accessibilité de la matière azotée aux enzymes microbiens dans la panse est en effet dépendante des structures des parois végétales qui évoluent avec l'âge. La conservation par ensilage cause une augmentation de la dégradabilité de 5 à 15 %, suivant la teneur en matière azotée et la qualité de la conservation. Moins étudiés, les effets de la fenaïson font diminuer la dégradabilité de l'herbe correspondante d'environ 5 à 10 %.

La dégradabilité moyenne de la matière azotée des principaux fourrages et aliments simples est donnée dans les tables de leur valeur nutritive (chap. 13 et 14). Son estimation par une méthode de laboratoire comme l'analyse enzymatique n'est rationnelle que dans l'hypothèse de processus de production ou de conservation qui s'écartent de manière importante des conditions normales.

La digestibilité des protéines alimentaires varie de manière importante (de 20 à 95 %), mais elle est difficile à estimer. Actuellement, des données suffisamment précises permettent de la moduler suivant le type d'aliment (CVB 1991; Vérité et al. 1987). Des méthodes manquent encore pour estimer rapidement les effets de technologies qui maltraitent les protéines.

Les protéines alimentaires absorbables dans l'intestin (PAIA) peuvent être estimées selon la formule suivante:

$$PAIA = MA \cdot (1.11 \cdot [1 - deMA / 100]) \cdot dAAA / 100$$

où:

MA = matière azotée, g/kg de MS

deMA = dégradabilité de la matière azotée, %

La surestimation par la méthode in sacco de la dégradabilité in vivo est corrigée par le facteur 1.11; logiquement, cette correction devrait se retrouver dans l'estimation de la MOF; pour des raisons historiques, elle n'a pas été prise en compte; pour des raisons d'harmonisation avec les systèmes français et hollandais, cette correction n'est pas faite dans l'estimation de la MOF; son influence est faible sur la teneur en PAIM.

dAAA = digestibilité des acides aminés d'origine alimentaire, %.

Les PAIA sont identiques aux PDIA (protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire) du système français et aux DVBE (darm verteerbaar bestendig eiwit) du système hollandais.

3.3. Estimation des PAI

Les PAI sont constitués par les protéines microbiennes et les protéines alimentaires absorbables dans l'intestin. Chaque aliment a 2 teneurs en PAI, l'une PAIE découlant de la teneur en énergie disponible (PAIM + PAIA), l'autre PAIN résultant de la teneur en matière azotée dégradable (PAIMN + PAIA). Ces teneurs se calculent ainsi:

$$\begin{aligned} \text{PAIE} &= 0.093 \cdot \text{MOF} + \text{MA} \cdot (1.11 \cdot [1 - \text{deMA} / 100]) \cdot \text{dAAA} / 100 \\ \text{PAIN} &= \text{MA} \cdot (\text{deMA} / 100 - 0.10) \cdot 0.64 + \text{MA} \cdot (1.11 \cdot [1 - \text{deMA} / 100]) \cdot \text{dAAA} / 100 \end{aligned}$$

où:

PAIE	=	protéines absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de l'énergie disponible, g/kg de MS
MOF	=	matière organique fermentescible, g/kg de MS
MA	=	matière azotée, g/kg de MS
deMA	=	dégradabilité de la matière azotée, %
dAAA	=	digestibilité des acides aminés d'origine alimentaire, %
PAIN	=	protéines absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de la matière azotée dégradée g/kg de MS.

Les PAIE sont identiques aux PDIE et les PAIN aux PDIN du système français des PDI

3.4. Equilibres entre les apports azotés et énergétiques dans la ration

Pour satisfaire les besoins en PAI des ruminants, il est essentiel de couvrir d'abord les besoins azotés des microorganismes de la panse. Un déficit azoté prolongé freine l'activité microbienne, ce qui diminue les apports en PAIM, de même que les apports en énergie par une baisse de la consommation de fourrage. Cette carence azotée doit être évitée, surtout chez des animaux à forte production. Une première exigence à satisfaire est celle d'une concentration minimale de la ration en matière azotée par unité d'énergie, telle qu'elle a été définie précédemment (18-20 g MA/MJ NEL, 19 g MA/MJ NEV). Cette exigence fondamentale implique aussi que la ration soit équilibrée en minéraux et en vitamines. Si un déficit azoté prolongé doit être évité, il est aussi nécessaire de veiller à ce que les apports azotés ne soient pas excessifs durant de longues périodes. Ainsi, à une contrainte de concentration minimale s'en ajoute une de concentration maximale qui se situe à:

30 g MA/MJ NEL ou NEV

A cause des problèmes que peuvent causer des rejets azotés trop importants, cette exigence doit être contrôlée avec attention. Elle n'est pas toujours facile à satisfaire, en particulier lorsque du fourrage ayant des teneurs élevées en matière azotée est donné à des animaux qui ont de faibles besoins. Ces excès ne sont bénéfiques ni pour l'animal, ni pour son environnement.

3.5. Equilibres entre les apports azotés et énergétiques dans la panse

Les apports azotés et énergétiques peuvent être optimisés au niveau de la ration en comparant la valeur laitière ou la production de lait possible avec les apports en énergie, en PAI et en matière azotée. Il est également intéressant d'examiner ces équilibres au niveau de la panse. Dans ce but, il faut connaître les quantités de protéines que les microorganismes peuvent synthétiser à partir, soit de l'énergie fermentescible (PME), soit de la matière azotée dégradable des principaux aliments (PMN). Ces valeurs se laissent facilement dériver des formules utilisées pour calculer les PAIM et les PAIA:

$$\begin{aligned} \text{PME} &= 0.145 \cdot \text{MOF} \\ \text{PMN} &= \text{MA} \cdot (1 - [1.11 \cdot \{1 - \text{deMA} / 100\}]) \end{aligned}$$

où

PME = quantité de protéines microbiennes pouvant être synthétisées à partir de l'énergie fermentescible, g/kg de MS
PMN = quantité de protéines microbiennes pouvant être synthétisées à partir de la matière azotée dégradable, g/kg de MS

La synthèse de protéines microbiennes est optimale quand les valeurs de PME et PMN s'équilibrent dans la panse. Cette condition est réalisée, soit lorsque les aliments ont des valeurs semblables, soit lorsque la combinaison de leurs valeurs différentes est judicieuse.

Les céréales ont des valeurs PME plus élevées que les valeurs PMN. Le rapport PMN/PME est d'environ 0.8 pour le blé et l'orge et de 0.4 pour le maïs. Cette céréale est ainsi efficace pour compenser des apports excessifs de matière azotée dégradable. Si la valeur PMN du pois est modeste en comparaison à celle des tourteaux, sa valeur PME est proportionnellement élevée. Les tourteaux de soja et de colza et le gluten de maïs ont un rapport PMN/PME variant entre 3 et 4. A cause de ses fractions de matière azotée et d'amidon peu dégradables, le gluten a des valeurs PMN et PME plus faibles que celles des tourteaux. Le rapport s'élève à 6 avec les protéines fourragères et atteint 8 avec la farine de poisson. Proportionnellement aux PME, ce sont les protéines fourragères qui apportent le plus de PMN. Leur utilisation n'est rationnelle que pour compenser un important déficit en matière azotée dégradable.

Dans l'herbe et ses conserves, la valeur PMN diminue avec l'avancement du stade de végétation beaucoup plus rapidement que la valeur PME. Vers les stades 3 et 4 (moyen à mi-tardif), la valeur PMN de l'herbe devient inférieure à la valeur PME, annonçant une carence en matière azotée dégradable au niveau de la panse. Ce déficit intervient plus tardivement avec l'ensilage et plus tôt avec le foin.

Les valeurs PME et PMN sont intéressantes pour choisir efficacement les aliments concentrés en matière azotée et pour optimiser de manière fine l'équilibre des apports azotés et énergétiques dans le rationnement des animaux aux besoins élevés.

3.6. Besoins en PAI

Comme en 1984, les besoins en PAI pour les différentes espèces et les différents états physiologiques sont issus du système français des PDI. La plupart de ces valeurs sont basées sur des résultats d'essais d'alimentation, ce qui leur confère une solidité pratique souvent plus consistante que celle des valeurs obtenues par calculs factoriels. Les besoins dépendent de l'efficacité avec laquelle les apports de PAI équilibrent les pertes (entretien) ou les productions. Ce rendement d'utilisation est spécifique aux espèces et aux états physiologiques (tab. 3.1).

Tableau 3.1. Rendement d'utilisation et besoins en PAI

		Bovins	Caprins	Ovins
Rendement:	lactation	0.64	0.58	0.64
	gestation	0.60	0.42	
	croissance	0.40-0.68		
Besoins:	lactation, g/kg lait	50*	70-90	45*
	entretien, g/kg PV ^{0.75}	3.25	2.50	2.3

* lait standard: vache = 32 g protéines par kg
chèvre = 29 g protéines par kg

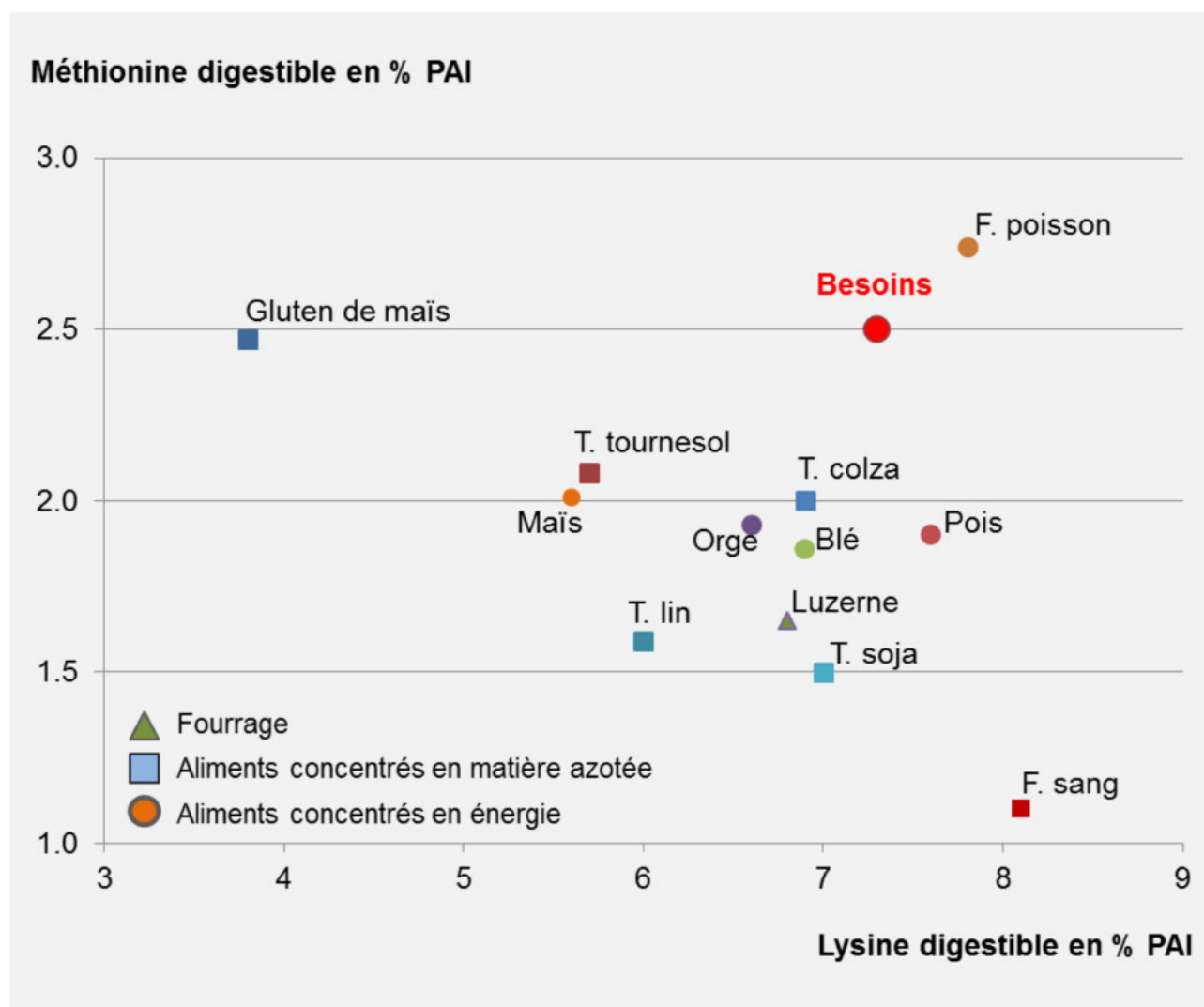
Les variations du rendement d'utilisation des PAI sont plus grandes que pour l'énergie. Les apports excédentaires de matière azotée sont presque toujours catabolisés, puisque les capacités de mise en réserves des protéines sont faibles. Chez les femelles laitières, la quantité de protéines facilement mobilisables est 8 à 10 fois moins élevée que les réserves de lipides (Chilliard et al. 1987). En situation de déficit, le ruminant peut réduire ses pertes azotées. Ces périodes de déficit ne devraient être que de courte durée. Les protéines mobilisées proviennent des muscles, mais aussi des viscères et des organes. Une mobilisation trop intense rend difficile la reconstitution des protéines corporelles. Souvent parallèles aux déficits énergétiques, les déficits azotés prolongés ont des conséquences négatives sur le taux protéique du lait, sur la reproduction et la santé des femelles laitières.

Comme pour l'énergie, les effets d'une augmentation des apports de PAI sur la production laitière ou sur la croissance suivent la loi des rendements décroissants.

3.7. Besoins en acides aminés

Les besoins en PAI correspondent aux besoins globaux en acides aminés du ruminant. Lorsque sa production est faible, les protéines microbiennes couvrent la majeure partie de ces besoins. Leurs teneurs en acides aminés indispensables sont adéquates pour la croissance et la production laitière. Lorsque celle-ci est élevée, des risques de déficit existent, en particulier avec des rations constituées par une forte proportion d'ensilage de maïs. Pour améliorer l'adéquation entre les besoins et les apports, le système français des PDI a été complété par un système permettant d'optimiser les apports en lysine et en méthionine (Rulquin et al. 1993 a). Encore en développement, ces calculs n'ont pas été intégrés dans le système des PAI. Sur la base des teneurs en lysine et en méthionine des aliments (Rulquin et al. 1993 b), en particulier des aliments concentrés en matière azotée, il est déjà possible de concevoir des formules utilisant des matières premières dont les teneurs en lysine et en méthionine sont proches des besoins (fig. 3.2).

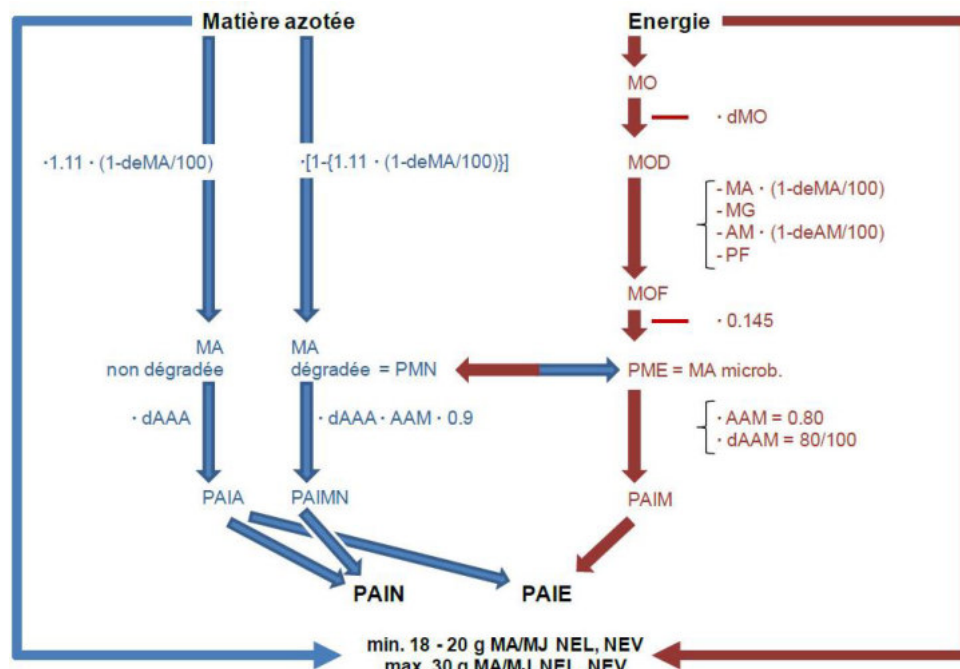
Figure 3.2. Teneurs en lysine et méthionine digestibles de quelques aliments (d'après Rulquin et al. 1993 b)



3.8. Conclusions

Les modifications apportées au système des PAI ne changent pas ses structures (fig. 3.3), Elles améliorent sa précision, à un moment où les protéines animales doivent être produites de manière plus efficace. Elles concernent principalement les teneurs en PAI des aliments. Révisées, ces teneurs sont certainement plus proches de la réalité de nos ruminants.

Figure 3.3. Structures du système révisé des PAI



Le système des PAI permet de préciser quand il y a carence en matière azotée ou en PAI, mais aussi quand il y a excès. L'optimisation des apports en relation avec les besoins n'est possible que si le rationnement est contrôlé fréquemment. Mais le suivi régulier de l'alimentation est économique seulement si la valeur nutritive des aliments et la consommation des animaux sont connues avec une précision suffisante.

3.9. Bibliographie

- Chilliard Y., Rémond B., Agabriel J., Robelin J. et Vérité R., 1987. Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 70, 117-131.
- CVB, 1991. Eiwitwaardering voor herkauwers: het DVE-Systeem. Centraal Veevoederbureau, Lelystad. Reeks nr. 7.
- Landis J., 1984. Système d'évaluation azotée des aliments pour les ruminants. Dans: Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour les ruminants. 2e édition. LmZ, Zollikofen. 14 - 19.
- Rulquin H., Guinard Jocelyne, Pisulewski P. et Vérité R., 1993a. Le système en lysine et méthionine digestible. Séminaire CAAA-AFTAA, Le Mans.
- Rulquin H., Guinard Jocelyne, Vérité R. et Delaby L., 1993b. Teneurs en Lysine (LysDI) et Méthionine (MetDI) digestibles des aliments pour ruminants. Séminaire CAAA-AFTAA, Le Mans.
- Vérité R., Michalet-Doreau Brigitte, Chapoutot P., Peyraud J.L. et Poncet C., 1987. Révision du système des Protéines Digestibles dans l'Intestin (P.D.I.). Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 70, 19 - 34.

Version: Octobre 2017

Éditeur: Agroscope,

Rédaction: R. Daccord

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence

4. Minéraux et vitamines

Patrick Schlegel, Jürg Kessler

Table des matières

4.1.	Minéraux	2
4.1.1.	Régulation physiologique	2
4.1.2.	Besoin minéral des microorganismes de la panse	2
4.1.3.	Besoins en macro-éléments	3
4.1.4.	Besoins en oligo-éléments	6
4.1.5.	Transfert minéral dans les produits	7
4.1.6.	Sources minérales supplémentées	7
4.1.7.	Indicateurs du statut nutritionnel.....	9
4.1.8.	Carences minérales cliniques.....	11
4.1.9.	Seuils de tolérance.....	12
4.2.	Vitamines	13
4.3.	Bibliographie	14
	Annexes	17



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

4.1. Minéraux

Les minéraux sont définis par les éléments restants après calcination de matériaux d'origine animale et végétale (cendres). En fonction de la teneur minérale corporelle, ils sont divisés en macro-éléments (plus de 50 mg/kg de poids vif) et en oligo-éléments (moins de 50 mg/kg). Leur répartition corporelle est inégale, car ~83 % se situe dans l'os, ~10 % dans le muscle et ~7 % dans le reste du corps. Une vache laitière pesant 650 kg contient ~22 kg de minéraux, dont 16 kg de calcium et de phosphore. Les minéraux remplissent des fonctions très variées. En particulier, ils sont constituants d'organes, de tissus et d'enzymes, ils participent à la régulation et au maintien de l'équilibre acido-basique des liquides corporels, comme le sang et la salive, et ils sont des activateurs d'enzymes et d'hormones. Les minéraux essentiels pour le ruminant, ayant une importance pratique, sont rapportés dans le tableau 4.1. Un élément minéral est considéré comme essentiel si son appauvrissement (déplétion) dans le corps provoque des troubles métaboliques qui ne peuvent être évités ou supprimés que par un apport complémentaire de cet élément.

Tableau 4.1 Minéraux essentiels qui ont une importance pratique dans l'alimentation du ruminant

Macro-éléments				Oligo-éléments			
Calcium	Ca	Sodium	Na	Cuivre	Cu	Molybdène	Mo
Phosphore	P	Chlore	Cl	Fer	Fe	Cobalt	Co
Magnésium	Mg	Soufre	S	Manganèse	Mn	Iode	I
Potassium	K			Zinc	Zn	Sélénium	Se

4.1.1. Régulation physiologique

L'animal peut tolérer des écarts entre la quantité minérale ingérée et celle nécessaire pour couvrir les besoins. En fonction de la grandeur de l'écart et de sa durée, des adaptations physiologiques s'opèrent progressivement, tel que la mobilisation / le stockage de réserves (principalement Ca, P et Zn du squelette; Cu, Mn et Se du foie), la modulation de l'absorption digestive active (Ca, P, Mg), l'adaptation de la réabsorption rénale (Ca, P, Mg, K, Na, Cl, I), des sécrétions intestinales (Cu, Mn, Zn, Se) et, pour certains, l'excrétion via le lait (Se et I). Cette capacité de régulation physiologique dépend de l'élément, la durée et de l'amplitude de l'écart. Lorsque la régulation physiologique ne permet plus de combler l'écart entre apport et besoin, les premiers symptômes physiologiques de carence ou de toxicité peuvent être détectés. Les symptômes de carence ou de toxicité cliniques (visuels) apparaissent lorsque ce type de situation est prolongé dans le temps.

4.1.2. Besoin minéral des microorganismes de la panse

Les minéraux sont essentiels aux microorganismes (bactéries, protozoaires, champignons) vivant dans la panse. L'apport alimentaire minéral doit donc non seulement couvrir le besoin de l'animal, mais aussi garantir un apport suffisant sous forme soluble (en milieu aqueux) pour couvrir le besoin des microorganismes de la panse. Pour certains éléments, tel que Co et S, l'activité optimale des microorganismes est le facteur limitant tandis que pour d'autres éléments, le besoin des microorganismes est en général couvert par celui de l'animal. A titre d'exemple, l'apport en Mg nécessaire pour obtenir développement optimal des microorganismes se situe vers 1.5 g/kg matière organique digestible (Durand et Komisarczuk, 1988) soit un apport d'environ 1.0 g/kg MS qui est largement couvert par l'apport recommandé à l'animal. Si l'apport en Mg supplémen-té est proportionnellement élevé, sa bonne solubilité en milieu aqueux doit être suffisante pour être à la fois disponible pour les microorganismes et pour être absorbable à travers la paroi de la panse. Le besoin en **phosphore** des microorganismes peut représenter plus du double du besoin d'entretien de l'animal. Pour le couvrir, le ruminant recycle, via la salive, une quantité importante de l'élément (équivalent à environ 7.5 g P/kg MS ingérée chez la vache laitière en lactation). Le P salivaire, sous forme de phosphate solubilisé, est rapidement disponible pour les microorganismes. Un apport en P insuffisant aux microorganismes de la panse affecte, en premier lieu, les bactéries cellulolytiques ce qui provoque une baisse de la dégradation des fibres alimentaires et entraîne une baisse de l'ingestion de l'animal. Avec des rations permettant une rumination adéquate, le besoin en P des microorganismes est susceptible d'être couvert par le recyclage salivaire du P. Toutefois, une carence en P des microorganismes peut être provoquée par des rations induisant des perturbations de la rumination (p. ex. acidose ruminale), malgré un apport alimentaire en P suffisant pour l'hôte. Ce type de ration (p. ex. rations à base d'ensilage de maïs plante entière) peut contenir une part importante du P alimentaire sous forme de phosphate, qui nécessite une bonne solubilité dans la panse (donc dans l'eau) pour apporter en premier lieu du P aux microorganismes.

Les microorganismes de la panse possèdent la particularité de pouvoir synthétiser des acides aminés à partir d'azote non protéique. Une présence insuffisante en **soufre** peut constituer un facteur limitant à ces synthèses. Le besoin en S des micro-organismes est estimé entre 2.5 et 3.1 g/kg matière organique digestible (Durand et Komisarczuk, 1988), ce qui représente un apport d'environ 2 g/kg MS. Lorsque l'apport protéique est en partie effectué à l'aide d'urée, l'apport en S est réduit. De ce fait, il faut ajouter 30 - 40 g S /kg d'urée supplémentée.

Les bactéries de la panse peuvent synthétiser la vitamine B₁₂ à partir du **cobalt** alimentaire. Sur le principe, cette synthèse est optimale avec un apport alimentaire de 0.10 à 0.15 mg Co /kg MS. Le Co favorise aussi l'attachement des bactéries cellulolytiques à leur substrat et la dégradation de ce dernier (Lopez-Guiza et Satter, 1992). Toutefois, l'apport de 0.30 mg Co /kg MS n'a pas amélioré la digestibilité de la cellulose, de la paroi cellulaire, ni de la lignocellulose comparé à 0.10 mg Co /kg MS (Kessler et Arrigo, 1996). Avec des rations pauvre en fibres, tel que celles riche en ensilage de maïs, l'apport en Co nécessaire pour obtenir une performance zootechnique et une teneur sanguine en vitamine B₁₂ maximale, est plus élevé pour se situer entre 0.15 - 0.20 mg Co /kg MS (Schwarz et al., 2000; Stangl et al., 2000).

4.1.3. Besoins en macro-éléments

Les besoins en macro-éléments (excepté S) sont estimés au moyen de la méthode factorielle qui consiste à additionner les flux sortants et retenus, pour chaque élément séparément. Les **besoins nets ou absorbés en macro-éléments** (tableau 4.2.) sont la somme des:

Besoins d'entretien = Pertes fécales endogènes et urinaires inévitables.
Les pertes via la sueur sont prises en compte pour K et Na.

Besoins de production = Croissance: éléments retenus lors de la croissance
= Gestation: éléments retenus par l'utérus et le fœtus
= Production laitière: éléments excrétés par le lait

Tableau 4.2. Besoin net d'entretien et de production en macro-éléments chez le bovin, ovine et caprine

			Ca	P	Mg	K ⁶⁾	Na ⁶⁾	Cl
Bovine								
Entretien ¹⁾	En lactation	[g/j]	0.90 * MSI	0.90 * MSI	0.22 * MSI	0.15 * PV	0.023 * PV	0.035 * PV
	En croissance	[g/j]	0.90 * MSI	0.90 * MSI	0.22 * MSI	0.10 * PV	0.015 * PV	0.023 * PV
	Hors lactation et croissance	[g/j]	0.85 * MSI	0.90 * MSI	0.22 * MSI	0.10 * PV	0.015 * PV	0.023 * PV
Croissance ²⁾	<200 kg PV	[g/kg GMQ]	15.0	7.5	0.40	1.60	1.40	1.00
	>200 kg PV; <500 kg PV _{Adulte}	[g/kg GMQ]	11.0	6.0	0.40	1.60	1.40	1.00
	>200 kg PV; >500 kg PV _{Adulte}	[g/kg GMQ]	12.0	6.7	0.40	1.60	1.40	1.00
Gestation ³⁾	8 à 3 semaines avant mise-bas	[g/j]	6.5	4.5	0.15	1.00	1.20	1.00
	dès 3 semaines avant mise-bas	[g/j]	9.0	5.2	0.30	1.00	1.20	1.00
Production laitière ⁴⁾		[g/kg lait/j]	1.22	1.00	0.10	1.55	0.40	1.15
Caprine								
Entretien ¹⁾	En lactation	[g/j]	0.90 * MSI	1.10 * MSI	0.25 * MSI	0.15 * PV	0.023 * PV	0.035 * PV
	En croissance	[g/j]	0.90 * MSI	1.10 * MSI	0.25 * MSI	0.10 * PV	0.015 * PV	0.023 * PV
	Hors lactation et croissance	[g/j]	0.85 * MSI	1.10 * MSI	0.25 * MSI	0.10 * PV	0.015 * PV	0.023 * PV
Croissance ²⁾	<50 kg PV	[g/kg GMQ]	9.5	5.5	0.40	2.00	1.20	1.00
	>50 kg PV	[g/kg GMQ]	7.5	4.5	0.40	2.00	1.20	1.00
Gestation ⁵⁾		[g/fœtus/j]	1.0	0.6	0.03	0.25	0.15	0.40
Production laitière ⁴⁾		[g/kg lait/j]	1.20	0.90	0.10	2.00	0.35	1.30
Ovine								
Entretien ¹⁾	En lactation	[g/j]	0.90 * MSI	1.10 * MSI	0.25 * MSI	0.15 * PV	0.023 * PV	0.035 * PV
	En croissance	[g/j]	0.90 * MSI	1.10 * MSI	0.25 * MSI	0.10 * PV	0.015 * PV	0.023 * PV
	Hors lactation et croissance	[g/j]	0.85 * MSI	1.10 * MSI	0.25 * MSI	0.10 * PV	0.015 * PV	0.023 * PV
Croissance ²⁾	<30 kg PV	[g/kg GMQ]	9.5	5.5	0.40	1.80	0.90	0.70
	>30 kg PV	[g/kg GMQ]	7.5	4.5	0.40	1.80	0.90	0.70
Gestation ⁵⁾		[g/fœtus/j]	0.7	0.4	0.03	0.25	0.15	0.40
Production laitière ⁴⁾		[g/kg lait/j]	1.90	1.50	0.18	1.30	0.45	1.15

Abbreviations: PV: poids vif; GMQ: Gain moyen quotidien; MSI: Matière sèche ingérée

¹⁾ Meschy, 2010; NRC, 2001; GfE, 2001

²⁾ AFRC, 1991

³⁾ House et Bell, 1993; Meschy, 2010

⁴⁾ Sieber, 2011

⁵⁾ Meschy, 2010

⁶⁾ Dès >30 °C, le besoin d'entretien en K et Na augmente de respectivement 0.004 et 0.005 g/kg PV /j par les pertes de transpiration (NRC, 2001)

Les besoins d'entretien en Ca et P sont exprimés en fonction de l'ingestion et ceux des électrolytes K et Na en fonction du poids de l'animal. Pour une harmonisation avec Ca et P, le besoin d'entretien en Mg, initialement basé sur le poids de l'animal, est adapté en fonction de l'ingestion, comme dans les recommandations allemandes (GfE, 2001). Les besoins d'entretien en Ca, K Na et Cl dépendent de l'intensité du métabolisme (croissance et lactation vs. entretien et gestation). Le besoin d'entretien en Mg, inclue dorénavant la perte en Mg urinaire inévitable (Meschy et Corrias, 2005) qui jusqu'à présent était considérée comme négligeable (NRC, 2001). Les pertes minérales dues à la transpiration peuvent être prises en considération pour K et Na. Certaines formules originales ont été simplifiées dans cet ouvrage.

Le **coefficient d'absorption** (Annexe 1) est nécessaire pour la détermination des **besoins bruts** dans le cadre de la méthode factorielle, c'est-à-dire la quantité d'éléments majeurs à apporter au ruminant.

Besoin brut = besoin net / coefficient d'absorption.

Coefficient d'absorption: Dans l'estimation du besoin par la méthode factorielle, l'influence du coefficient d'absorption défini est majeure. Le coefficient d'absorption de l'élément peut potentiellement varier en fonction de la source de l'élément, de l'influence d'autres éléments nutritifs, de l'espèce, de la race, du poids de l'animal ou encore du stade physiologique de l'animal. Dans cet ouvrage, les coefficients étaient jusqu'à présent fixés en fonction de l'espèce, du poids et du stade physiologique de l'animal. Ils étaient principalement fixés à l'aide de simulations avec des rations type et des coefficients par type de fourrage. A présent, les coefficients d'absorption sont déclinés par espèce et varient directement, si estimé nécessaire, en fonction de la composition de la ration.

Dans cet ouvrage, les recommandations suivantes sont émises pour les coefficients d'absorption (tableau 4.3.):

- **Calcium:** L'absorbabilité dépend de la composition de la ration. Il n'y a pas d'indications quantifiables permettant de distinguer le coefficient selon l'espèce animale (bovin, ovin, caprin), le poids ou le stade physiologique. L'absorption du Ca est peu sensible à l'antagonisme d'autres nutriments. Les coefficients les plus détaillés ont été adoptés par l'Institut National de Recherche Agronomique français (INRA, 2007) qui sont déclinés par aliment. Le Nutrient Research Council américain (NRC, 2001) propose des coefficients en fonction de groupes d'aliments (fourrage à 30 %, aliments complémentaires à 60 %, aliments minéraux à 70 %). Les recommandations allemandes (GfE, 2001), scandinaves (NorFor, 2001) et hollandaises (CVB, 2005) proposent un coefficient unique de respectivement 50, 50 et 68 %. A l'aide des coefficients d'absorption réels des composantes (Meschy et Corrias, 2005), le coefficient de rations types pour vaches laitières se situe entre 35 et 45 % en fonction du type de ration et de la part en aliment complémentaire (Annexe 2). Ainsi, Agroscope adopte plusieurs coefficients d'absorption de Ca chez le ruminant en fonction du type de ration. Chez le pré-ruminant, Agroscope adopte un seul coefficient d'absorption de Ca (Yuangklang et al., 2010) correspondant à une ration comprenant des produits laitiers et une part de fourrage.
- **Phosphore:** L'absorbabilité dépend de la composition de la ration. Il n'y a pas d'indications quantifiables permettant de distinguer le coefficient selon l'espèce animale (bovin, ovin, caprin), le poids ou le stade physiologique. L'absorption du P est peu sensible à l'antagonisme d'autres nutriments. Toutefois, un apport excessif en aluminium ou en Fe (Rosa et al. 1982) indique une possible dégradation de l'utilisation du P, sans pour autant être quantifiable. Le Ca peut seulement détériorer le coefficient du P si l'un des deux éléments ne couvre pas le besoin de l'animal. Les coefficients les plus détaillés ont été adoptés par l'Institut National de Recherche Agronomique français (INRA, 2007) qui sont déclinés par aliment. Le Nutrient Research Council (NRC, 2001) propose des coefficients en fonction de groupes d'aliments (fourrage à 64 %, aliments complémentaire à 70 %, aliments minéraux à 90 %). Les recommandations allemandes (GfE, 2001), scandinaves (NorFor, 2001) et hollandaises (CVB, 2005) proposent un coefficient unique de respectivement 70, 70 et 75 %. A l'aide des coefficients d'absorption réels des composantes (Meschy, 2002, Jongbloed et al., 2002, Annexe 3), le coefficient de rations types pour vaches laitières en lactation s'est révélé peu variable (selon les rations entre 70 et 78%, Annexe 4). Cette variabilité était moins importante que celle des coefficients de chaque composante (Meschy, 2002). Ainsi, Agroscope adopte un coefficient d'absorption du P unique pour respectivement, le pré-ruminant et le ruminant (Schlegel, 2012). Le coefficient d'absorption défini pour le pré-ruminant correspond à une ration comprenant en partie du fourrage (Yuangklang et al., 2010).

- **Rapport entre calcium et phosphore:** L'absorption et le métabolisme du P sont étroitement liés à ceux du Ca et de la vitamine D3. Une présence excessive d'ions Ca dans le tractus digestif par rapport à la présence d'ions P peut réduire l'absorbabilité du P par la formation de complexes phosphocalciques. A l'inverse, un apport insuffisant en Ca conduit à une mobilisation des réserves en Ca dans l'os. Cette mobilisation libère aussi du P osseux dans le flux sanguin qui est ensuite déversé, via la salive, dans la panse.
Le recyclage salivaire du P, quantitativement si important, induit un rapport Ca : P au niveau intestinal, plus du tout en relation avec celui de la ration. Par conséquent, le rapport Ca : P de la ration n'est pas important, lorsque les deux éléments couvrent les besoins de l'animal. Néanmoins, le choix d'un aliment minéral complémentaire en fonction de son rapport Ca : P n'est pas remis en cause.
- **Magnésium:** Le Mg est absorbé dans l'intestin du pré-ruminant et principalement à travers la paroi ruminale du ruminant. L'absorbabilité peut être influencé par de nombreuses raisons, mais les connaissances actuelles, permettent de quantifier deux facteurs d'influence: La capacité d'absorption en Mg des ovins est supérieure à celle des bovins et des caprins (Adediji et Suttle, 1999; Kessler, 2000a; Meschy et Corrias, 2005). Et la présence accrue de K alimentaire, réduit de manière linéaire l'absorption du Mg à travers la paroi ruminale. Cet antagonisme est plus prononcé chez le bovin et le caprin que chez l'ovin.
L'absorbabilité du Mg peut être influencé par d'autres facteurs qui ne sont, par contre, pas suffisamment quantifiés pour permettre leur adoption dans les recommandations d'apport: 1) Chez le bovin, l'influence négative du K alimentaire sur l'absorbabilité du Mg serait moins forte dans les rations à base d'herbage qu'à base d'ensilage de maïs. 2) L'absorbabilité du Mg pourrait être réduite par une ration moins structurée accélérant le transit. 3) Une ration riche en matière azotée rapidement soluble (ex. jeune herbage) augmente la concentration en l'azote ammoniacal ruminal et réduit l'absorption du Mg durant 2-3 jours avant de se rétablir (Gäbel et Martens, 1986). 4) Une carence en Na réduit l'absorbabilité du Mg. 5) Un apport fortement excessif en Ca (au moins 2 fois l'apport en Ca recommandé) réduit le statut en Mg (Kronqvist et al., 2011).
Ainsi, Agroscope adopte un coefficient d'absorption du Mg unique pour le pré-ruminant et une régression linéaire en fonction du K alimentaire chez les ruminants. Le coefficient d'absorption défini pour le pré-ruminant correspond à une ration comprenant en partie du fourrage (Yuangklang et al., 2010). Quatre régressions estimant le coefficient d'absorption apparent Mg en fonction du K alimentaire ont été proposées chez la vache laitière (Adediji et Suttle, 1999; Weiss, 2004; Schonewille et al., 2008). Le choix de la régression la plus appropriée a été effectué à l'aide de deux expériences sur vaches laitières menées par Agroscope. L'une (Kessler, 2000a) comparant l'absorbabilité apparente du Mg en fonction d'une ration à base de foin contenant soit 30 ou 40 g K /kg MS, l'autre (Schlegel et al., 2015) comparant le statut en Mg en fonction de l'apport alimentaire en Mg (2.0, 2.7 et 3.4 g Mg /kg MS) et le type de ration (ensilage herbe/maïs, regain ou pâture intégrale).
- **Potassium, sodium et chlore:** L'absorbabilité des électrolytes K, Na et Cl est très élevée. Celle du Na n'est pas détériorée par un apport croissant en K alimentaire élevé, tant que l'apport en Na est conforme aux recommandations d'apport (Kessler, 2000b).

Le besoin en S de l'animal se base sur celui de la flore microbienne ruminale. Le besoin brut en soufre est estimé à 2.0 g/kg MS chez le bovin et l'ovin. Chez le caprin, le besoin brut en S est estimé à 2.2 g/kg MS.

Les apports recommandés en macro-éléments sont indiqués dans les chapitres respectifs de chaque catégorie animale (veau d'élevage; génisse d'élevage; vache laitière; vache allaitante; veau à l'engrais; bovin à l'engrais; mouton; chèvre).

Tableau 4.3. Coefficient d'absorption [%] du Ca, P, Mg, K, Na et Cl

	Ca	P	Mg	K	Na	Cl
Bovin						
Pré-ruminant	70	80	40	90	90	90
Ruminant	35 - 45 ¹⁾	70	28 - 0.5*K [g/kg MS]	90	90	90
Caprin						
Pré-ruminant	70	80	40	90	90	90
Ruminant	35 - 45 ¹⁾	70	28 - 0.5*K [g/kg MS]	90	90	90
Ovin						
Pré-ruminant	70	80	70	90	90	90
Ruminant	35 - 45 ¹⁾	70	46 - 0.4*K [g/kg MS]	90	90	90

¹⁾ En fonction de la composition de la ration:

Part en aliments complémentaires	< 10%	10% - 25%	> 25%
Ration mixte de produits laitiers - fourrage	65%	65%	65%
Ration à base d'ensilage maïs (>40%)	42%	44%	46%
Ration à base d'ensilage maïs (<40%)	40%	42%	44%
Ration herbagère ²⁾	38%	39%	41%
Ration herbagère, 10% pulpes de betterave	35%	37%	39%

²⁾ Une forte présence de légumineuses (type L), les coefficients sont réduits de 5%

4.1.4. Besoins en oligo-éléments

Les besoins en oligo-éléments sont déclinés par la méthode empirique qui consiste à déterminer par un apport croissant de l'élément, la quantité nécessaire pour atteindre un niveau maximal (plateau) d'un paramètre répondant spécifiquement à son apport. Les teneurs osseuses et sanguines ou l'activité enzymatique sanguine sont les paramètres les plus usuels. L'approche factorielle a été utilisée dans la dernière révision américaine (NRC, 2001), mais le point sensible réside dans la définition du coefficient d'absorption. Ce dernier est basé sur peu de données et évolue en fonction de la teneur alimentaire de l'élément et du statut minéral de l'animal.

Par la présence carencée ou excessive d'un autre élément, la biodisponibilité de l'oligo-élément étudié peut être affectée. La **biodisponibilité** correspond au degré d'utilisation maximal d'un élément ingéré pouvant être utilisé par un animal sain pour une fonction biochimique ou physiologique ou pour les réserves. Elle comprend son absorbabilité et les possibles interactions minérales pouvant influencer l'absorption ou l'excrétion endogène de l'élément.

Comme les avantages potentiels de la méthode factorielle semblent pouvoir être mise difficilement à profit sous les conditions de production helvétiques, Agroscope maintient les recommandations d'apports en oligo-éléments sur la méthode empirique et les corrige en fonction des interactions minérales. Les interactions minérales sont toutefois peu quantifiées. Celles qui représentent un intérêt chez les ruminants sont décrites ci-dessous.

- **Interaction molybdène-soufre-cuivre:** Dans la panse, la présence de Mo et de S forme des thiomolybdates se liant au Cu présent. La présence accrue en thiomolybdates de Cu réduit progressivement l'absorbabilité du Cu (Suttle and Mc Lauchlan, 1976; Suttle, 1983, Annexe 5). Avec un apport alimentaire de 10 mg Cu /kg MS, un statut en Cu plasmatique marginal est atteint lorsque les teneurs alimentaires en Mo et S sont supérieures à respectivement 2.0 et 3.0 g/kg MS (Dias et al. 2013, Annexe 5). Un fourrage riche en Mo peut se trouver dans les endroits marécageux et tourbeux.
- **Interaction fer-cuivre et fer-zinc:** Lorsque le fourrage est fortement souillé par de la terre, la teneur en Fe augmente. Une teneur alimentaire en Fe élevée et solubilisée dans le tube digestif peut engendrer une diminution de l'absorbabilité du Cu et du Zn alimentaire, augmentant ainsi leurs besoins brut. Le Fe provenant de contaminations serait peu soluble tel quel, mais après fermentation (ensilage d'herbe) le Fe pourrait se trouver sous forme soluble (Hansen et Spears, 2009). La solubilisation de Fe provenant de la terre est donc plus probable dans les fourrages ensilés.
- **Interaction potassium-manganèse, soufre-manganèse et fer-manganèse:** L'excès de ces éléments pourrait perturber le métabolisme du Mn, probablement par une absorption réduite. L'absorbabilité du Mn étant très faible, ces antagonismes peuvent fortement influencer le besoin brut. Comme l'herbage suisse est souvent riche en K, les apports recommandés en Mn contiennent une marge de sécurité suffisamment élevée pour

couvrir ces possibles interactions, car ils sont 2 à 4 fois supérieurs à ceux estimés à l'aide de la méthode factorielle (NRC, 2001).

- **Interaction sélénium-vitamine E** : Le Se et la vitamine E sont complémentaires dans leurs rôles d'antioxydants pour assurer le maintien de l'intégrité des membranes cellulaires. Ils ne sont toutefois pas totalement substituables l'un à l'autre. En raison de cette étroite relation, leurs effets ne peuvent que rarement être dissociés dans la pratique.
- **Interaction soufre-sélénium**: Ces deux éléments sont très proches chimiquement. L'absorption peut s'abaisser dès que la teneur en S alimentaire excède 2.5 g/kg MS (Pope et al.1979), toutefois une influence négative sur le statut sélénique reste controversée.
- **Interaction iode-sélénium**: La transformation de l'hormone T₄ en T₃ dans la thyroïde est catalysée par l'action de désiodases qui sont sélénodépendantes. Ainsi, une carence en Se peut perturber cette transformation et peut engendrer un dysfonctionnement thyroïdien.
- **Interaction de substance goitrogènes-iodée**: La présence de substances goitrogènes dans la ration limite le transfert d'I à la glande thyroïdienne et aux glandes mammaires, mais augmente le taux sanguin et son excrétion urinaire (Franke et al., 2009a ; Franke et al., 2009b). Lorsque la ration est composée à part importante (20 % - 25 %) d'aliments contenant des glucosinolates (crucifères dont le chou moellier, les navets et le colza non-00), des glucosides cyanogéniques (graines de lin, trèfle blanc, millet) et des nitrates, il est recommandé d'augmenter l'apport en I alimentaire.

Les apports recommandés en oligo-éléments sont indiqués dans les chapitres respectifs de chaque catégorie animale (veau d'élevage; génisse d'élevage; vache laitière; vache allaitante; veau à l'engrais; bovin à l'engrais; mouton; chèvre). Il est à préciser que ces apports se rapportent à la ration complète et non aux quantités supplémentées. Ces recommandations d'apport sont largement en dessous des apports maximaux autorisés (législation Suisse et Européenne). En production Biologique, les apports recommandés peuvent se rapprocher fortement des complémentations autorisées par le label. Ceci est le cas, lorsque les teneurs naturelles de la ration sont faibles, comme pour le Co ou le Se, par exemple.

4.1.5. Transfert minéral dans les produits

Dans la majorité des cas, les teneurs minérales des produits (lait et viande) restent indépendantes de l'apport alimentaire de l'animal, à l'exception de certains organes, tel que le foie. L'exception à cette règle sont l'I, le Se et le Co. En fonction de leur apport alimentaire, leur teneur peut être modulée dans les produits et être adaptée en fonction du besoin en alimentation humaine. La teneur en I du lait est directement liée à la teneur en I de la ration. La teneur en Se du lait et de la viande peut être augmentée par la supplémentation de produits contenant de la sélénométhionine et/ou de la sélénocystéine.

4.1.6. Sources minérales supplémentées

Les critères de choix d'une source minérale supplémentée sont nombreux et sont, entre autres, les suivantes :

- Dispositions légales et teneurs indésirables (p. ex. métaux lourds)
- Caractéristiques physiques (granulométrie, pulvérulence, fluidité, risque de mottage, etc.) et chimiques (forme chimique, teneur minérale, pouvoir tampon du pH, etc.)
- Solubilité et cinétique de solubilité dans un pH neutre (eau) et acide.
- Efficacité sur l'animal
- Palatabilité (goût, arôme, texture)
- Prix par unité d'élément totale ou absorbable

Le coefficient d'absorption des macro-éléments de sources supplémentées figure dans le tableau 4.4. Celui des sources calciques varie fortement. Un apport classique de carbonate de Ca et de phosphate calcique résulte à un coefficient d'absorption moyen de 40 % pour le Ca. Le coefficient d'absorption du P est comparable entre les sources phosphatées et est en moyenne de 70 % comparable avec les autres composantes d'une ration. Le coefficient d'absorption du Mg des sources supplémentées varie également, mais est à relativiser. En effet, les rations expérimentales utilisées pour leur détermination étaient pauvres en K. Avec des rations riches en K, tels que rencontrées généralement en Suisse, les coefficients et les différences entre sources seraient ainsi fortement réduites.

Tableau 4.4. Coefficient d'absorption de macro-éléments de sources supplémentées chez le ruminant

Elément	Source	Coefficient d'absorption			
		Ca	P	Mg ¹⁾	Na, Cl
Ca	Carbonate de Ca	40			
Ca	Calcaire dolomitique	35			
Ca, P	Phosphate monocalcique	55	70		
Ca, P	Phosphate bicalcique	45	68		
P	Phosphate monosodique		75		
Mg	Sulfate de Mg			45	
Mg	Oxyde de Mg (<500 µm)			40	
Mg	Oxyde de Mg (>500 µm)			30	
Mg	Chlorure de Mg			40	
Ca, Mg	Dolomite	30		20	
Ca, P, Mg	Triple phosphate		70	45	
Na, Cl	Sel et autres				90
<i>Incertitude moyenne</i>		<i>±3</i>	<i>±4</i>	<i>±5</i>	

¹⁾ Rations exemptes de potassium excédentaire

Source: Revue de littérature par Jongbloed et al., 2002

Les sources d'oligo-éléments peuvent être groupées en deux catégories : Les sources sous forme inorganiques (oxyde, acétate, carbonate, chlorure ou sulfate) et les sources sous forme organique dans lesquelles l'élément est lié à un composé protéique (acide aminé, peptide ou protéine) ou spécialement dans le cas du Se, incorporé dans un acide aminé soufré en remplacement du S (sélénométhionine, sélénocystéine). La production de sources sous forme organique est ainsi nettement plus énergivore que celle des sources inorganiques. Historiquement, les premières sources sous forme organique étaient développées dans les années '70 pour proposer des acides aminés à effet by-pass ruminal (zinc méthionine) et seulement par la suite, ces sources ont été proposées pour améliorer la biodisponibilité de l'élément minéral en comparaison des sources inorganiques.

La biodisponibilité des sources inorganiques est dépendante, entre autre, de leur solubilité sous les différentes conditions gastro-intestinales. Les études comparant la biodisponibilité de sources inorganiques indiquent que la biodisponibilité du:

- Co: sulfate = carbonate > oxyde
- Cu: sulfate = carbonate > oxyde
- I: iodure de potassium = iodate de calcium
- Se: sélénite de sodium = sélénate de sodium
- Zn: sulfate = oxyde

De nombreuses études ont été menées sur les sources organiques, mais un nombre limité d'entre elles permet une comparaison directe de la biodisponibilité avec une source inorganique. Dans le cas des cations (Cu, Fe, Mn et Zn), la liaison organique permettrait une meilleure protection de l'élément des interactions antagonistes dans le tractus digestif. Ainsi, la source organique arriverait intacte au site d'absorption. Les résultats sont toutefois contradictoires et ne permettent pas de confirmer que, globalement, la biodisponibilité des sources organique est supérieure à celle des sources inorganiques. Cela dépend de l'élément, de l'espèce et des conditions. Une supériorité des formes organiques est plutôt observée dans des rations à forte présence de nutriments antagonistes, principalement avec le Cu (p. ex. Ward et al., 1996 ; Hansen et al., 2008). Sous conditions helvétiques, le remplacement du Cu, Mn, Zn et Se inorganique par des sources organiques n'a pas eu d'impact pertinent sur le statut minéral de vaches laitières (Kessler et de Faria, 1998). Le remplacement de la source de Zn inorganique par une forme organique a légèrement amélioré la teneur en Zn hépatique (Spears et al., 2004) et la qualité des onglons (Kessler et al., 2003) chez le taurillon à l'engrais. Tandis que le sélénite est absorbé par simple diffusion, les sources de Se organiques suivent les mécanismes d'absorption des acides aminés. Ainsi, la teneur en Se des tissus et du lait est supérieure lorsque le Se inorganique est remplacé par des sources organiques.

Un autre aspect est la neutralité électrochimique des sources organique qui permettrait d'atténuer leur agressivité face à des molécules fragile également présentes dans les aliments minéraux, telles que les vitamines.

4.1.7. Indicateurs du statut nutritionnel

En dehors des situations de carences ou d'excès prononcés (cliniques), l'évaluation du statut minéral d'un troupeau reste un exercice délicat, tant au niveau du choix des paramètres à analyser et des valeurs de références qu'au niveau de l'interprétation des résultats.

Il est recommandé de procéder à une évaluation de statut minéral que s'il y a soupçon de carence sur l'ensemble du groupe d'animaux et seulement après vérification du plan d'affouragement minéral (tous les minéraux), des analyses de fourrage et de la méthode d'approvisionnement minérale utilisée.

Pour évaluer le statut minéral d'un troupeau, il est recommandé de choisir des animaux sains (minimum 5 individus), représentatif du troupeau (p. ex. présent sur l'exploitation depuis un certain temps, performance de production moyenne) et de stade de production comparable (pour les vaches laitières, privilégier le mois suivant le vêlage). Le moment des prélèvements est choisi sur une période sans grandes perturbations (éviter période de vêlage, changement de type ration, etc.). Les échantillons doivent permettre une analyse de paramètres répondant à une dose-réponse minérale alimentaire et doivent pouvoir être prélevés aisément, sans engendrer de coûts exagérés. Les prélèvements de sang, d'urine et éventuellement de salive (Na) ou de lait (I, Se) sont ainsi à privilégier. La teneur en Cu du foie prélevé après l'abattage est également un indicateur adéquat. Les teneurs minérales de poils ne fournissent aucune indication fiable sur le statut minéral.

La capacité de régulation physiologique permet de maintenir les teneurs des fluides sur la durée, tant que les réserves sont mobilisables. Ainsi, dix jours d'alimentation carencée en Mg suffisent pour observer une baisse en Mg plasmatique ou urinaire chez la vache laitière (Suttle, 2010), mais deux mois d'alimentation carencée en Cu sont nécessaires pour observer une baisse de la teneur en Cu plasmatique (Hansen et al., 2008). Une carence minérale peut être provoquée directement par un apport insuffisant de l'élément, mais aussi par un apport excessif ou insuffisant d'un autre nutriment (antagonismes). Pour l'évaluation du statut minéral d'un troupeau, il est donc indispensable de considérer les antagonismes potentiels par l'établissement de leurs teneurs dans la ration consommée.

Les teneurs de référence pour les bovins adultes, en lactation et sains présentés dans le tableau 4.5 sont issues de Suttle (2010) et d'Ewing et Charlton (2005), sauf exceptions mentionnées. Les teneurs en macro éléments sanguines obtenues de 46 vaches laitières en Suisse par Kilchenmann et Pfäffli (1984) sont conformes avec ces valeurs de références.

La présente révision de l'apport alimentaire en **sélénium** se base sur des expériences de dose-réponse et d'enquêtes de statut en Se en Suisse. Pour atteindre un statut en Se considéré comme adéquat (50 µg Se/l sérum), un apport alimentaire de 0.10 mg Se/kg MS n'était pas suffisant chez le taurillon (Räber et al., 2005). Sur la base de deux enquêtes ayant évalué l'apport alimentaire et mesuré le statut de vaches laitières (Kessler et al., 1991 ; Schlegel et al., non publié) un statut adéquat était atteint dès que la ration contenait 0.19 mg Se/kg MS (Annexe 6). Le statut en Se de la mère est corrélé avec celui du veau nouveau-né. Selon une enquête de Lejeune et al. (2012), le statut en Se médian de veaux nouveau-nés reste critique en Suisse. L'apport en Se recommandé a ainsi été revu à la hausse (cf. chapitres des recommandations d'apport nutritifs).

Tableau 4.5. Indicateurs de statut nutritionnel minéral chez le bovin adulte

Indica teur	Paramètre		Sang/sérum/plasma							Urine					
			Sensibilité	Réactivité	Milieu	Carence	Marginal	Adéquat	Excédent	Sensibilité	Réactivité	Carence	Marginal	Normal	Excédent
Ca	Ca	[mmol/l]	nulle		sér./plas.	-	-	2.3 - 2.8	-	nulle		-	-	-	-
P	P	[mmol/l]	moyenne	semaines	sér./plas.	≤ 1.0	1.0 - 1.2	1.2 - 2.2	-	excès	jours	-	-	-	
Mg	Mg	[mmol/l]	bonne	jours	sér./plas.	≤ 0.5	0.5 - 0.8	0.8 - 1.4	> 1.6	bonne	jours	≤ 1.5	1.5 - 3.0	3 - 10	> 15
K	K	[mmol/l]	bonne	jours	sér./plas.	≤ 2.5	2.5 - 4.0	4.0 - 5.0	> 10.0	bonne	jours	≤ 20		20 - 120 ¹⁾	> 120 ¹⁾
Na	Na	[mmol/l]	faible ²⁾	jours	sér./plas.	≤ 130	130 - 135	135 - 150	> 150	bonne	jours	≤ 1 ²⁾	1 - 8	8 - 40	> 60
Cl	Cl	[mmol/l]		jours	sér./plas.	≤ 70	70 - 90	90 - 110	> 150		jours	≤ 2			
Cu ⁴⁾	Cu	[μmol/l]	bonne	mois	plasma	< 8 ³⁾	8 - 11	11 - 25 ³⁾	> 60	nulle		-	-	-	-
Co	Co	[μmol/l]			sér./plas.	≤ 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 8.5	> 25.5	nulle		-	-	-	-
Co	Vit. B ₁₂	[μg/l]			sér./plas.	≤ 0.2	0.2 - 0.4	0.4 - 0.9	-	nulle		-	-	-	-
Fe	Fe	[μmol/l]	bonne	jours	sér./plas.	≤ 9		10 - 20	> 30	nulle		-	-	-	-
Fe	Hb	[g/l]	bonne	semaines	Sang	≤ 90		90 - 140	-	nulle		-	-	-	-
I ⁵⁾	I total	[μmol/l]	bonne	semaines	sér./plas.	≤ 0.4	0.4 - 0.8	0.8 - 3.1	> 5.5	bonne	jours	≤ 0.6	0.6 - 0.8	0.8 - 2.0	< 3.0
I ⁵⁾	I inorg.	[μmol/l]	bonne	jours	sér./plas.	≤ 0.4	0.4 - 0.8	> 0.8	-						
I ⁵⁾	T4	[μmol/l]	moyenne	mois	sér./plas.	< 0.02		0.02 - 0.13	-	nulle		-	-	-	-
I ⁵⁾	T3	[μmol/l]	moyenne	mois	sér./plas.	< 1.0	1.0 - 1.3	1.3 - 1.6	-	nulle		-	-	-	-
Zn	Zn	[μmol/l]	bonne	semaines	sér./plas.	< 8 ³⁾	8 - 12	12 - 18 ³⁾	> 45	nulle		-	-	-	-
Se ⁶⁾	Se	[μmol/l]	bonne	jours	sér./plas.	≤ 0.4	0.4 - 0.7	> 0.7							
Se	GSH-Px	[U/g Hb]	bonne	mois	Sang	< 10		25 - 40	> 150	nulle		-	-	-	-

Hb: hémoglobine; T4: hormone thyroïdienne thyroxine; T3: hormone thyroïdienne triiodothyronine; GSH-Px: activité de la glutathion peroxydase

-: paramètre inadéquat; n.d.: pas quantifié

¹⁾ En Suisse, avec des rations contenant nettement plus que 20 g K /kg MS cette valeur est généralement dépassée

²⁾ <130 mmol Na /l salive est indicative pour une carence en Na alimentaire (Kessler et de Faria, 1997)

³⁾ Selon Enjalbert et al., 2006

⁴⁾ La teneur en Cu du foie est un très bon indicateur. Adéquat entre 25 - 100 mg Cu /kg.

⁵⁾ La teneur en I du lait est un très bon indicateur. Adéquat ≥30 μg/l (attention à éventuelle contamination de produits d'hygiène de traite)

⁶⁾ Les teneurs en Se du foie et du lait sont de bons indicateurs. Adéquat entre 0.25 - 0.5 mg Se /kg foie et >15 μg Se /l lait.

4.1.8. Carences minérales cliniques

Les carences minérales prononcées (cliniques) les plus rencontrés sont décrites ci-dessous :

La capacité de stocker et de mobiliser des réserves minérales de l'animal, permet un approvisionnement suffisant durant des périodes impliquant des fortes demandes. En début de lactation, la demande en **calcium** et **phosphore** est soudainement accrue par son export via le lait et nécessite une absorption intestinale de Ca accrue et leur mobilisation du squelette qui sera repourvue en 2^e moitié de lactation (Liesegang et al., 2007). Si l'animal ne peut pas mobiliser suffisamment de Ca, les mécanismes de régulation peuvent subir une défaillance, avec comme conséquence une **hypocalcémie**, appelée aussi fièvre du lait. Une hypocalcémie peut apparaître suite au début de lactation chez la vache et la chèvre laitière, tandis qu'elle peut déjà apparaître en fin de gestation chez la brebis. Une prophylaxie appropriée avant et au moment du vêlage permet de réduire la fréquence de cette maladie. Les mesures suivantes peuvent être appliquées chez la vache laitière 3 à 4 semaines avant le vêlage (Rérat, 2005; Liesegang et al., 2006a; Rérat et al., 2009; Rérat et Hess, 2012; Rérat et Schlegel, 2014):

- Couverture des besoins en Ca, P Mg et en vitamine D et éviter leur apport excessif.
- Favoriser l'acidose métabolique avant le vêlage à l'aide d'une ration possédant un bilan cation/anion (BACA) inférieur à 150 meq/kg MS. La valeur BACA d'une ration (meq/kg MS) se calcule ainsi : $(\%Na \times 435 + \%K \times 256) - (\%Cl \times 282 + \%S \times 624)$. Une ration favorable à une acidose métabolique est pauvre en K (p. ex. fourrage de prairie extensive, maïs plante entière). L'ajout de sels anioniques, tel que les chlorures ou les sulfates de Ca, de Mg ou d'ammonium abaissent la valeur BACA de la ration et peuvent aider à prévenir une hypocalcémie, si la ration n'est pas composée de fourrages riches en K.
- Utilisation de préparations à base de Ca facilement solubles (gel, bolus, liquide) immédiatement avant et après le vêlage.
- Approvisionnement adapté en énergie durant la période de tarissement.
- Éviter le stress.

L'efficacité des sels anioniques est similaire chez la vache et la chèvre laitière, mais limitée chez la brebis (Liesegang, 2008). Comme la brebis doit déjà faire face à une demande accrue en Ca en fin de gestation, surtout en présence de jumeaux, la capacité de mobilisation de Ca des réserves osseuses semble mieux préparée (Wilkins et al., 2014). La brebis réagit donc moins au changement de demande en Ca lors du début de la lactation que la vache et la chèvre (Liesegang et al., 2006b, 2006c).

Contrairement au Ca et au P, l'adulte est pratiquement incapable de mobiliser ses réserves en **magnésium** et en électrolytes (K, Na et Cl). En l'espace de quelques jours, un approvisionnement en Mg inadéquat conduit à des modifications des teneurs en Mg dans les fluides sanguins et urinaires. Avec un apport en Mg insuffisant prolongé, la carence peut devenir clinique et mener à la tétanie **hypomagnésémique** (tétanie d'herbage / d'étable). Un régime pauvre en Mg combiné avec un apport riche en K est la principale origine de ce dérèglement métabolique. Un fort déficit énergétique ou des situations de stress favorisent la lipolyse qui, elle, requiert du Mg comme cofacteur enzymatique. Ce type de situation déséquilibre la répartition du Mg dans le corps et accentue le risque de carence clinique. Contrairement aux bovins, la chèvre est rarement sujette à la tétanie hypomagnésémique. Les mesures suivantes permettent de prévenir cette carence chez la vache laitière ou allaitante:

- Couverture des besoins en Mg en fonction de la teneur en K alimentaire.
- Couverture des besoins en Na.
- Couverture des besoins énergétiques.
- Limiter le stress (physique, thermique).
- Limiter la teneur en K du fourrage par une fumure potassique raisonnée.

Les vaches lèchent les blocs de sel et se lèchent entre-elles, c'est normal. Par contre, il leur arrive de dévier leur comportement, se mettent à lécher, de manière répétée, les murs, les poteaux ou les auge. Si plusieurs animaux d'un troupeau ont un tel comportement (**pica**) une carence en **sodium** ou éventuellement en **cobalt** peut en être la cause. Les symptômes d'une carence en Na peuvent rester longtemps inaperçus. Ce n'est que lorsque la salive ne parvient plus à compenser l'insuffisance de l'apport de Na, que des symptômes cliniques apparaissent, tel que le pica.

Une carence en **sélénium** et en **vitamine E** peut entraîner des troubles de croissance et des lésions musculaires (**maladie du muscle blanc**) pouvant toucher le muscle cardiaque (arrêt cardiaque) ou la musculature du squelette (troubles locomoteurs, paralysie des membres postérieurs, problèmes de déglutition). Cette carence est fréquemment observée chez le veau et l'agneau, car elle se développe souvent déjà au stade de fœtus si la mère n'est pas suffisamment pourvue en Se et en vitamine E. La prévention de la maladie du muscle blanc nécessite avant tout un approvisionnement correct en Se et en vitamine E de la mère, qui selon Abdelraham et Kincaid (1995) devrait être au niveau de 3 mg Se/j durant le dernier trimestre de gestation, faute de quoi, ses taux sériques en Se sont réduits. Dans les exploitations où les cas de maladie du muscle blanc sont relativement fréquents, une action préventive directe sur le veau s'est avérée efficace. Celle-ci, peut avoir lieu, par exemple, par l'intermédiaire d'une injection de Se et de vitamine E ou par l'administration d'une pâte à base de Se et de vitamine E (drench). Chez l'adulte, la carence sélénique n'est pas directement visible, mais elle (et/ou la vitamine E) affecte indirectement la fertilité et peut favoriser les cas de mammites.

4.1.9. Seuils de tolérance

Une alimentation minérale excessive (tableau 4.6) peut conduire, sur une durée prolongée, à des troubles métaboliques provoqués directement par la toxicité de l'élément en excès ou indirectement par une carence induite à un autre élément. Les seuils de tolérance des oligo-éléments se situent au-delà des teneurs alimentaires maximales autorisées en Suisse.

Tableau 4.6. Seuils de tolérance minérale alimentaire chez le bovin, ovin et caprin (NRC, 2005)

	[g/kg MS]		[mg/kg MS]		[mg/kg MS]
Ca	15 - 20	Cu²⁾	15 / 40	Al	1000
P	10	Co	25	Cd	25
Mg	6	Fe	500	F	500
K	30 ¹⁾	I³⁾	8	Ni	50
NaCl	40	Mo	10	V	50
S	5	Mn	2000		
		Se	5		
		Zn²⁾	300 / 500		

¹⁾ Origine de cette valeur basse: réduction de l'absorbabilité du Mg augmentation du risque de fièvre de lait.

²⁾ Valeur inférieure pour ovin; valeur supérieure pour caprin et bovin.

³⁾ INRA, 1988

Les cas d'intoxications minérales chroniques sont généralement rares, lorsque les plans d'alimentation sont suivis. Il se peut, toutefois que certains aliments soient contaminés conduisant à des intoxications. Ainsi, par exemple, l'alimentation de co-produits laitiers ayant séjourné dans des cuves en Cu peuvent en être enrichi (Sieber et al., 2003). La teneur en Cu de la ration peut ainsi dépasser le seuil de tolérance. Les symptômes d'un **empoisonnement au cuivre** sont, entre autres, une coloration jaune des muqueuses (jaunisse), une attitude craintive et des crampes. En outre, l'urine peut présenter une coloration rougeâtre. L'ajout d'acides en tant qu'agent conservateur, peut accentuer la problématique (Kessler, 2003). Le mouton, est en outre, particulièrement sensible à l'apport en Cu, car sa capacité de rejeter le Cu en excès par la bile semble réduite. Un aliment minéral complété de Mo devrait permettre de limiter un risque de toxicité en Cu chez le mouton n'ayant qu'un fourrage riche en Cu à disposition.

4.2. Vitamines

Actuellement, 13 vitamines sont connues. La plupart d'entre elles doivent être considérées comme des groupes de substances similaires, ayant les mêmes effets qualitatifs. Les vitamines sont divisées en deux principaux groupes: les vitamines liposolubles et hydrosolubles (tableau. 4.7). Pour les ruminants dont la panse est complètement développée, les provitamines A, et parmi celles-ci surtout le β -carotène, ainsi que les vitamines A, D et E, ont une importance pratique. Dans certaines conditions, la vitamine B1 et l'acide nicotinique peuvent aussi jouer un rôle. Pour les autres vitamines, les synthèses réalisées par les micro-organismes de la panse permettent en général au ruminant de ne pas être dépendant d'un apport alimentaire. En revanche, les vitamines hydrosolubles jouent un rôle pratique dans l'alimentation des animaux dont la panse n'est pas encore fonctionnelle (veau, agneau, chevreau).

Tableau 4.7. Vitamines liposolubles et hydrosolubles (groupes de vitamines)

Vitamines liposolubles	Vitamines hydrosolubles
Vitamine A Provitamine A (dont le β -carotène) Vitamine D Vitamine E Vitamine K	Vitamine C Acide pantothénique Vitamine B1 Biotine Vitamine B2 Acide folique Vitamine B6 Vitamine B12 Acide nicotinique

Les besoins en vitamines des ruminants sont en majeure partie estimés avec la méthode dose-réponse qui est basée sur différents critères d'appréciation (croissance, reproduction, stockage dans des organes précis, signes de carences typiques, état immunitaire, etc.). Les recommandations pour les différentes catégories d'animaux (voir les chapitres correspondants) permettent de satisfaire les besoins en vitamines des ruminants dans des conditions normales de garde et d'alimentation. Elles sont basées sur la littérature concernant le métabolisme des vitamines pour les ruminants et sur les apports recommandés publiés par l'ARC (1980), la GfE (1986), l'INRA (1978, 1988), le NRC (1984, 1985, 1989), l'AWT (1991) et par Hoffmann-La Roche (1989, 1991).

4.3. Bibliographie

- Abdelraham M. M. and Kincaid R. L., 1995. Effect of selenium supplementation of cows on maternal transfer of selenium to fetal and newborn calves. *Journal of Dairy Science* 78, 625–630.
- Adediji O. and Suttle N. F., 1999. Influence of diet type, K and animal species on the absorption of magnesium by ruminants. *Proceeding of the Nutrition Society* 58, 31A.
- AFRC, 1991. Technical Committee on Responses to Nutrients, Report 6, A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. *Nutrition Abstract Reviews*, 61, 573–612.
- ARC, 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough, United Kingdom.
- AWT, 1991. Vitamine in der Tierernährung. Bonn, Deutschland.
- CVB, 2005. Handleiding Mineralenvoorziening rundvee, schapen, geiten. Centraal veevoederbureau, Lelystad, The Netherlands.
- Dias R. S., López S., Montanholi Y. R., Smith B., Haas L. S., Miller S. P. and France J., 2013. A meta-analysis of the effects of dietary copper, molybdenum and sulfur on plasma, liver copper, weight gain and feed conversion in growing-finishing cattle. *Journal of Animal Science* 91, 5714–5723.
- Durand M and Komisarczuk S., 1988. Influence of major minerals on rumen microbiota. *Journal of Nutrition* 118, 249–260.
- Enjalbert F., Lebreton P. and Salat O., 2006. Effect of copper, zinc and selenium status on performance and health in commercial dairy and beef herds : retrospective study. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90, 459–466.
- Ewing W.N. and Charlton S.J., 2005. The Minerals Directory. Context, Packington, United Kingdom.
- Franke K., Meyer U., Wagner H., Hoppen H. O. and Flachowsky G., 2009a. Effect of various iodine supplementations, rapeseed meal application and two different iodine species on the iodine status and iodine excretion of dairy cows. *Livestock Science* 125, 223–231.
- Franke K., Meyer U., Wagner H. and Flachowsky G., 2009b. Influence of various iodine supplementation levels and two different iodine species on the iodine content of the milk of cows fed rapeseed meal or distillers dried grains with solubles as the protein source. *Journal of Dairy Science* 92, 4514–4523.
- Gäbel G. and Martens H., 1986. The effect of ammonia on magnesium metabolism in Sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 55, 278–287.
- GfE, 1986. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, Deutschland.
- GfE, 2001, Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, Deutschland.
- ✚ Hansen S. L., Schlegel P., Legleiter L. R., Lloyd K. E. and Spears J. W., 2008. Bioavailability of copper from copper glycinate in steers fed high dietary sulfur and molybdenum. *Journal of Animal Science* 86, 173–179.
- Hansen S. L. and Spears J. W., 2009. Bioaccessibility of iron from soil is increased by silage fermentation. *Journal of Dairy Science* 92, 2896–2905.
- Hoffmann-La Roche, 1989. Vitamin fortification guidelines. Nutley, U.S.A.
- Hoffmann-La Roche, 1991. Recommended vitamin supplementation for domestic animals. Bâle, Switzerland.
- House W. A. and Bell A. W., 1993. Mineral accretion in the fetus and adnexia during late gestation in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 76, 2999–3010.
- INRA, 1978. Alimentation des ruminants. Editions Quae, Versailles, France.
- INRA, 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Edition INRA, Paris, France.
- INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – valeurs des aliments. Editions Quae, Versailles, France.
- Jongbloed A. W., Kemme P. A., de Groote G., Lippens M and Meschy F., 2002. Bioavailability of major and trace minerals. International Association of the European Manufacturers, Brussels, Belgium.
- ✚ Kessler J. und Arrigo Y., 1996. Wiederkäuer: Kobaltangebot und Nährstoffverwertung. *Agrarforschung* 3, 7–9. 4
- ✚ Kessler J., Friesecke H und Kunz P., 1991. Selen-Vitamin E: Versorgung der Milchkühe während der Winterfütterung. *Landwirtschaft Schweiz* 4, 607–611.
- ✚ Kessler J. und de Faria A., 1997. Viehsalzversorgung des Wiederkäuers. *Agrarforschung* 5, 201–204.

- ✚ Kessler J. und de Faria A., 1998. Organische Spurenelementmischung in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung* 5, 273–276.
 - ✚ Kessler J., 2000a. Kaliumreiches Wiesenfutter belastet Stoffwechsel der Milchkuh. *Agrarforschung* 7, 466–471.
 - ✚ Kessler J., 2000b. Dürrfutter-Krafftutterangebot und Viehsalzversorgung des Wiederkäuers. *Agrarforschung* 7, 200–205.
 - ✚ Kessler J., 2003. Du cuivre pour les moutons et les chèvres – mais avec modération. *Petits ruminants* 9, 6–11.
 - ✚ Kessler J., Morel I. and Dufey P. -A., 2003. Effect of organic zinc sources on performance, zinc status and carcass, meat and claw quality in fattening bulls. *Livestock Production Science* 81, 161–171.
 - ✚ Kilchenmann H. und Pfäffli J., 1984. Referenzwerte für Mineralstoffe, Enzyme und Stoffwechselprodukte im Serum des Rindes und Berechnung der prozentualen Kreatininclearance von Mineralstoffen bei Milchkühen. Dissertation Universität Bern.
- Kronqvist C., Emanuelson U., Spörndly R. and Holtenius K., 2011. Effects of prepartum dietary calcium level on calcium and magnesium metabolism in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 94, 1365–1373.
- ✚ Liesegang A., Chiappi C., Risteli J., Kessler J. and Hess H. -D., 2006a. Influence of different calcium contents in diets supplemented with anionic salts on bone metabolism in periparturient dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 91, 120–129.
 - ✚ Liesegang A., Risteli J. and Wanner M., 2006b. The effects of first gestation and lactation on bone metabolism in dairy goats and milk sheep. *Bone* 38, 792–802.
 - ✚ Liesegang A., Riner K. and Boos A., 2006c. Effects of gestation and lactation on vitamin D receptor amounts in goats and sheep. *Domestic Animal Endocrinology* 33, 190–202.
 - ✚ Liesegang A., Risteli J. and Wanner M., 2007. Bone metabolism of milk goats and sheep during second pregnancy and lactation in comparison to first lactation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 91, 217–225.
 - ✚ Liesegang A., 2008. Influence of anionic salts on bone metabolism in periparturient dairy goats and sheep. *Journal of Dairy Science*, 91, 2449–2460.
 - ✚ Lejeune B., Schelling E. and Meylan M., 2012. Gammaglobulin and selenium status in healthy neonatal dairy calves in Switzerland. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 154, 389–396.
- Lopez-Guiza J. M. and Satter L. D., 1992. Effect of copper and cobalt addition on digestion and growth in heifers fed diets containing alfaalfa silage or corn crop residues. *Journal of Animal Science* 75, 247–256.
- Meschy F., 2002. Recommandations d'apport en phosphore absorbé chez les ruminants. *Rencontre Recherche Ruminants*, 279- 285.
- Meschy F. et Corrias R., 2005. Recommandations d'apport alimentaire en calcium et magnesium absorbables pour les ruminants. *Rencontre Recherche Ruminants*, 221–224.
- Meschy F., 2010. *Nutrition minérale des ruminants*. Editions Quae, Versailles, France.
- NorFor, 2001. The Nordic feed evaluation system. EAAP publication N°130. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- NRC, 1984. Nutrient requirements of beef cattle. The National Academies Press, Washington, U.S.A.
- NRC, 1985. Nutrient requirements of sheep. The National Academies Press, Washington, U.S.A.
- NRC, 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. The National Academies Press, Washington, U.S.A.
- NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. The National Academies Press, Washington, U.S.A.
- NRC, 2005. Mineral tolerance of animals. The National Academies Press, Washington, U.S.A.
- Pope A. L., Moir R. J., Somers M., Underwood E. J. and White C. L., 1979. The effect of sulphur on ⁷⁵Se absorption and retention in sheep. *Journal of Nutrition* 109, 1448–1455.
- ✚ Räber M., Geyer H., Kessler J. und Gutzwiller A., 2005. Einfluss einer hohen Selenzufuhr auf den Selenstatus, die Leberfunktion und auf die Klauenqualität von Maststieren. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 150, 57–67.
 - ✚ Rérat M., 2005. La fièvre du lait chez la vache laitière. *ALP actuel* N°20. Posieux, Suisse.
 - ✚ Rérat M., Philipp A., Hess H. -D. and Liesegang A., 2009. Effect of different potassium levels in hay on acid-base status and mineral balance in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 6123–6133.
 - ✚ Rérat M. et Hess H. -D., 2012. Indicateurs urinaires du statut acido-basique pour la prédiction de la fièvre du lait chez la vache laitière. *Recherche Agronomique Suisse* 3, 68–73.
 - ✚ Rérat M. and Schlegel P., 2014. Effect of dietary potassium and anionic salts on acid-base and mineral status in periparturient cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 98, 458–466.

Rosa I. V., Henry P. R. and Ammerman C. B., 1982. Interrelationship of dietary phosphorus, aluminium and iron on performance and tissue mineral composition in lambs. *Journal of Animal Science* 55, 1231–1240.

✚ Schlegel P., 2012. Nouvelles recommandations d'apport en phosphore chez le bovin laitier. *ALP actuel* N°44. Posieux, Suisse.

✚ Schlegel P., Rérat M., Girard M. and Gutzwiller A., 2015. Influence of diet type and dietary magnesium on mineral status in lactating dairy cows. *Book of Abstracts of the 65th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*.

✚ Schlegel P., Chassot C., Fragnière M. et Philipona J. -C., *non publié*. Enquête sur l'apport minéral alimentaire et le statut minéral de troupeaux laitiers.

Schonewille J. T., Everts H., Jittakhot S. and Beynen A. C., 2008. Quantitative prediction of magnesium absorption in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91, 271–278.

Schwarz F. J., Kirchgeßner M. and Stangl G. I., 2000. Cobalt requirement of beef cattle - Feed intake and growth at different levels of cobalt supply. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 83, 121–131.

Stangl G. I., Schwarz F. J., Müller H. and Kirchgeßner M., 2000. Evaluation of the cobalt requirement of beef cattle based on vitamin B12, folate, homocysteine and methylmalonic acid. *British Journal of Nutrition* 84, 645–653.

✚ Sieber R., Rehberger B., Schaller F. und Gallmann P.U., 2003. Technologische Aspekte von Kupfer in Milchprodukten und gesundheitliche Bedeutung des Kupfers. *FAM-Info*, N°451. Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Bern, Schweiz.

✚ Sieber R., 2011. Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten schweizerischer Herkunft. *ALP Science* N°538, Agroscope, Bern, Schweiz.

✚ Spears J. W., Schlegel P., Seal M. C. and Lloyd K. E., 2004. Bioavailability of zinc from zinc sulfate and different organic zinc sources and their effects on ruminal volatile fatty acid proportions. *Livestock Production Science* 90, 211–217.

Suttle N. F. and Mc Lauchlan M., 1976. Predicting the effects of dietary molybdenum and sulphur on the availability of copper to ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society* 35, 11A–23A.

Suttle N. F., 1983. Effects of Molybdenum concentration in fresh herbage, hay and semi-purified diets on the copper metabolism of sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 100, 651–656.

Suttle N. F., 2010. *Mineral nutrition of Livestock*. CABI, Oxfordshire, United Kingdom

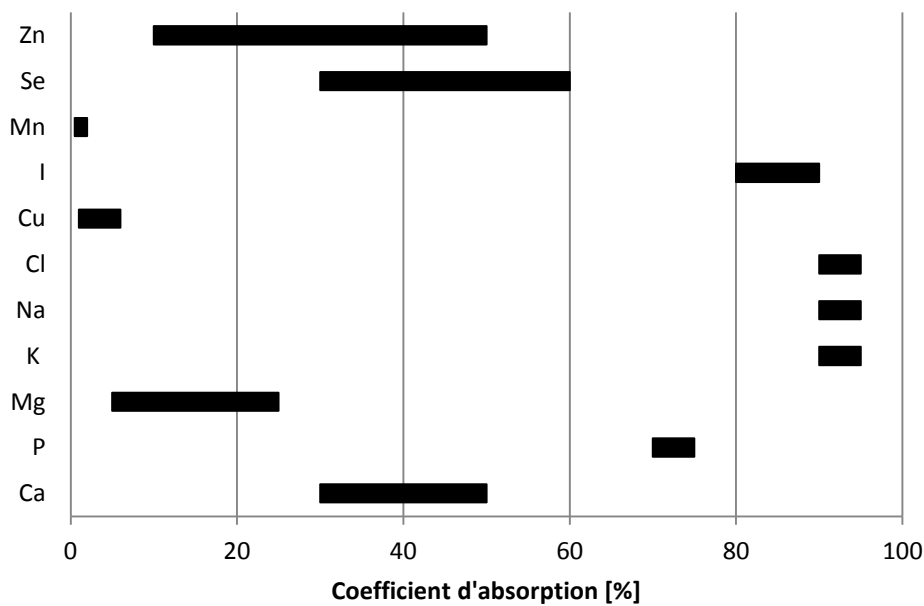
Ward J. D., Spears J. W. and Kegley E. B., 1996. Bioavailability of copper proteinate and copper carbonate relative to copper sulphate in cattle. *Journal of Dairy Science* 79, 127–132.

Weiss W. P., 2004. Macromineral digestion by lactating dairy cows: factors affecting digestibility of magnesium. *Journal of Dairy Science* 87, 2167–2171.

✚ Wilkens M. R., Liesegang A., Richter J., Fraser D. R., Breves G. and Schröder B., 2014. Differences in peripartur plasma parameters related to calcium homeostasis of dairy sheep and goats in comparison with cows. *Journal of dairy Research*, 81, 325–332.

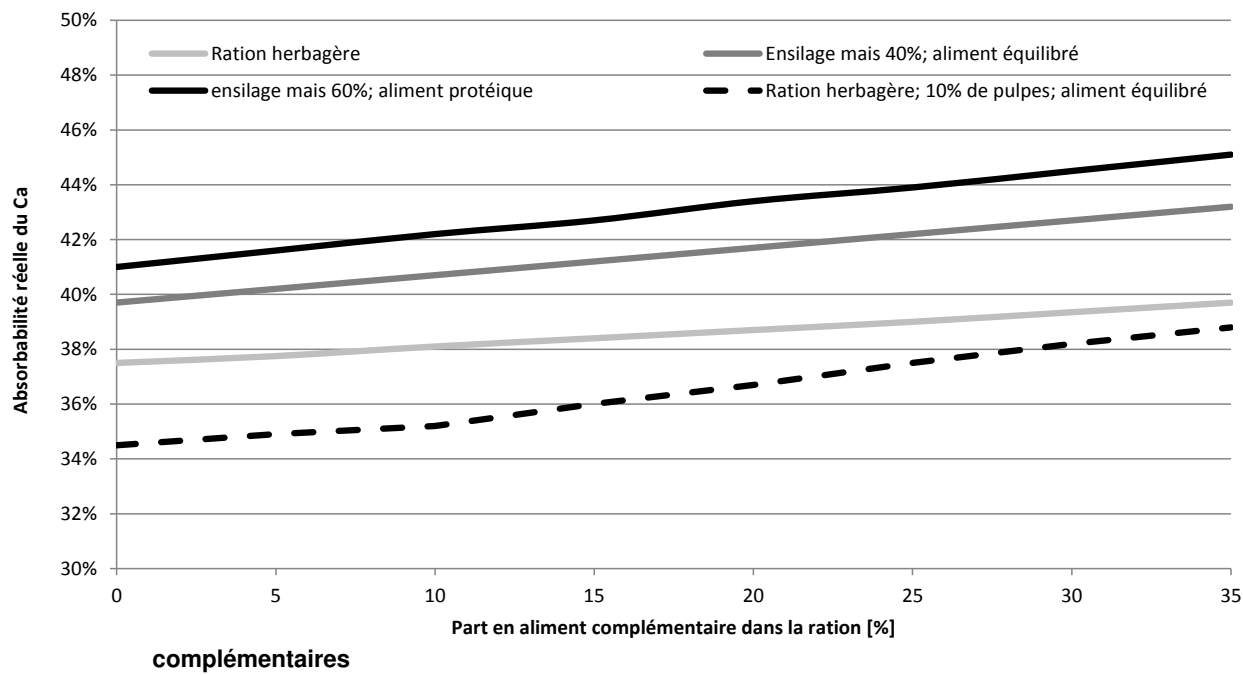
Yuangklang C., Wachirapakorn C., Mohamed H. E., Alhaidary A. and Beynen A. C. Effect of Calcium Supplementation on Growth, Nutrient Digestibility and Fecal Lactobacilli in Dairy Calves. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences* 5, 127–131.

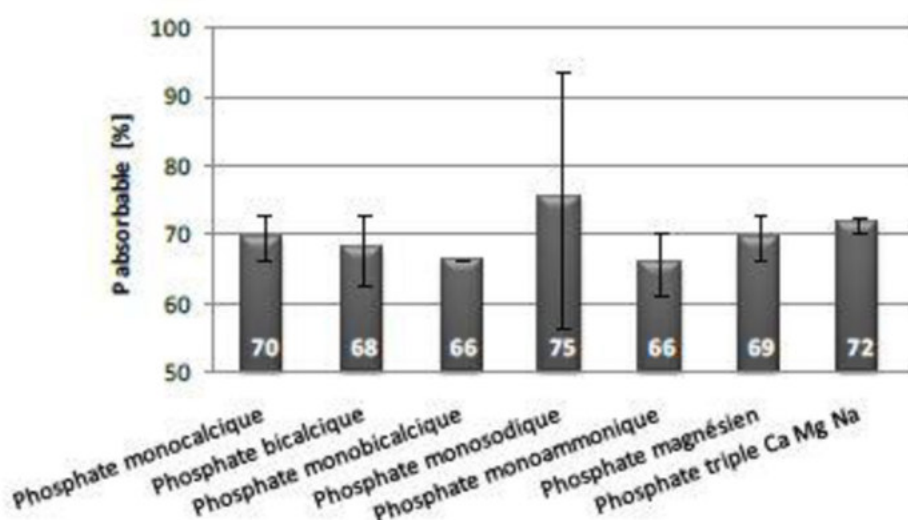
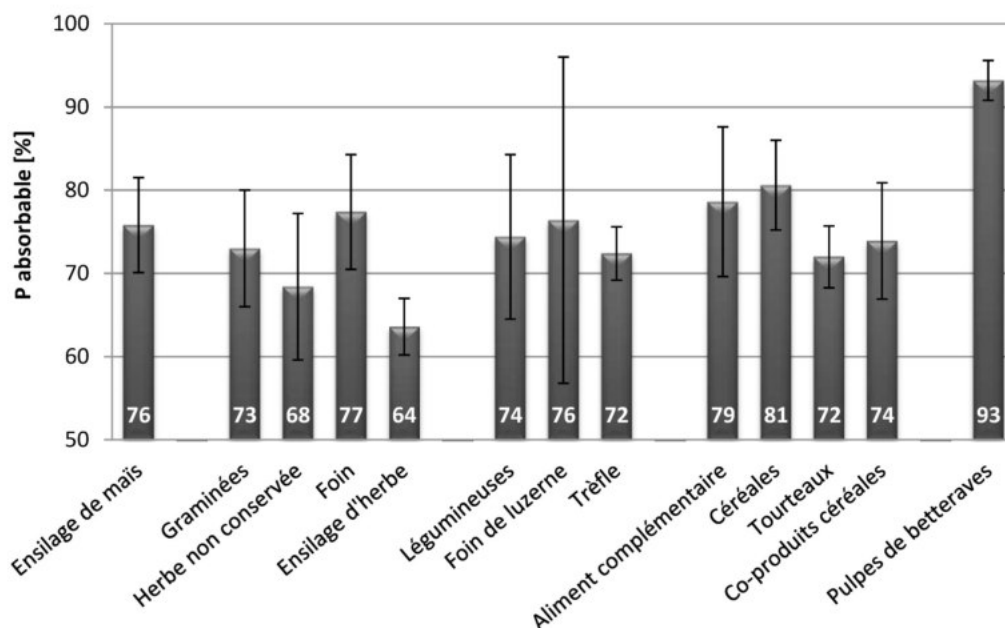
Annexes



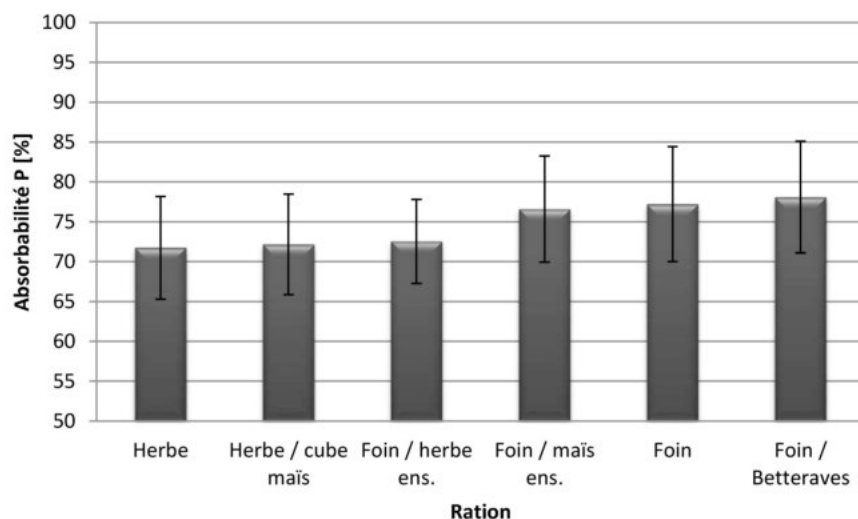
Annexe 1. Plage du coefficient d'absorption minéral chez le ruminant

Annexe 2. Coefficient d'absorption du calcium de rations types en fonction de l'apport en aliments



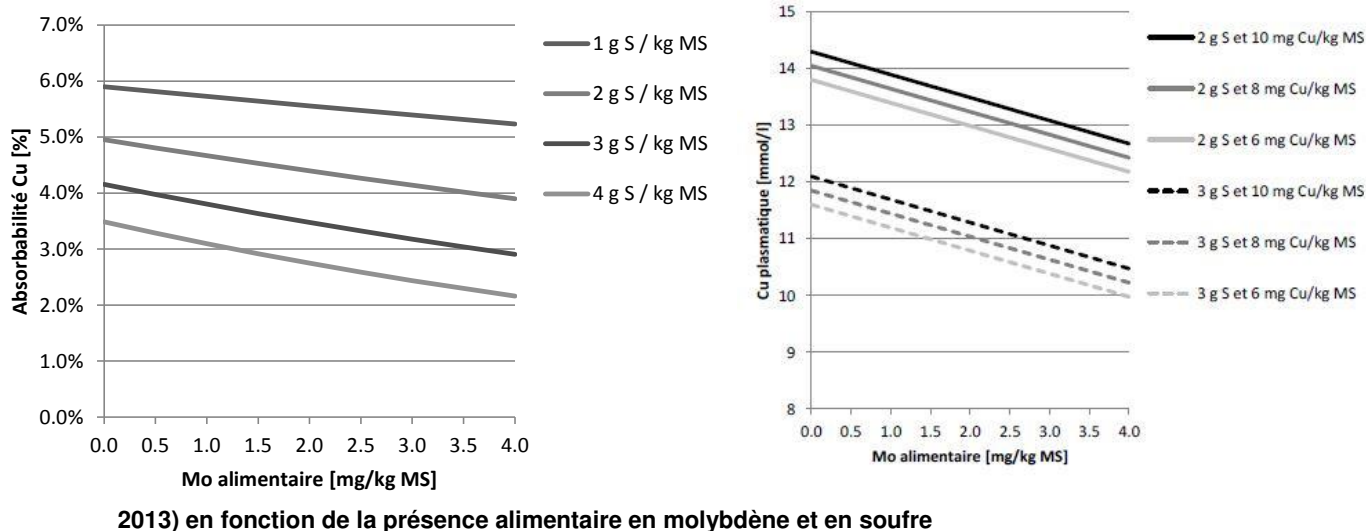


Annexe 3. Coefficient d'absorption du phosphore d'aliments (Meschy, 2002, Jongbloed et al., 2002)

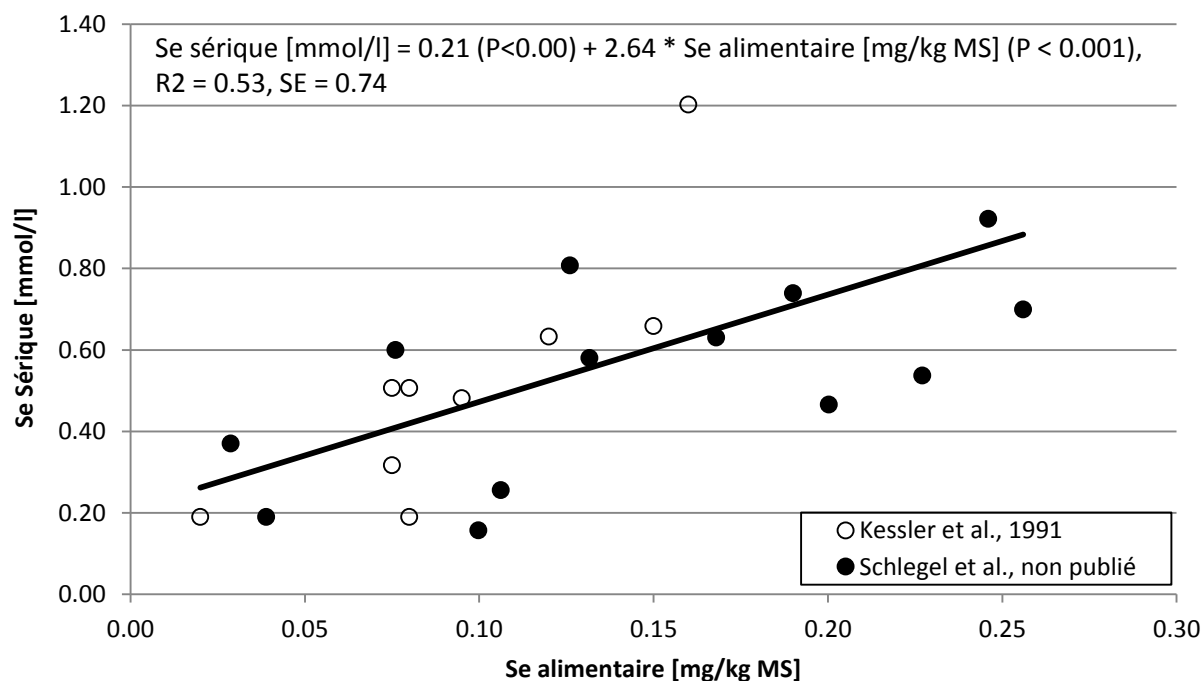


Annexe 4. Coefficient d'absorption du phosphore de rations types

Annexe 5. Coefficient d'absorption du cuivre (Suttle et Mc Lauchlan, 1979) et teneur plasma cuprique (Dias et al.,



Annexe 6. Statut sélénique moyen de troupeaux de vaches laitières en lactation en fonction de la teneur alimentaire en sélénium



Version: Octobre 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: P. Schlegel, J. Kessler

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence

5. Apports alimentaires recommandés pour le veau d'élevage

Isabelle Morel, Jürg Kessler

Table des matières

5.	Apports alimentaires recommandés pour le veau d'élevage	2
5.1.	Unités d'expression des besoins et apports recommandés	2
5.2.	Apports alimentaires recommandés	2
5.3.	Période colostrale	2
5.4.	Sevrage	3
5.5.	Aliments	3
5.6.	Minéraux	4
5.7.	Vitamines	4
5.8.	Recommandations générales	4
5.9.	Bibliographie	5
5.10.	Tableaux	6



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

5. Apports alimentaires recommandés pour le veau d'élevage

Ce chapitre consacré à l'alimentation du veau d'élevage se rapporte à la période allant de la naissance jusqu'au poids vif de 120-130 kg ou l'âge de 3 à 4 mois, également appelée période de sevrage. Il s'applique aussi bien aux remontes femelles des troupeaux laitiers qu'aux animaux femelles ou mâles destinés à la production de génisses, bœufs ou taurillons d'engraissement.

5.1. Unités d'expression des besoins et apports recommandés

Pour les veaux d'élevage, les besoins et les apports énergétiques sont exprimés en énergie nette pour la production laitière (NEL). Dans les exploitations d'engraissement de gros bovins où le sevrage des veaux est intégré, il est possible, pour faciliter la transition, d'utiliser les mêmes unités que pour les bovins à l'engrais, soit l'énergie nette pour la production de viande (NEV). Ainsi, dans les tableaux et exemples ci-après, les deux valeurs sont indiquées.

Les besoins et apports azotés sont exprimés en protéines absorbables dans l'intestin (PAI). Toutefois, au cours de la période de sevrage, le système digestif du jeune animal subit d'importantes transformations. Avant que le veau ne commence à ingérer des aliments solides, le lait (entier ou reconstitué) passe directement dans la caillette, grâce au réflexe de fermeture de la gouttière œsophagienne. La matière azotée du lait ne subit pas de fermentation microbienne et est alors digérée à 95 % (teneur en PAI = MA • 0.95 = matière azotée digestible). Par la suite, l'activité du rumen se développe rapidement et la digestibilité de la matière azotée du lait et de l'ensemble de la ration diminue progressivement (Trocon et al. 1980). Par conséquent, la valeur azotée à attribuer au lait durant la période de sevrage ne peut pas être définie de façon exacte, car on ne connaît pas précisément les proportions de lait qui parviennent directement dans la caillette et leur évolution au cours du temps. Cependant, en se basant sur une étude de Guilhermet et al. (1975), on peut estimer que 85 à 90 % du lait distribué est encore conduit dans la caillette juste avant le sevrage. De nombreux facteurs, tels que la composition de la ration, le mode de distribution, la température de la buvée, la race ou les différences physiologiques individuelles, peuvent aussi influencer le déroulement de ces processus de digestion.

Par conséquent, il n'est pas aisé de calculer des rations avec des apports précis en nutriments conformément aux recommandations alimentaires. Ainsi, les propos qui suivent ont avant tout un caractère descriptif sur les régimes à adopter durant cette période. Ils sont illustrés par des exemples et des recommandations.

5.2. Apports alimentaires recommandés

Les apports recommandés en énergie (NEL, NEV) et en protéines (PAI) sont donnés dans le tableau 5.1. Deux intensités de croissance ont été prises en considération, soit un gain de poids moyen de 700 g ou de 800 g par jour. Le niveau le plus faible convient pour des veaux destinés à produire des bœufs et génisses avec un gain de poids quotidien inférieur à 1000 g, des taurillons avec un gain de poids quotidien inférieur à 1100 g ou des génisses saillies tardivement (dès 20 mois). Le niveau le plus élevé est prévu pour les veaux engraisés par la suite comme taurillons avec un gain de poids quotidien supérieur à 1100 g, comme bœufs ou génisses avec un gain de poids quotidien supérieur à 1000 g ou pour les génisses saillies précocement (jusqu'à 19 mois).

5.3. Période colostrale

La composition du colostrum est adaptée aux besoins spécifiques du veau nouveau-né. Par rapport au lait entier, le colostrum est plus riche en matière sèche, matière azotée, minéraux et vitamines, mais plus pauvre en matière grasse. En outre, la fraction azotée comporte une part importante de γ -globulines, qui offrent à l'animal une protection efficace contre les infections. Il est donc essentiel de distribuer 1.5 à 2 kg de colostrum au veau nouveau-né, le plus tôt possible, soit au cours des trois premières heures après la naissance. Une quantité semblable devra être donnée dans les 6 à 8 heures suivant le premier repas. Par la suite, la ration journalière de colostrum pourra être augmentée progressivement jusqu'à 5 à 6 kg en deux repas par jour à la fin de la première semaine, suivant le poids et l'état de santé de l'animal. Avant d'effectuer la transition sur le lait entier ou reconstitué, la distribution de colostrum doit s'étendre sur une durée de cinq jours au minimum.

5.4. Sevrage

Le passage du système digestif pré-ruminant à celui de ruminant s'opère progressivement durant la période de sevrage. Le rumen, non fonctionnel à la naissance, se développe d'autant plus rapidement que l'apport de fourrages est important. Cependant l'alimentation lactée, sous forme de lait entier ou de lait reconstitué à partir d'un aliment d'allaitement, est nécessaire pour assurer l'approvisionnement en nutriments du jeune veau et sa croissance. Il s'agit donc de fournir à l'animal suffisamment d'énergie par l'intermédiaire du lait puis d'un aliment concentré, et parallèlement de favoriser l'augmentation du volume du rumen et son activité par une distribution de fourrage.

Suivant les buts et intensités recherchés, le sevrage peut se dérouler sur une période allant de 8 à 15 semaines, avec des quantités de lait variant entre 400 et 700 kg (50 à 90 kg de MS) par veau. Trois plans d'alimentation sont donnés à titre d'exemple pour les remotes femelles des troupeaux laitiers (tab. 5.2 et 5.3) et pour des veaux mâles destinés à être engrainés comme taurillons (tab. 5.4, éventuellement 5.3). Entre un plan qui s'étend sur 14-15 semaines (tab. 5.2) et un autre sur 8 semaines (tab. 5.3) pour les remotes femelles, toutes les variantes possibles peuvent être envisagées. La race, le but d'élevage, la base fourragère de l'exploitation, l'âge au premier vêlage et la saison sont les principaux facteurs à Chap.5, p. 4 prendre en considération dans l'établissement du plan d'alimentation pour cette période.

Le lait ou l'aliment d'allaitement est distribué individuellement de façon rationnée, alors que les aliments solides sont généralement offerts plus ou moins à volonté et suivant le mode de garde, préparés par groupes d'animaux. Les quantités d'aliments solides indiquées dans ces exemples représentent ainsi une moyenne par animal, qui peut être adaptée en fonction des conditions particulières d'une exploitation (race, qualité des fourrages, saison, intensité recherchée, état de santé, etc.). L'application du plan indiqué au tableau 5.2 aux remotes femelles de notre station de recherches a permis de réaliser une croissance journalière moyenne de 800 g entre la naissance et 120 kg PV. Le gain quotidien de poids a été de 550 g en moyenne des quatre premières semaines, de 820 g entre la cinquième et la huitième semaine et de 990 g de la neuvième à la quatorzième semaine (Egger 1994). Les courbes de croissance correspondantes obtenues pour les deux races présentes à notre station de recherches (Tachetée rouge et Brune) sont représentées à la figure 5.1 à partir d'équations de prédiction. Ces courbes fournissent une indication sur le poids que l'on peut attendre d'un animal en fonction de son âge (et vice-versa). Les équations de régression ayant servi à cette représentation graphique et leur domaine d'application sont également indiqués.

5.5. Aliments

La **source lactée** peut être apportée par du lait entier ou par un aliment d'allaitement pour veaux d'élevage, dilué à raison de 100 à 130 g par resp. 900 à 870 g d'eau. Des mélanges de ces deux aliments sont également possibles, de même la combinaison de lait entier et de farine d'élevage. L'incorporation de lactosérum, repris chaque jour à la laiterie, ou d'autres sous-produits laitiers dans la ration, représente une autre variante applicable pour le sevrage (tab. 5.4).

L'aliment concentré est constitué en grande partie de céréales ou issues de céréales et de sources azotées (protéagineux, tourteaux d'oléagineux, etc.), auxquelles est ajouté un prémélange de minéraux et vitamines. La composition de l'aliment concentré utilisé pour le sevrage des veaux mâles et femelles de notre station de recherches est donnée comme exemple au tableau 5.5.

Selon Troccon et al. (1986), la présence de son de blé semble avoir un effet bénéfique sur la digestion. Pour garantir une teneur suffisante en PAI, le tourteau de soja est fréquemment utilisé. En raison de ses propriétés diététiques, le tourteau de pression de lin entre aussi souvent dans la composition des aliments pour veaux d'élevage. Il est également possible d'utiliser du tourteau de colza 00. Guilhermet et al, (1986) ont montré dans leurs essais que l'incorporation de 20% d'un tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates n'affectait pas l'appétibilité de l'aliment. Cependant, en raison de la teneur en PAI relativement faible du tourteau de colza parmi les sources azotées, une telle proportion n'est pas recommandée.

La valeur énergétique des aliments pour veaux d'élevage se situe généralement entre 6.4 et 6.9 MJ NEL par kg (6.8 à 7.4 MJ NEV) et leur valeur azotée entre 105 et 115 g PAI par kg (170 à 200 g de matière azotée par kg). Pour que l'aliment soit bien consommé par les animaux, il est préférable de le distribuer sous forme granulée ou floconnée plutôt qu'en farine. Offert à volonté dès la troisième semaine, une quantité maximale journalière est introduite par la suite, de l'ordre de 1.5 kg à 2 kg par animal Chap.5, p. 5 selon les régimes. Il est important d'offrir chaque jour de l'aliment frais aux jeunes animaux.

La fraction cellulosique de la ration est apportée par **les fourrages**. Le plus approprié d'entre eux pour les veaux d'élevage est un foin (première coupe) de bonne qualité, présentant une ingestibilité élevée. Il est offert à volonté dès la troisième semaine et sa consommation doit atteindre au minimum 0.5 kg par animal et par jour au moment du sevrage. Dans le cas

d'un élevage «intensif», où le gain de poids moyen jusqu'à 120 kg est de 800 g/jour ou plus, l'ensilage de maïs à teneur élevée en MS (30-35%) représente un apport énergétique de choix. L'herbe fraîche ou ensilée, pour autant qu'elle soit de bonne qualité, peut également faire partie des rations pour veaux d'élevage.

Dès le moment où ils ingèrent des aliments solides, il est essentiel de mettre à disposition des veaux en permanence de l'eau propre à température ambiante et de veiller à ce que les animaux en consomment dès le début.

5.6. Minéraux

Les apports recommandés en minéraux pour le veau d'élevage, regroupés dans le tableau 5.6 et 5.7 sont dérivés des principes de base décrits au chapitre 4.1 et de l'ingestion donnée dans le tableau 5.1. Les coefficients d'absorption utilisés sont décrits sous forme de note sous les tableaux respectifs.

5.7. Vitamines

Tant que les pré-estomacs ne sont pas encore entièrement fonctionnels, il est nécessaire d'apporter au veau d'élevage à la fois des vitamines liposolubles et hydrosolubles (tab. 5.7). Lorsque la transformation en ruminant est achevée, seules les **vitamines A, D et E** doivent encore être apportées en complément à la ration. Dans le tableau 5.8 deux valeurs sont indiquées pour les vitamines A et D. La valeur inférieure s'applique aux animaux dans des conditions habituelles d'alimentation et de garde. Dans des situations particulières comme le stress dû à une maladie, un changement d'étable et des variations importantes de température, la valeur la plus élevée est à prendre en considération.

C'est avant tout pour les vitamines A et D que des écarts importants apparaissent entre les diverses sources de recommandations existantes (ARC 1980, MAFF 1984, Jeroch 1986, NRC 1989, Hoffmann-La Roche 1989, 1991, AWT 1991, Toullec 1992). Ces variations peuvent être attribuées aussi bien à une interprétation différente de résultats expérimentaux et pratiques, qu'à des disparités dans l'établissement des facteurs de sécurité. En outre, il s'avère également que des insuffisances au niveau de la garde ou de l'alimentation soient comblées, consciemment ou inconsciemment, par des apports élevés en vitamines. Dans ce cas cependant, on ne peut plus parler de besoins effectifs.

5.8. Recommandations générales

Pour favoriser le bon fonctionnement du réflexe de fermeture de la gouttière oesophagienne et éviter les troubles digestifs, la température de la buvée doit s'élever à 39-40 °C.

Trois modes d'abreuvement différents peuvent être employés pour le sevrage. La distribution au bidon ou au nourrisseur automatique géré par ordinateur permettent de pratiquer une alimentation rationnée. Dans l'élevage des veaux, il est particulièrement important de limiter individuellement la quantité de lait ingérée, dans le but de favoriser la consommation des aliments solides. C'est pourquoi, les automates «simples» (non gérés par ordinateur) se prêtent moins bien pour le sevrage que les deux autres systèmes d'alimentation. Lorsque les animaux ne forment pas un groupe homogène au départ concernant l'âge et le poids, le désavantage d'une alimentation à volonté est encore accru. Seule la quantité globale par groupe peut en effet être limitée. Ainsi les veaux les plus lourds consomment trop de lait et les plus faibles pas assez.

Des farines pour veaux d'élevage sont en vente sur le marché et peuvent également être intégrées aux rations après dilution dans de l'eau. La proportion élevée de composants d'origine végétale dans ces aliments nécessite une incorporation progressive dans la ration, en substitution d'une partie du lait entier ou de l'aliment d'allaitement. Des quantités trop importantes de ces farines avant la cinquième semaine de vie des veaux provoquent des réactions allergiques et sont mal assimilées par les jeunes animaux, entraînant ainsi des troubles digestifs (diarrhées). Le suivi d'un plan d'allaitement spécifique est indiqué.

5.9. Bibliographie

- ARC, 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Common-wealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough. 351 p.
- AWT (Hrsg.), 1991. Vitamine in der Tierernährung. Bonn. 52 S.
- Blood D. C. and Radostits O. M., 1989. Veterinary medicine. Baillière Tindall, London. 1502 p.
-  Egger I., 1994. Unveröffentlichte Versuchsergebnisse.
- Guilhermet R., Mathieu C.-M. et Toullec R., 1975. Transit des aliments liquides au niveau de la gouttière oesophagienne chez le veau préruminant et ruminant. Ann. Zootech. 24 (1), 69-79.
- Guilhermet R., Toullec R. et Le Henaff L., 1986. Utilisation du tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates par le veau sevré précocement. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 64, 21-23.
- Hoffmann-La Roche (Hrsg.), 1989. Vitamin fortification guidelines. Nutley. 21 p.
- Hoffmann-La Roche (Hrsg.), 1991. Recommended vitamin supplementation for domestic animals. Basle. 1 p.
- Jeroch H., 1986. Vademekum der Fütterung. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena. 626 S.
- MAFF, 1984. Mineral, trace element and vitamin allowances for ruminant livestock. In: Recent advances in animal nutrition - 1984. W. Haresign and D. J. A. Cole. Ed. Butterworths, London. 113-142.
- NRC, 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press, Washington. 157 p.
- Toullec R., 1992. Veal Production. In: Beef cattle production. R. Jarrige and C. Béranger Ed. Elsevier, Amsterdam. 335-356.
- Trocon J.-L., Guilhermet R., Journet M. et Geay Y., 1980. Veau d'élevage. Dans: Alimentation des ruminants. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 275-295.
- Trocon J.-L., Parrassin P.R. et Trommenschlager J.M., 1986. Composition des aliments concentrés pour les veaux d'élevage. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 66, 17-22.
- Trocon J.-L., Berge Ph. et Agabriel J., 1988. Alimentation des veaux et génisses d'élevage. Dans: Alimentation des bovins, ovins et caprins. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 201-212.

5.10. Tableaux

Tableau 5.1. Apports alimentaires journaliers recommandés pour le veau d'élevage

Poids vif kg	GQ g/j		Apports journaliers recommandés						MS kg
			NEL MJ		NEV MJ		PAI g		
	1	2	1	2	1	2	1	2	
50	500		9.7		10.4		170		0.9
60	600		12.4		13.3		240		1.2
80	800		15.2		16.6		310		1.7
100	800	1'000	16.9	17.2	18.1	18.4	320	380	2.3
120	800	1'000	18.6	19.0	19.9	20.3	340	390	2.9

1 = Intensité de croissance correspondant à un gain moyen quotidien de 700 g

2 = Intensité de croissance correspondant à un gain moyen quotidien de 800 g

Remarque: avant le début de l'ingestion d'aliments solides, on admet comme valeur PAI de la source lactée, sa teneur en matière azotée digestible (p. ex. lait entier: $MAD = MA \cdot 0.95$). Par la suite, et suivant la proportion de lait dans la ration, une partie, décroissante avec le temps, de la fraction azotée du lait est valorisée de cette manière, le reste étant dégradé dans la panse (PAI selon tables de la valeur nutritive des aliments simples pour les ruminants, chap.14.2). On peut admettre que 85 à 90 % du lait parvient encore dans la caillette peu avant le sevrage.

Apports en MA: min. 20 g/MJ NEL, NEV

Valeur PAI du lait entier: 1^{er}: - 1^{er} mois: 240 g/kg de MS

- sevrage: env. 220 g/kg de MS

Tableau 5.2. Plan d'alimentation pour un sevrage en 14 -15 semaines, avec un gain moyen de poids quotidien de 800 g jusqu'à 120 kg PV, au lait entier ou lait reconstitué (avec lait entier, plan pour le sevrage des veaux femelles d'Agroscope)

Semaines	Lait entier ¹⁾ kg/j	Aliment concentré ²⁾ kg/j	Foin ³⁾ kg/j	Ensilage de maïs ⁴⁾ kg/j
1	Colostrum ⁵⁾	-	-	-
2	6	-	-	-
3	6	A disposition	A disposition	-
4	7	„	„	-
5	7	↑ A volonté maximum 1.5 ↓	↑ A volonté minium 0.5 ↓	A disposition ⁷⁾
6	7			„
7	7			A volonté
8	7			„
9	6			„
10	6			„
11	5			„
12	4			„
13	3			„
14	2			„
15	0 ou 2 ⁶⁾			„
Total par veau	510 – 550 kg	≈ 80 – 100 kg	-	-

Remarque: de l'eau propre doit être à disposition en permanence.

- 1) Lait entier ou lait reconstitué (100-130 g d'aliment d'allaitement dans resp. 900-870 g d'eau) distribué en deux repas par jour jusqu'à la 13e semaine, puis en une seule fois. Aliment d'allaitement: p.ex. 210-220 g MA/kg, 180-200 g MG/kg, ou autre suivant les fabricants: total par veau 50-70 kg.
- 2) Aliment concentré selon exempte tableau 5.5, ou autre.
- 3) Foin (1^{re} coupe) de bonne qualité p.ex. 130-140 g MA, 260-280 g CB, 5.4-5.6 MJ NEL, 5.3-5.7 MJ NEV par kg de MS.
- 4) Ensilage de maïs avec 30 à 35 % de MS, présence facultative.
- 5) Colostrum: voir indications au chapitre 5.3 «Période colostrale».
- 6) Sevrage à la fin de la 14^{ème} semaine ou de la 15^{ème} suivant l'état du veau (PV, santé) et sa consommation d'aliments solides.
- 7) Mélanger l'aliment concentré à l'ensilage de maïs.

Tableau 5.3. Plan d'alimentation pour un sevrage précoce en 8 semaines, avec un gain moyen de poids quotidien de 900 g, au lait entier ou lait reconstitué (selon Troccon et al. 1988)

Semaines	Lait entier ¹⁾ kg/j	Aliment concentré ²⁾ kg/j	Foin ³⁾ kg/j	Ensilage de maïs ⁴⁾ kg/j
1	Colostrum ⁵⁾	-	-	-
2	8	-	-	-
3	8	↑ A volonté max. 2 max. 3 ↓	↑ A volonté min. 0.5 ↓	-
4	8			-
5	8			A disposition ⁶⁾
6	8			"
7	6			A volonté
8	3			"
9	0			"
10	0			"
11	0			"
12	0			"
13	0			"
14	0			"
Total par veau	350 – 400 kg	-	-	-

Remarque: de l'eau propre doit être à disposition en permanence.

- 1) Lait entier ou lait reconstitué (130 g d'aliment d'allaitement dans 870 g d'eau) distribué en deux repas par jour. Aliment d'allaitement: p.ex. 210-220 g MA/kg, 180-200 g MG/kg, ou autre suivant les fabricants; total par veau 45-50 kg.
- 2) Aliment concentré selon exemple tableau 5.5, ou autre.
- 3) Foin (1re coupe) de bonne qualité p. ex. 130-140 g MA, 260-280 g CB, 5.4-5.6 MJ NEL, 5.3-5.7 MJ NEV par kg de MS.
- 4) Ensilage de maïs avec 30 à 35 % de MS, présence facultative.
- 5) Colostrum: voir indications au chapitre 5.3 «Période colostrale».
- 6) Mélanger l'aliment concentré à l'ensilage de maïs.

Tableau 5.4. Plan d'alimentation pour un sevrage de veaux mâles dès 65kg PV destinés à l'engraissement comme taurillons ou bœufs, gain moyen quotidien jusqu'à 110 kg PV: 750 g ; avec lait entier ou lactosérum et aliment d'allaitement complémentaire (avec lait entier frais ou reconstitué: plan adopté à Agroscope)

PV ¹⁾ kg	Semaine	Ration avec				Aliment con- centré ⁶⁾	Foin ⁷⁾	Ensilage de maïs ⁸⁾
		Lait Entier ²⁾ kg/j	ou Lacto -Sérum ³⁾ + Aliment d'allaitement ⁴⁾					
			kg/j	g/kg ⁵⁾	g/j	kg/j	kg/j	kg/j
65	1	6	7	60	420	↑ max. 1.5 ↓	↑ min. 0.5 ↓	-
68	2	6	7	60	420			-
72	3	6	7	60	420			↑ A volonté ⁹⁾ ↓
76	4	6	7	60	420			
81	5	6	6	60	360			
86	6	6	6	60	360			
93	7	4	4	50	200			
100	8	2	2	50	100			
107	9	0	0	0	0			
Total/ veau	-	300 kg	ou 320 kg + 19 kg					

Remarque: de l'eau propre doit être à disposition en permanence.

- 1) Poids vif au début de la semaine
- 2) Lait entier ou lait reconstitué (100-130 g d'aliment d'allaitement dans resp. 900-870 g d'eau). Aliment d'allaitement: p.ex. 210-220 g MA/kg, 180-200 g MG/kg, ou autre suivant les fabricants; total par veau 25-35 kg.
- 3) Lactosérum repris chaque jour à la laiterie
- 4) Aliment d'allaitement complémentaire au lactosérum: p.ex. 260g MA/kg, 260g MG/kg, ou autre.
- 5) Dosage par kg lactosérum.
- 6) Aliment concentré selon exemple tableau 5.5, ou autre.
- 7) Foin (1re coupe) de bonne qualité p. ex. 130-140 g MA, 260-280 g CB, 5.4-5.6 MJ NEL, 5.3-5.7 MJ NEV par kg de MS.
- 8) Ensilage de maïs avec 30 à 35 % de MS, présence facultative.
- 9) Mélanger l'aliment concentré à l'ensilage de maïs.

Tableau 5.5. Exemple de composition d'un aliment concentré pour veaux d'élevage (aliment utilisé à Agroscope)

Matières premières	Taux d'incorporation (%)
Orge moyenne	23.6
Avoine moyenne	14.0
Son de blé	20.0
Tourteau d'extraction de soja non décortiqué	17.0
Tourteau de pression de lin	15.0
Sel pour bétail	0.5
Carbonate de chaux	2.5
Prémélange minéral vitaminé	0.4
Mélasse	4.0
Graisse animale	3.0

Teneurs par kg d'aliment à 88 % de MS: 6.6 MJ NEL, 7.0 MJ NEV, 112 g PAI, 195 g MA, 163 g MAD, 60 g MG, 66 g CB, 10.0 g Ca, 6.3 g P, 2.6 g Mg, 2.1 g Na

Tableau 5.6. Apports journaliers recommandés en Ca, P, Mg et Na pour le veau d'élevage

PV kg	GQ g/jour	Apports journaliers recommandés ¹⁾			
		Ca g	P g	Mg G	Na G
50	500	12	6	0.8	1.6
60	600	14	7	1.0	1.9
80	800	21	11	2.3	2.6
100	900	39	13	4.3	3.1
120	900	40	13	5.0	3.4

¹⁾ Coefficients d'absorptions utilisés pour respectivement 50-60, 80 et 100-120 kg PV: Ca: 0.70, 0.65, 0.40; P: 0.80, 0.70, 0.70; Mg: 0.50, 0.30, 0.20

Tableau 5.7. Apports journaliers recommandés en oligo-éléments et en vitamines pour le veau d'élevage

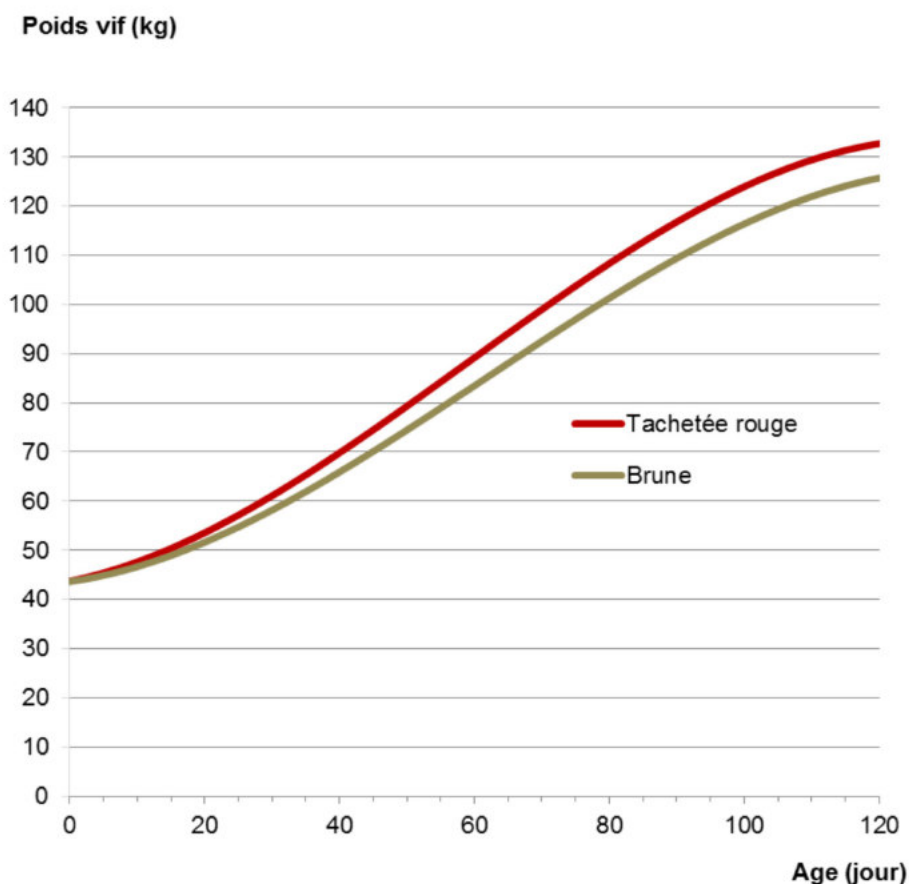
Oligo-éléments en mg/kg MS de ration			Vitamines par kg MS de ration		
	Allaité	Sevré			
Cobalt	0.10	0.10	Vitamine A	IU	5'000 – 10'000 ¹⁾
Cuivre	6	10 ¹⁾	Vitamine D	IU	600 – 1'200 ¹⁾
Fer	70	50	Vitamine E	IU	30
Iode ²⁾	0.3	0.3	Vitamine K	mg	2
Manganèse	40	40	Vitamine C	mg	100
Sélénium	0.10	0.20	Vitamine B1	mg	3
Zinc	40	40	Vitamine B2	mg	4
			Vitamine B6	mg	4
			Vitamine B12	µg	45
			Acide nicotinique	mg	15
			Acide pantothénique	mg	12
			Biotine	µg	120
			Acide folique	mg	0.5
			Choline	mg	1'000

¹⁾ Valeur inférieure : conditions d'alimentation et de garde habituelles

Valeur supérieure : en cas de stress (maladie, changement d'étable, etc.)

Figures

Figure 5.1.: Relation entre le poids vif et l'âge (moyenne des veaux d'élevage femelles nés à Agroscope entre 1985 et 1994)



Equation de prédiction du poids:

- a) Tachetée rouge (935 mesures de poids)

$$y = 43.4730 + 0.27597 x + 0.0121752 x^2 - 0.0000691339 x^3 \quad R^2 = 0.93 \quad s = 8.02$$

- b) Brune (443 mesures de poids)

$$y = 43.6476 + 0.193604 x + 0.0115923 x^2 - 0.0000625476 x^3 \quad R^2 = 0.91 \quad s = 8.98$$

y=poids vif (en kg) x= âge (en jours)

Ces équations sont applicables jusqu'à un âge de 120 jours au maximum.

Version: Octobre 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: I. Morel, J. Kessler

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence

6. Apports alimentaires recommandés pour la génisse d'élevage

Andreas Münger, Jürg Kessler

Table des matières

6.	Apports alimentaires recommandés pour la génisse d'élevage	2
6.1.	Principes de base	2
6.1.1.	Énergie	2
6.1.2.	Matière azotée	3
6.1.3.	Ingestion de matière sèche	3
6.2.	Niveau d'intensité pour l'élevage	3
6.3.	Croissance compensatoire	6
6.4.	Minéraux et vitamines	6
6.4.1.	Minéraux	6
6.4.2.	Vitamines	6
6.5.	Bibliographie	6



6. Apports alimentaires recommandés pour la génisse d'élevage

Ce chapitre consacré à la génisse d'élevage s'applique à la période comprise entre le sevrage (env. 125 kg PV) et la préparation au premier vêlage (env. 600 kg PV). L'alimentation durant la phase finale de la gestation et pour la préparation à la première lactation est traitée dans le chapitre 7 «Apports alimentaires recommandés pour la vache laitière».

Comme l'élevage de la génisse se fait généralement parallèlement à la garde des vaches laitières, il est plus aisé d'utiliser la valeur NEL au lieu de la valeur NEV, qui par définition serait mieux adaptée pour des animaux en croissance.

6.1. Principes de base

Le calcul des apports recommandés en nutriments est dérivé en premier lieu des modèles français d'estimation du croît en graisse et en protéines durant la croissance du jeune bovin (Robelin 1990, Geay et al. 1987). Les différents paramètres dans les équations de régression ont été en partie adaptés, de même que les coefficients de rendement et l'estimation de l'ingestion, qui reposent sur des essais réalisés à notre Station de recherches.

En principe, on distingue deux types de génisses : d'une part un type précoce, à croissance rapide et qui a tendance à engraisser facilement (races laitières spécialisées et leurs croisements) et d'autre part, un type tardif, à croissance moins rapide et dont le croît au même poids est plus riche en protéines (races à deux fins). Dans la suite de ce chapitre, seuls les termes « précoce » et « tardif » sont utilisés.

6.1.1. Énergie

Le croît journalier en énergie (ΔE) se calcule à partir du croît en graisse (ΔLip) et en protéines ($\Delta Prot$) (calcul voir annexe)

$$\Delta E \text{ [MJ/jour]} = 23.1 \cdot \Delta Prot \text{ (kg)} + 39.6 \cdot \Delta Lip \text{ (kg)}$$

Pour déterminer les besoins en EM pour la croissance, les rendements (k) suivants ont été pris en considération :

$$\begin{aligned} \text{pour le croît en graisse: } k_F &= 0.60 \\ \text{pour le croît en protéines: } k_P &= 0.35 \end{aligned}$$

Chap.6, p.3 Comme les besoins sont exprimés en NEL, c'est le rendement de l'utilisation de l'énergie métabolisable pour la production laitière (k_L) qui doit être appliqué :

$$\begin{aligned} k_L &= 0.463 + 0.24 \cdot q \\ (\text{ } q &= EM/EB = \text{métabolisabilité de l'énergie}) \end{aligned}$$

Selon Lehmann (voir chap. 10), la valeur q peut être estimée selon la formule suivante, en relation avec le gain quotidien (intensité de croissance) :

$$q = 0.36 + 0.2 \cdot GQ \text{ (en kg)}$$

Aux besoins en NEL pour la croissance, obtenus à partir des formules données plus haut, il faut encore ajouter les besoins d'entretien (NELEn). Ces derniers sont obtenus à partir de l'équation suivante :

$$NELEn [MJ/jour] = 0.33 \cdot PV^{0.75}$$

Cette valeur comprend le métabolisme de base et un supplément pour l'activité.

C'est à partir de ces principes qu'ont été obtenus les apports journaliers recommandés en NEL donnés au tableau 6.1.

6.1.2. Matière azotée

Pour les besoins d'entretien en PAI (PAIEN), la norme utilisée est la même que pour la vache laitière, soit :

$$PAIEN [g/jour] = 3.25 \cdot PV^{0.75}$$

Les besoins en PAI pour la croissance (PAIV) sont établis à partir du croît en protéines ($\Delta Prot$, calcul voir annexe) en tenant compte d'un rendement de 0.60 :

$$PAIV [g/jour] = \Delta Prot / 0.60$$

L'addition des besoins d'entretien et des besoins pour la croissance a permis d'obtenir les apports recommandés du tableau 6.1.

De façon analogue aux recommandations données pour les vaches laitières, un apport minimal de 20 g de MA par MJ NEL doit être fourni par la ration, pour garantir un approvisionnement suffisant en azote aux microorganismes de la panse. De plus, la valeur de 30 g de MA par MJ NEL ne devrait pas être dépassée sur une période prolongée, afin d'éviter aux animaux et à l'environnement de subir une charge trop importante.

6.1.3. Ingestion de matière sèche

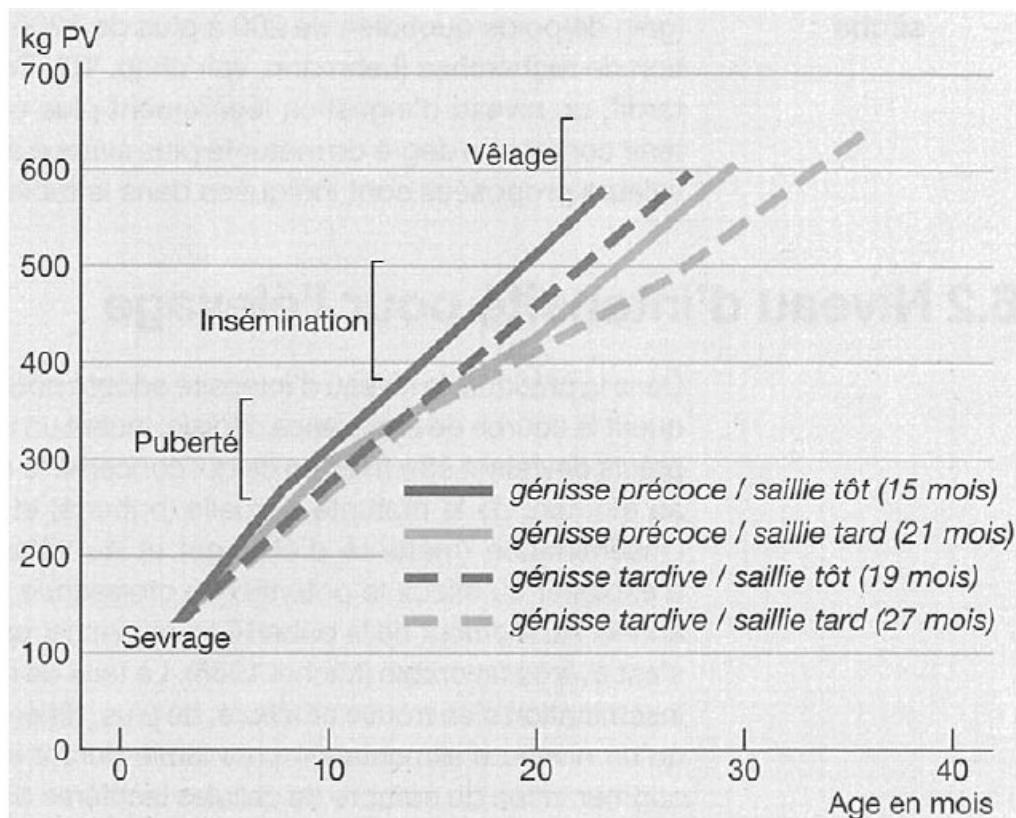
L'ingestion potentielle de MS a été estimée sur la base d'essais d'alimentation de boeufs, portant sur un domaine d'intensité très vaste (gain de poids quotidien de 200 à plus de 1200 g), réalisés à notre Station de recherches (Lehmann, voir chap. 10). Pour les animaux de type tardif, un niveau d'ingestion légèrement plus élevé a été adopté, pour tenir compte du degré de maturité plus avancé à un poids identique. Les valeurs proposées sont indiquées dans le tableau 6.1.

6.2. Niveau d'intensité pour l'élevage

Dans la pratique, le niveau d'intensité adopté pour l'élevage, et par conséquent la courbe de croissance choisie, jouent un rôle décisif. Des objectifs précis devraient être fixés en ce qui concerne la croissance : âge et poids au moment de la maturité sexuelle (puberté) et respectivement lors de l'insémination (maturité d'élevage) et du vêlage. Il est recommandé d'exploiter au mieux le potentiel de croissance au cours de la première année. Au moment de la puberté en revanche, une phase plus restrictive s'est avérée favorable (Michel 1988). Les taux de conception à la première insémination s'en trouve amélioré ; de plus, différentes études ont montré qu'un niveau d'alimentation plus faible durant la puberté entraînait une augmentation du nombre de cellules lactifères dans la glande mammaire en formation, ce qui plus tard confère à l'animal un meilleur potentiel de production (Trocon et Journet 1979, Foldager et Sejrsen 1991). Entre la saillie fécondante et le vêlage, l'intensité est déterminée par le potentiel de croissance. Durant cette phase, il est important de tout mettre en œuvre pour favoriser un bon développement de l'animal (influence positive sur la production initiale), tout en évitant un engraissement excessif, afin de prévenir les troubles de fécondité à la première lactation (Kirchgessner 1992).

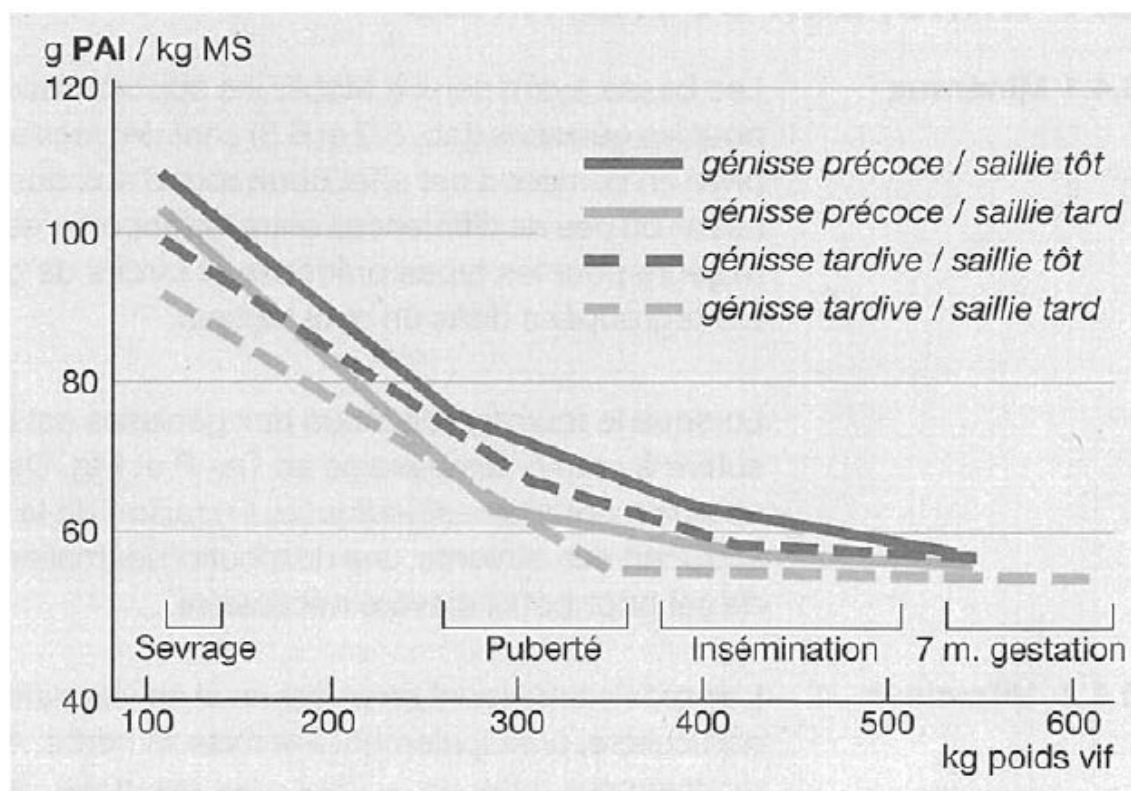
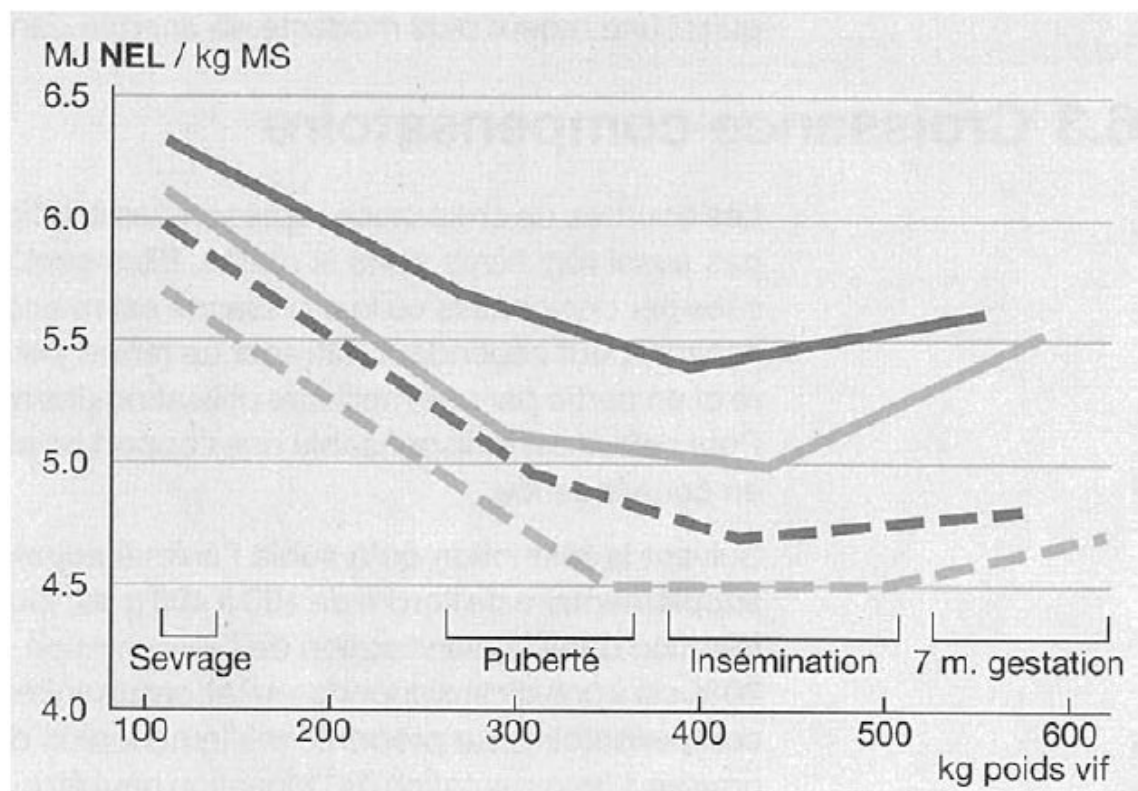
Des exemples de courbes de croissance sont donnés à la figure 6.1. Ils devraient en principe délimiter les niveaux d'intensité adoptés habituellement, soit un âge au premier vêlage de 24-30 mois pour les types précoces, et de 28-36 mois pour les types tardifs de génisses. Les gains quotidiens à réaliser dans les différentes tranches de poids et les apports alimentaires recommandés pour y parvenir sont représentés en grisé dans le tableau 6.1 (limite supérieure pour les génisses vêlant précocement et limite inférieure pour les génisses vêlant tardivement).

Figure 6.1. Courbes de croissance pour des génisses d'élevage



Les concentrations nécessaires en NEL et en PAI dans la ration sont représentées sur la figure 6.2. On constate que d'un type de bovin à l'autre ou par rapport à l'âge au premier vêlage, les teneurs en PAI ne se différencient guère. Il apparaît en outre que dès l'âge de la puberté, des teneurs réduites en PAI dans la ration suffisent. En revanche, une attention plus grande doit être accordée à la concentration énergétique de la ration et à son adaptation en fonction des différents niveaux d'intensité. Une concentration en énergie élevée de la ration est de rigueur pour un animal que l'on souhaite faire vêler à l'âge de 24 mois, alors qu'une génisse tardive, destinée à vêler à un âge plus avancé, requiert une teneur plus modeste en énergie dans la ration.

Figure 6.2. Concentration nécessaire en NEL et en PAI dans les rations pour génisses d'élevage



6.3. Croissance compensatoire

Les courbes de croissance représentées à la figure 6.1 ne sont souvent pas aussi régulières dans la réalité. Elles ont fréquemment caractérisées par des phases où la croissance est moindre (alpage). Par la suite, l'animal peut cependant rattraper ce retard par une ingestion supérieure et en partie par une meilleure utilisation des nutriments (Michel 1988). Pour cela, il est indispensable que l'apport en nutriments soit augmenté en conséquence.

Suivant la restriction qu'a subie l'animal auparavant, un gain de poids supplémentaire de l'ordre de 100 à 400 g par jour peut être pris en considération dans la planification de l'alimentation. Un supplément de 10 à 20% est à prévoir aux apports en PAI, car un animal en phase de croissance compensatoire fixe proportionnellement plus de protéines et moins de graisse. L'augmentation de l'ingestion peut être estimées entre 15 et 20%.

6.4. Minéraux et vitamines

6.4.1. Minéraux

Les bases ayant servi à établir les apports recommandés en minéraux et en vitamines pour les génisses (tableaux 6.2, 6.3 et 6.4) sont décrites au chapitre 4.1. En raison du peu de différences entre les apports recommandés en minéraux pour les types précoces et tardifs de génisses, les valeurs ont été regroupées dans un seul tableau.

Lorsque le fourrage distribué aux génisses est de bonne qualité, il peut suffire à couvrir les besoins en Ca, P et Mg. Dans le cas contraire, une complémentation est indiquée. En raison de la teneur réduite en Na de la plupart des aliments, une distribution journalière de 10 à 20 g par animal de sel pour bétail s'avère nécessaire.

6.4.2. Vitamines

L'approvisionnement en sélénium et en vitamine E requiert une attention particulière, principalement à la mise à l'herbe. Au printemps, l'herbe est relativement riche en acides gras insaturés, avec pour conséquence d'accroître les besoins en vitamine E. Une carence en sélénium et vitamine E peut entraîner l'apparition de la maladie du muscle blanc. (voir chap. 4). Les apports recommandés en vitamines sont résumés dans le tableau 6.5. Ils reposent essentiellement sur les données de la DLG (1986) et de Kirchgessner (1992).

6.5. Bibliographie

Foldager J. and Sejrsen K., 1991 Opdrætningsintensitetens indflydelse på den senere mælkeproduktion hos RDM og SDM kvier (Rearing intensity in dairy heifers and the effect on subsequent milk production). Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Danmark 693.

Geay Y., Nicol D., Robelin J., Berge Ph. et Malterre C., 1987. Recommandations alimentaires pour les bovins en croissance et à l'engrais. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 70, 173-183

Kirchgessner M., 1992 Tierernährung. 8. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt (Main). 533 S.

✚ Michel A., 1988. Einfluss von Aufzuchtintensität, Erstkalbealter und Alpeng auf Wachstum und Milchleistung von Rindern unterschiedlicher Zuchtichtung. Diss. ETH Zürich Nr. 8533.

Robelin J., 1990. Modèle de calcul du croît journalier de lipides et de protéines chez les bovins. Reprod. Nutr. Dev. 1990 (Suppl. 2), 245-246.

Troccon J.L. et Journet M., 1979 Vitesse de croissance optimale et alimentation des génisses. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 37, 5-14.

Tableaux

Tableau 6.1. Apports alimentaires journaliers recommandés pour les génisses d'élevage (type précoce)

Type / Race	PV kg	Gain quotidien																	
		400 g			500 g			600 g			700 g			800 g			900 g		
		NEL MJ	PAI g	MS kg	NEL MJ	PAI g	MS kg	NEL MJ	PAI g	MS kg	NEL MJ	PAI g	MS kg	NEL MJ	PAI g	MS kg	NEL MJ	PAI g	MS kg
précoce (races laitières)	125							17.6	283	3.3	18.8	310	3.3	20.0	337	3.3	21.4	364	3.4
	150							19.7	303	3.7	20.9	330	3.7	22.2	357	3.7	23.7	384	3.7
	175				20.4	294	4.0	21.7	321	4.0	23.0	349	4.1	24.4	376	4.1	26.0	403	4.1
	200	21.1	283	4.4	22.3	311	4.4	23.6	338	4.4	25.0	366	4.4	26.5	393	4.5	28.1	421	4.5
	250	24.5	314	5.1	25.8	341	5.1	27.2	369	5.1	28.8	396	5.2	30.5	424	5.2	32.3	451	5.2
	300	27.8	343	5.8	29.2	370	5.9	30.8	397	5.9	32.5	424	5.9	34.4	451	5.9	36.4	478	6.0
	350	30.9	369	6.6	32.5	396	6.6	34.3	423	6.6	36.2	449	6.7	38.3	476	6.7	40.6	503	6.7
	400	34.1	395	7.3	35.8	421	7.4	37.8	447	7.4	40.0	473	7.4	42.4	499	7.4	45.0	525	7.4
	450	37.2	419	8.1	39.2	444	8.1	41.4	470	8.1	43.9	495	8.1	46.6	521	8.2	49.7	546	8.2
	500	40.4	442	8.8	42.7	467	8.8	45.2	491	8.9	48.1	516	8.9	51.4	541	8.9	54.9	565	8.9
	550	43.8	464	9.6	46.4	488	9.6	49.5	512	9.6	52.9	535	9.6	56.8	559	9.6			
	600	47.5	485	10.3	50.8	508	10.3	54.7	531	10.3	59.0	554	10.4						

Apports recommandés en matière azotée : 20 g/MJ NEL

Type / Race	PV kg	Gain quotidien																	
		300 g			400 g			500 g			600 g			700 g			800 g		
		NEL MJ	PAI g	MS kg	NEL MJ	PAI g	MS kg	NEL MJ	PAI g	MS kg	NEL MJ	PAI g	MS kg	NEL MJ	PAI g	MS kg	NEL MJ	PAI g	MS kg
Tardif (races laitières)	125							16.8	257	3.4	18.1	284	3.4	19.4	311	3.4	20.8	338	3.4
	150				17.6	250	3.7	18.8	277	3.8	20.1	305	3.8	21.4	333	3.8	22.9	360	3.8
	175	18.4	240	4.1	19.5	268	4.1	20.7	297	4.1	22.0	325	4.2	23.4	353	4.2	24.9	381	4.2
	200	20.1	258	4.5	21.2	286	4.5	22.5	315	4.5	23.8	343	4.6	25.3	372	4.6	26.9	400	4.6
	250	23.4	291	5.3	24.6	320	5.3	25.9	349	5.3	27.4	378	5.3	28.9	407	5.4	30.6	436	5.4
	300	26.6	322	6.0	27.8	351	6.1	29.2	381	6.1	30.8	410	6.1	32.4	439	6.1	34.3	469	6.2
	350	29.6	352	6.8	31.0	381	6.9	32.4	411	6.9	34.1	441	6.9	35.9	470	6.9	37.9	500	6.9
	400	32.5	380	7.6	34.0	410	7.6	35.6	439	7.6	37.3	469	7.7	39.3	499	7.7	41.4	529	7.7
	450	35.4	407	8.4	37.0	437	8.4	38.7	467	8.4	40.6	497	8.5	42.8	527	8.5	45.1	557	8.5
	500	38.3	434	9.2	40.0	464	9.2	41.9	493	9.2	44.0	523	9.2	46.4	553	9.3	49.0	583	9.3
	550	41.2	459	10.0	43.0	489	10.0	45.1	519	10.0	47.5	549	10.0	50.2	579	10.0			
	600	44.0	484	10.7	46.1	514	10.8	48.6	544	10.8	51.4	574	10.8						

Apports recommandés en matière azotée : 20 g/MJ NEL

Tableau 6.2. Apports journaliers recommandés en macro éléments pour les génisses d'élevage de types précoces et tardifs, en g par jour

PV kg	Gain quotidien													
	300 g		400 g		500 g		600 g		700 g		800 g		900 g	
	Ca g	P g	Ca g	P g	Ca g	P g	Ca g	P g	Ca g	P g	Ca g	P g	Ca g	P g
125					15	10	17	11	19	12	21	13	23	13
150			13	10	15	11	17	12	20	13	22	14	24	15
175	13	9	15	10	17	11	20	12	22	14	24	15	27	16
200	15	10	17	11	20	12	22	13	25	14	27	15	30	16
250	16	11	19	12	21	13	24	14	27	15	29	16	31	17
300	18	12	20	13	23	14	26	15	28	16	31	18	33	18
350	21	14	24	15	27	17	30	18	33	19	36	20	38	21
400	24	15	26	16	29	18	32	19	35	20	37	21	40	22
450	25	17	28	18	31	19	34	20	36	21	39	22	42	23
500	27	18	30	19	33	20	35	21	38	23	41	24	43	24
550	32	21	35	22	38	23	41	24	44	26	47	26		
600	34	22	37	23	40	24	43	26	46	26				

Tableau 6.3. Apports journaliers recommandés en macro éléments pour les génisses d'élevage de types précoces et tardifs, en g par kg MSI

PV kg	Gain quotidien													
	300 g		400 g		500 g		600 g		700 g		800 g		900 g	
	Mg g	Na g	Mg g	Na g	Mg g	Na g	Mg g	Na g	Mg g	Na g	Mg g	Na g	Mg g	Na g
125					2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
150			3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
175	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
200	5	3	5	3	5	3	5	3	5	4	6	4	6	4
250	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	7	4	7	4
300	7	4	7	4	7	4	7	5	7	5	8	5	8	5
350	8	5	8	5	8	5	8	5	8	5	9	6	9	6
400	9	5	9	6	9	6	9	6	9	6	10	6	10	6
450	10	6	10	6	10	6	10	6	10	7	11	7	11	7
500	11	7	11	7	11	7	11	7	11	7	12	7	12	8
550	12	7	12	7	12	8	12	8	12	8	13	8		
600	13	8	13	8	13	8	13	8	13	8				

Tableau 6.4. Apports recommandés en oligo-éléments et en vitamines pour les génisses d'élevage

Oligo-éléments	Apports recommandés en mg par kg de MS de la ration
Fer	50
Iode	0.2
Cuivre	8
Manganèse	50
Zinc	40
Cobalt	0.1
Molybdène	0.1
Sélénium	0.15

Tableau 6.5 Apports recommandés en vitamines pour les génisses d'élevage

Vitamines	Empfohlenes Angebot
Vitamine A IE/100 kg PV et jour	5000/7000 ¹⁾
Vitamine D IE/100 kg PV et jour	500/700 ¹⁾
Vitamine E IE/kg de MS	25

- ¹⁾ Valeur inférieure : conditions habituelles d'alimentation et de garde
Valeur supérieure :: en cas de stress (maladie, changement d'étable, etc...))

Annexe: Calcul du croît en graisse et en protéines chez des génisses de types précoces et tardifs

Pour les deux types, une courbe de croissance de référence est tout d'abord définie (courbe de Gompertz) :

précoce	$PV(t) [kg] = 125 \cdot \text{EXP}(1.8 \cdot (1 - \text{EXP}(-0.0032 \cdot t)))$
tardif	$PV(t) [kg] = 125 \cdot \text{EXP}(1.85 \cdot (1 - \text{EXP}(-0.0022 \cdot t)))$
t= jours d'élevage	
EXP = exponentiel base e	

Croît en graisse et en protéines

Pour l'étendue couverte par ces deux courbes de croissance, les quantités de graisse et de protéines dans le corps sont exprimées comme des fonctions du poids vif vide :

Poids vif vide (PVV) :	
précoce	$PVV [kg] = \text{EXP}(-0.7308 + 1.0958 \cdot \ln(PV))$
tardif	$PVV [kg] = \text{EXP}(-0.6994 + 1.0907 \cdot \ln(PV))$
Quantité de graisse dans le corps (Lip):	
précoce	$Lip [kg] = \text{EXP}(-6.8157 + 1.8453 \cdot \ln(PVV))$
tardif	$Lip [kg] = \text{EXP}(-5.1590 + 1.5168 \cdot \ln(PVV))$

Quantité de protéines dans le corps (Prot) : $\text{Prot} [kg] = 0.1436 \cdot (PVV - Lip)^{1.0723}$

Ces formules permettent de calculer les quantités journalières de graisse et de protéines fixées dans le croît.

Les écarts par rapport à la courbe de croissance de référence, c'est-à-dire une autre intensité de croissance, peuvent être pris en considération de la manière suivante :

Croît en protéines avec un gain de poids différent (ΔProt) :	
$\Delta\text{Prot} [g/jour] = \Delta\text{Prot}_o \cdot (GQ/GQ_o)$	ΔProto : croît en protéines de référence GQ_o : GQ de référence
Croît en graisse avec un gain de poids différent (ΔLip) :	
$\Delta\text{Lip} [g/jour] = \Delta\text{Lip}_o \cdot (GQ/GQ_o)^{1.8}$	ΔLip : croît en graisse de référence

Version: Octobre 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: A. Münger, J. Kessler

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence

7. Apports alimentaires recommandés pour la vache laitière

Franz Jans, Jürg Kessler, Andreas Mürger, Fredy Schori, Patrick Schlegel

Table des matières

7.	Apports alimentaires recommandés pour la vache laitière	2
7.1.	Energie.....	2
7.1.1.	Début de lactation	2
7.1.2.	Pleine lactation	3
7.1.3.	Tarissement.....	3
7.2.	Matière azotée	4
7.3.	Minéraux	4
7.4.	Vitamines	4
7.5.	Ingestion	5
7.5.1.	Facteurs liés à la ration	6
7.5.2.	Facteurs liés à l'animal	6
7.5.3.	Facteurs liés au milieu	6
7.6.	Estimation de l'ingestion	7
7.7.	Alimentation de la vache laitière au pâturage	9
7.7.1.	Introduction.....	9
7.7.2.	La pâture en tant que base alimentaire	10
7.7.3.	L'ingestion au pâturage	13
7.7.4.	Besoins en énergie de vaches laitières au pâturage	14
7.7.5.	Bases et recommandations pour l'alimentation	14
7.7.6.	Alimentation minérale et vitaminique à la pâture	15
7.8.	Bibliographie	17
7.9.	Tableaux	18



7. Apports alimentaires recommandés pour la vache laitière

L'alimentation de la vache laitière pose des problèmes plus difficiles à maîtriser que celle des autres catégories de bovins. Entre animaux de productions différentes et chez un même animal au cours du cycle de lactation, les besoins peuvent en effet varier de façon extrême. Comme au début de la lactation ces besoins ne peuvent souvent pas être couverts, une véritable stratégie d'alimentation doit être développée pour la vache laitière, afin d'atteindre physiologiquement et économiquement le meilleur approvisionnement en nutriments possible

7.1. Energie

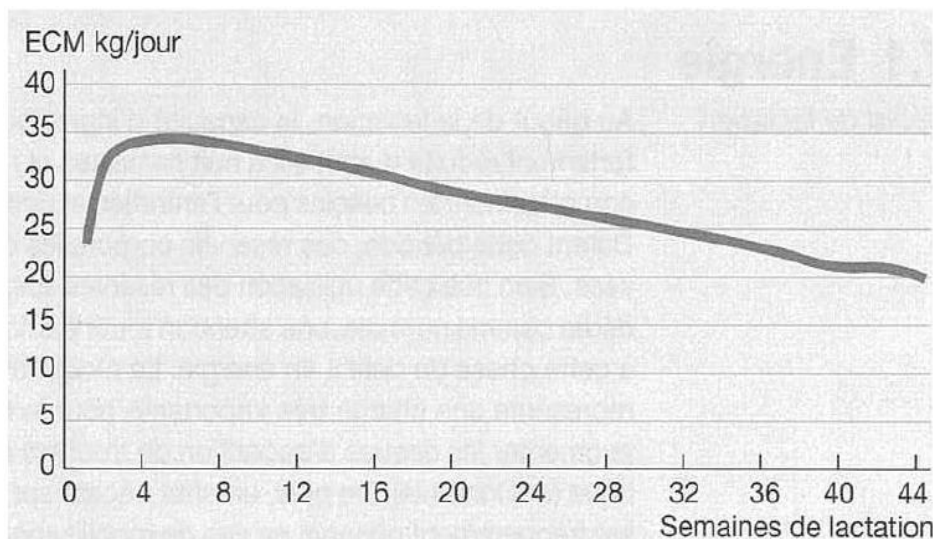
7.1.1. Début de lactation

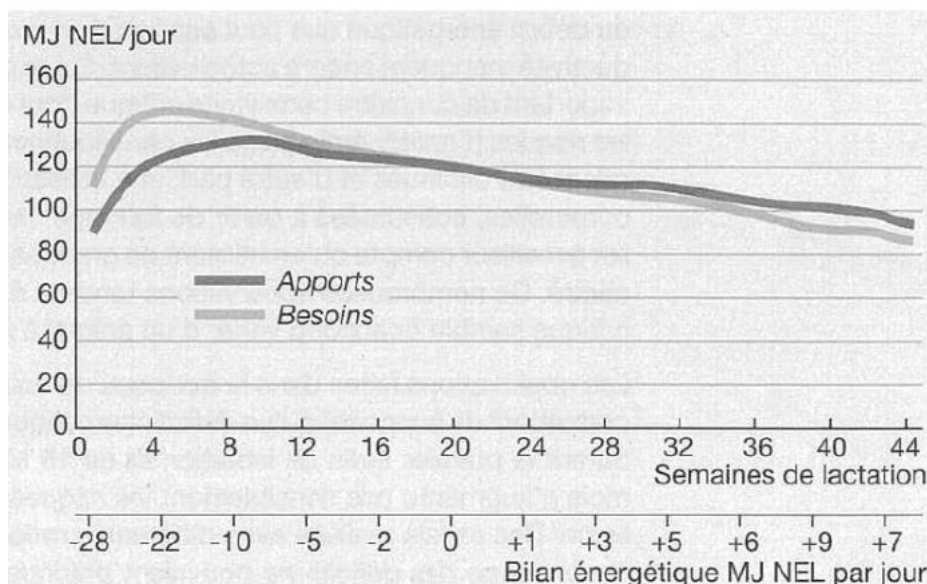
Au début de la lactation, la capacité d'ingestion de la vache laitière est fortement réduite durant six à huit semaines et ne permet pas de couvrir complètement les besoins pour l'entretien et une forte production laitière. Durant cette période, des réserves corporelles doivent alors être mobilisées. Bien que cette utilisation des réserves lipidiques puisse être considérée comme normale, une attention toute particulière doit être accordée à cette phase de déficit en énergie. La mobilisation des dépôts adipeux représente une charge très importante pour le métabolisme et fait ainsi augmenter les risques d'apparition de troubles du métabolisme énergétique (acétonémie). De plus, un effet négatif sur la fécondité des vaches est fréquemment observé en cas de mobilisation excessive en début de lactation. Malheureusement, des connaissances précises sur l'ampleur du déficit énergétique que peut supporter une vache laitière à haute productivité manquent encore actuellement. Sur le plan économique, il serait important de connaître cette limite critique pour deux raisons. D'une part, les risques d'acétonémie (avec les conséquences qu'elle entraîne) pourraient être diminués et d'autre part une utilisation optimale des réserves corporelles, constituées à partir de fourrage, permettrait de produire du lait à meilleur compte qu'en utilisant de grandes quantités d'aliment concentré. De nombreuses observations tendent à montrer que cette limite critique semble beaucoup varier d'un animal à l'autre (Jans 1994).

Les observations faites dans le troupeau de notre Station de recherches permettent de supposer qu'un déficit énergétique journalier de 20 MJ NEL durant le premier mois de lactation et de 15 MJ NEL durant le second mois n'augmente pas sensiblement les risques de troubles du métabolisme. Des essais réalisés avec différentes rations ont montré à maintes reprises que ces déficits ne pouvaient pratiquement pas être inférieurs aux valeurs mentionnées, même avec des quantités élevées de concentrés (Hoden et al, 1988, Jans 1994).

La figure 7.1 permet de comparer la consommation moyenne d'énergie et les besoins correspondants de vaches ayant participé à des essais à notre Station de recherches. Il apparaît que les déficits énergétiques planifiés à 20 et 15 MJ NEL, respectivement pour le premier et deuxième mois de lactation, ont finalement été nettement plus importants, car une grande partie des animaux n'a pas été capable d'ingérer la ration distribuée. La situation n'aurait été que faiblement améliorée par la mise à disposition de plus grandes quantités d'aliment complémentaire, car celui-ci se serait encore davantage substitué aux fourrages de la ration.

Figure 7.1. Production laitière et bilan énergétique de vaches à hautes performances
(données provenant de 448 lactations; production moyenne par lactation 7776 kg)





Pour ces raisons il est justifié, lors du calcul de rations pour des vaches en début de lactation, d'inclure une certaine mobilisation de réserves corporelles. Il faut toutefois suffisamment tenir compte de la diminution de la capacité d'ingestion durant cette période. Pour garantir une bonne fécondité, les apports en énergie jusqu'à la saillie fécondante ne devraient pas être trop réduits. Toutes les mesures possibles doivent être prises pour maximiser l'ingestion de fourrage et pour éviter les troubles digestifs. Une de ces mesures consiste à distribuer à volonté des fourrages d'excellente qualité 24 heures sur 24. Il faut également tenir compte du fait que des rations composées, par exemple, de foin et de betteraves permettent une augmentation plus rapide de la consommation que des rations composées principalement d'ensilage. Pour éviter l'apparition de troubles digestifs, la quantité d'aliment concentré doit être augmentée progressivement (au maximum 2 kg par semaine) et distribuée en plusieurs portions ne dépassant pas 2 à 3 kg. Afin d'optimiser les fermentations dans la panse, l'aplatissage des céréales est préférable à une mouture fine (excepté pour le maïs).

7.1.2. Pleine lactation

La phase de pleine lactation se caractérise par une capacité d'ingestion maximale chez des vaches dont la production laitière commence déjà à diminuer. A partir du 4^{ème} mois environ et contrairement à ce qui se passe au début de la lactation, un déficit en énergie se traduit par une diminution de la production laitière. Les problèmes de santé restent assez rares. Durant cette phase, il faut également tenir compte d'un besoin supplémentaire pour la croissance chez les jeunes vaches.

7.1.3. Tarrisement

Durant les cent derniers jours de la lactation, le bilan énergétique de la vache laitière est généralement positif (voir fig. 7.1). Durant cette phase, une diminution de la production laitière consécutive à un déficit alimentaire momentané ne peut plus être compensée par un apport ultérieur en nutriments mieux adapté. Si les apports dépassent les besoins pour la production laitière, des réserves corporelles sont constituées ; elles seront utilisées en début de lactation ou pour la croissance si la vache n'est pas encore adulte. Normalement, il n'est pas nécessaire d'augmenter les apports en nutriments de la vache tarie au-delà des besoins nécessaires au développement du fœtus, car l'énergie superflue est stockée sous forme de dépôts adipeux. Un état d'engraissement excessif au vêlage provoque au début de la lactation une diminution plus forte de la capacité d'ingestion et augmente les risques de troubles métaboliques et de problèmes de fécondité. Ainsi, le bilan énergétique devient plus fortement déficitaire.

Les besoins en énergie pour toute la gestation sont estimés entre 1200 et 1400 MJ NEL, ce qui correspond à 400 à 450 kg de lait. Jusqu'au septième mois de gestation, les besoins supplémentaires en énergie par jour sont inférieurs à ceux nécessaires pour produire 1 kg de lait. A partir du huitième mois et durant le neuvième mois, ces besoins augmentent pour atteindre respectivement l'équivalent de 4 et 6 kg de lait.

Malgré la capacité d'ingestion réduite de la vache tarie, il est possible de couvrir ses besoins avec des fourrages. Comme l'ont démontré des essais d'alimentation, une ration ayant entre 4.7 et 5.0 MJ NEL et 80 à 100 g de MA par kg de MS permet de remplir ces exigences. Pour éviter un engraissement excessif des vaches taries, les fourrages ayant une valeur nutritive trop élevée devraient être remplacés par des fourrages de moins bonne qualité ou être « dilués » avec de la paille durant les deux premiers tiers du tarrisement. Le plus souvent, une restriction de la quantité de fourrage distribué s'impose.

Durant les trois semaines qui précèdent le vêlage (phase de préparation), il est important d'adapter progressivement la concentration de la ration à celle qui sera effective après le vêlage. Il s'agit également d'habituer l'animal à ingérer des aliments concentrés facilement digestibles (y compris les betteraves et les pommes de terre). La quantité d'aliment concentré distribué devrait atteindre, à la fin de cette phase de préparation, environ 30 à 40% de la quantité maximale prévue après le vêlage, car une forte augmentation de cette distribution n'est pas indiquée durant les dix jours qui suivent le vêlage.

7.2. Matière azotée

Contrairement à l'énergie, qui peut être stockée sous forme de dépôts adipeux durant la lactation puis être mobilisée par la vache laitière, les possibilités de stockage et de mobilisation de la matière azotée sont modestes. Alors que la vache laitière peut mobiliser des réserves d'énergie lui permettant de produire entre 300 et 500 kg de lait, ses réserves protéiques lui suffisent à peine pour produire 100 à 200 kg de lait (Hoden et al. 1988). Par conséquent, les besoins en PAI devraient être couverts à chaque stade de la lactation.

En présence d'un déficit en PAI, la vache limite ses excréments de matière azotée ce qui signifie, soit que la teneur en protéines du lait diminue, soit que les quantités de lait et de protéines produites s'amenuisent.

Au début de la lactation, le déficit en PAI peut être important chez la vache à haute performance, si l'on ne tient pas suffisamment compte de la capacité réduite d'ingestion. Comme un déficit en PAI entraîne souvent aussi une diminution de l'ingestion et agit négativement sur l'utilisation de l'énergie, le déficit énergétique augmente encore. Pour couvrir les besoins en PAI durant cette phase, des concentrés plus riches en protéines doivent être utilisés. Lors du calcul des rations, l'inévitable mobilisation des réserves d'énergie doit être prise en considération. Afin que des quantités trop élevées de matière azotée facilement dégradable ne chargent pas inutilement le métabolisme de la vache durant cette phase, la qualité protéique des concentrés doit être très bonne. Leur teneur en PAI devrait au moins représenter 50% de la teneur en matière azotée et la teneur en acides aminés être adaptée à la ration de base.

Une teneur minimale en matière azotée de 20 g par MJ NEL est nécessaire pour garantir une croissance optimale des microorganismes dans la panse et ainsi optimiser la digestion des éléments nutritifs. Une teneur nettement inférieure à cette limite entraîne une mauvaise utilisation des nutriments.

L'animal n'est capable de stocker que de faibles quantités de la matière azotée apportée en excès. Une grande partie est éliminée, tout en chargeant le métabolisme de l'animal. Ces rejets accrus d'azote peuvent en outre représenter une source de pollution de l'eau et de l'air. Ainsi, à long terme, la limite supérieure de 30 g de matière azotée par MJ NEL ne devrait pas être dépassée. Cela signifie qu'au printemps et en automne principalement, l'herbe distribuée à un stade très précoce devrait être «diluée» avec des aliments pauvres en MA.

7.3. Minéraux

Les apports recommandés en macros éléments pour la vache laitière (tab. 7.2 et 7.3) se basent sur les données générales du chapitre 4.1 et celles relatives à l'ingestion de ce même chapitre. Les coefficients d'absorption utilisés sont décrits sous forme de note sous les tableaux respectifs. Les apports recommandés en oligo-éléments figurent dans le tableau 7.4. Certaines spécificités liées à la pâture sont évoquées dans le chapitre 7.7

7.4. Vitamines

Parmi les vitamines connues aujourd'hui, les provitamines A ainsi que les vitamines A, D et E revêtent une importance pratique pour l'alimentation du bétail laitier. Les apports recommandés figurent dans le tableau 7.4. La synthèse de vitamine B par les microorganismes de la panse permet à la vache laitière d'être indépendante d'un apport alimentaire. Les avis sur l'importance de l'acide nicotinique chez la vache à haute performance sont encore divergents.

Parmi les provitamines A, le **β -carotène** est la plus importante. Lors de la transformation de β -carotène en vitamine A, le rapport exprimé en unité de poids varie entre 4:1 et 8:1. Celui-ci peut être influencé par l'importance des apports en β -carotène et en vitamine A ainsi que par les pertes de β -carotène dans le tube digestif. Parallèlement à son rôle de précurseur de la vitamine A, le β -carotène a aussi une fonction spécifique, indépendante de la vitamine A, en relation avec la reproduction. Les données concernant les besoins en β -carotène de la vache laitière varient énormément et sont de ce fait à interpréter avec prudence. En été, l'herbe permet à la vache de couvrir ses besoins sans problème. En hiver, à quelques exceptions près (rations avec des proportions élevées d'ensilage de maïs ou de conserves d'herbe de moindre qualité), une complémentation en β -carotène est également inutile.

La **vitamine A** est absente dans les aliments d'origine végétale et présente dans ceux d'origine animale. En été, la vache laitière couvre ses besoins en vitamine A grâce aux provitamines A contenues en quantités importantes dans l'herbe (β -carotène essentiellement). Par contre, en hiver, un apport complémentaire en vitamine A est indispensable. En raison des nombreux facteurs qui peuvent influencer positivement ou négativement les besoins en vitamines (état général, performance, milieu, ration, etc.), deux valeurs figurent sous les apports recommandés. Dans des conditions favorables et avec une production moyenne, la valeur inférieure peut être utilisée. Pour des performances élevées et/ou un milieu défavorable, la valeur supérieure est indiquée.

Deux sources permettent à la vache laitière de couvrir ses besoins en **vitamine D**. D'une part, elle synthétise elle-même la provitamine D3, qui est transformée en vitamine D3 dans l'épiderme sous l'action des rayons ultraviolets. D'autre part elle tire profit de la transformation de la provitamine D2 en vitamine D2 dans l'herbe fauchée, sous l'action des rayons ultraviolets. Les animaux à la pâture et ceux recevant des rations avec prédominance de foin séché au sol n'ont en général pas besoin d'un apport complémentaire en vitamine D. Par contre, pour les vaches gardées principalement à l'étable ou celles recevant des rations contenant peu de foin séché au sol, une complémentation en vitamine D est nécessaire. Comme pour la vitamine A, deux valeurs figurent aussi sous les apports recommandés. Une administration prolongée de vitamine D à des doses supérieures aux recommandations (facteur 10) peut provoquer chez la vache laitière une calcification du cœur, des vaisseaux sanguins et des reins.

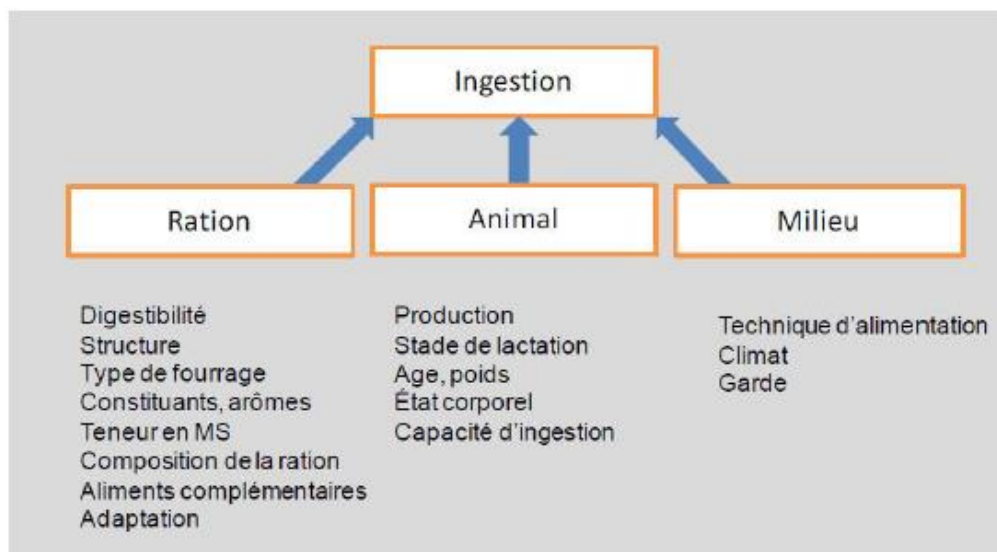
Alors que l'herbe est riche en **vitamine E**, les aliments habituellement utilisés dans les rations hivernales tels que le fourrage sec, les céréales et les tourteaux d'extraction d'oléagineux en contiennent des quantités plutôt faibles. De ce fait, de la vitamine E doit en général être ajoutée aux rations hivernales. Une complémentation peut aussi s'avérer nécessaire lorsque la ration est riche en acides gras insaturés (herbe de printemps, huile de foie de morue), lorsqu'elle contient des cultures dérobées avec une teneur élevée en nitrates ou lorsque les animaux sont exposés au stress.

La vache laitière couvre ses besoins en **acide nicotinique** aussi bien grâce à la synthèse effectuée par les microorganismes de la panse que par la ration. Selon diverses études, un apport en acide nicotinique peut améliorer, entre autres, la production microbienne d'acides acétique et propionique ainsi que l'utilisation de l'énergie chez les vaches à haute performance fraîchement vèlées. Il en résulte par exemple une production laitière plus élevée, une meilleure persistance et une diminution des risques d'acétonémie. Toutefois, trop peu de données sont encore disponibles sur les conditions (âge, niveau de production, type de ration, etc.) dans lesquelles l'apport d'acide nicotinique est efficace. De ce fait, aucune recommandation n'est donnée pour le moment.

7.5. Ingestion

Comme les autres espèces animales, la vache laitière essaie aussi d'adapter son ingestion à ses besoins en énergie (excepté durant le tarissement). Toutefois chez les vaches à haute performance, le volume du tube digestif et, en début de lactation, l'état physiologique de l'animal représentent des facteurs limitant fortement l'ingestion. Le niveau d'ingestion dépend de nombreux facteurs, dont les principaux sont la ration, l'animal et le milieu (figure 7.2).

Figure 7.2. Facteurs influençant l'ingestion chez la vache laitière



7.5.1. Facteurs liés à la ration

Le volume du tube digestif de la vache laitière étant le premier facteur limitant pour la quantité de fourrage ingéré, il est important que la ration soit rapidement dégradée afin de permettre une plus grande ingestion. Plus la dégradation du fourrage dans la panse est rapide, plus vite l'animal pourra de nouveau ingérer du fourrage. La vitesse de dégradation du fourrage dépend essentiellement de sa digestibilité et de sa structure. De faibles teneurs en MS de l'ensilage et de l'herbe agissent de façon négative sur l'ingestion. La longueur des brins peut aussi exercer une influence sur l'ingestion. En effet, une consommation supérieure de 1 à 1.5 kg de MS a toujours pu être constatée avec des ensilages d'herbe en brins courts par rapport à des brins longs. Par contre, il est aussi possible de détruire la structure de la ration par un traitement mécanique excessif (par exemple char mélangeur) et d'influencer ainsi l'ingestion de façon négative. Outre ces différents aspects, les constituants et les arômes propres à chaque fourrage jouent un rôle déterminant pour le niveau d'ingestion (par exemple ensilages).

La complémentation avec des aliments concentrés peut influencer de manière significative le degré d'acidité dans la panse et en même temps l'ingestion de la ration de base. En règle générale, il s'avère que plus la qualité du fourrage est bonne, plus l'effet de substitution par l'aliment complémentaire est important.

7.5.2. Facteurs liés à l'animal

Très souvent, le niveau d'ingestion augmente parallèlement à la production laitière. Selon de nombreux essais suisses et étrangers, cet accroissement de l'ingestion n'atteint que 300 à 400 g par kg de lait supplémentaire (Kirchgessner et Schwarz 1984, Journet 1983, Hoden et al. 1988). Comme 300 g d'aliment concentré ne permettent pas de couvrir les besoins pour produire 1 kg de lait, une production laitière plus élevée ne doit pas seulement impliquer une augmentation de la quantité d'aliment concentré, mais aussi de la concentration en nutriments de la ration de base.

En général, le volume de la panse des animaux dépend directement du poids vif. La capacité d'ingestion augmente en moyenne de 1 kg de MS par 100 kg de poids vif (Journet 1983).

Durant le cycle de production, le stade de lactation et la gestation agissent fortement sur la capacité d'ingestion. Celle-ci est sensiblement réduite pendant les cinq à six premières semaines suivant le vêlage. A la fin du premier mois de lactation, la vache parvient déjà au maximum de sa production laitière, mais sa consommation maximale n'est atteinte qu'à partir du troisième mois de lactation. Durant la phase où l'ingestion est limitée, la ration ne permet donc pas de couvrir les besoins énergétiques des vaches à haute performance. Plus la qualité et l'appétibilité de la ration sont bonnes, plus l'ingestion progresse rapidement durant la phase de début de lactation. Le rôle joué par l'approvisionnement en nutriments durant le tarissement ne doit pas non plus être oublié. Un apport d'énergie trop élevé durant cette phase entraîne un engraissement excessif des animaux, dont l'ingestion diminue alors fortement après le vêlage. A partir du quatrième mois de lactation, l'ingestion totale de MS diminue de nouveau légèrement, parallèlement à la production laitière. Elle reste en revanche relativement constante lorsqu'on l'exprime par kg de lait.

Dès le huitième mois de gestation, la place prise par le fœtus restreint progressivement le volume de la panse, si bien que l'ingestion diminue continuellement jusqu'au vêlage. Cette baisse de la consommation n'engendre pas de problème particulier pour l'approvisionnement en nutriments de l'animal. Au contraire, une limitation des apports est indispensable pour éviter de dépasser les besoins modestes durant les quatre à six premières semaines de la période de tarissement.

Comme la croissance des primipares n'est pas achevée, leur panse n'a pas encore atteint son volume final. Par conséquent, pour une même production laitière, elles consomment 2 à 3 kg de MS de fourrage de base en moins que des vaches adultes.

7.5.3. Facteurs liés au milieu

En plus du climat et du mode de garde des animaux, la technique d'alimentation peut avant tout influencer fortement l'ingestion. Pour pouvoir consommer de grandes quantités, l'animal doit bénéficier de périodes d'alimentation suffisamment longues, mais aussi d'une distribution répartie en plusieurs repas au cours de la journée pour stimuler son appétit. Sur la totalité de la ration, il est normal que les vaches à haut potentiel laitier laissent environ 5 à 10 % de restes. Ceux-ci ne doivent pas être considérés comme des pertes; ils peuvent en effet être donnés aux animaux moins productifs (vaches tarées, génisses, etc.).

Pour favoriser une croissance optimale des microorganismes de la panse, condition primordiale au bon déroulement de la digestion et à un niveau d'ingestion élevé, il est indispensable que des nutriments soient continuellement disponibles en quantités suffisantes et équilibrées dans la panse, afin que le pH fluctue le moins possible. C'est la raison pour laquelle, les aliments donnés aux animaux devraient contenir des sources énergétiques et protéiques, rapidement et progressivement dégradables, en proportions si possible égales durant toute la période d'alimentation.

7.6. Estimation de l'ingestion

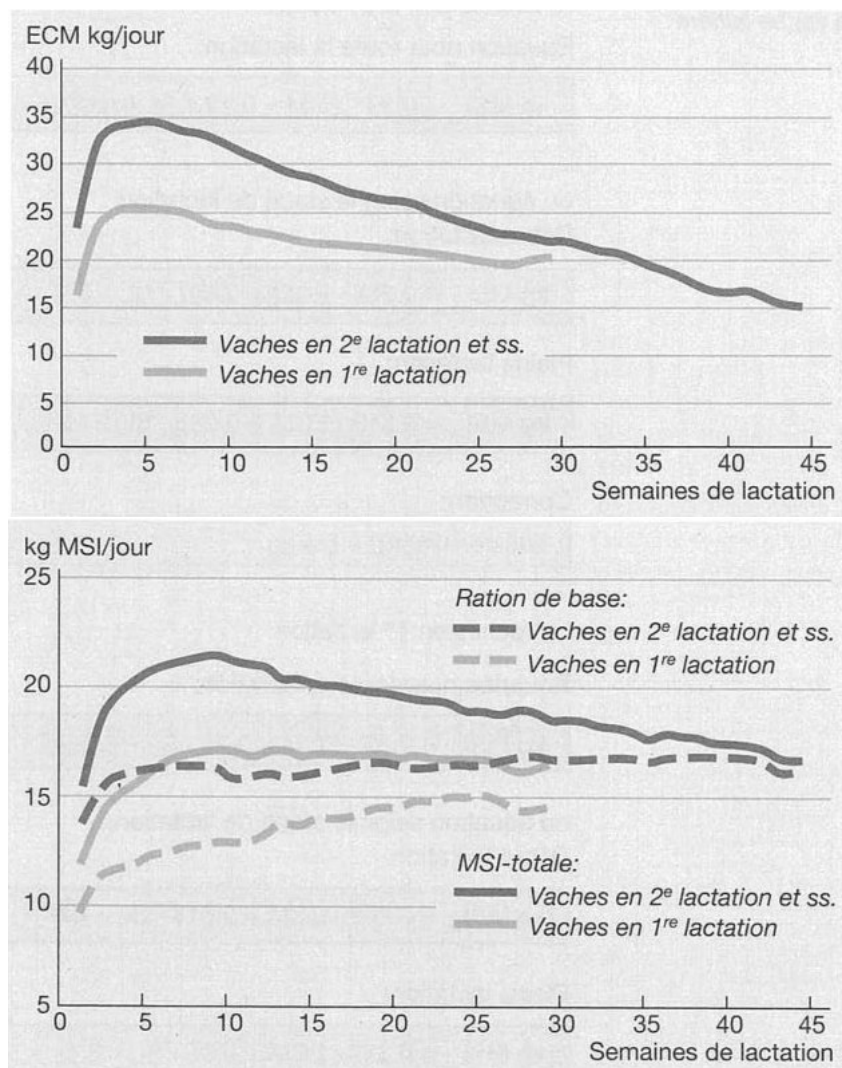
L'estimation de l'ingestion se base sur une évaluation des résultats d'essais d'alimentation réalisés à notre Station de recherches entre 1985 et 1993. 599 lactations ont été prises en compte, dont 151 provenaient de primipares et 448 de vaches adultes. L'évaluation a été effectuée en fonction de l'âge des animaux et de trois différents types de rations: rations à base de fourrage sec, rations à base d'ensilage d'herbe (>40 % de la MS de la ration de base) et rations à base d'ensilage de maïs (>40 % de la MS de la ration de base). Le fourrage a été mis à disposition des animaux 24 heures sur 24. Le rationnement a été planifié de telle manière que des restes de l'ordre 1 à 2 kg de MS par vache et par jour subsistent. Les données sur les animaux utilisés figurent dans le tableau 7.5 (chapitre 7.9).

Les primipares ont eu une production moyenne de 6374 kg ECM et les vaches adultes de 7776 kg ECM. Les primipares pesaient en moyenne 600 kg et les adultes 680 kg. Les résultats de cette évaluation figurent dans les tableaux 7.6 et 7.7 (chapitre 7.9), sous forme de moyennes des principales phases de la lactation pour les primipares et les vaches adultes. La figure 7.3 montre l'évolution de la production laitière et de l'ingestion durant la lactation.

Avec une production laitière plus faible et un poids vif moins élevé que les animaux adultes, les primipares ont une capacité d'ingestion nettement moins grande, qui évolue différemment au cours de la lactation. Au début de la lactation, leur capacité d'ingestion est plus limitée et sur une plus longue période que celle des animaux adultes. Ces différences devraient être prises en considération lors de l'estimation de l'ingestion et de la planification des rations, afin de fournir les meilleurs apports nutritifs possibles aux jeunes vaches, dont la production va encore augmenter.

Comme le montrent les résultats du tableau 7.6, d'importantes différences dans les quantités ingérées ont pu être observées entre les trois types de rations chez les vaches adultes. Aussi bien en début de lactation qu'en phase de pleine lactation, l'ingestion a été la plus importante avec les rations à base de fourrage sec et la plus faible avec les rations à base d'ensilage d'herbe. Ces différences sont nettement moins marquées chez les primipares (voir tab. 7.7). Sur la base de ces résultats, le niveau d'ingestion peut être estimé à l'aide des formules suivantes, en partie simplifiées.

Figure 7.3. Production laitière et ingestion de MS de jeunes vaches et de vaches adultes



Estimation de l'ingestion pour la vache laitière*

I. Ingestion totale (kg MSI_{tot})

a) Vaches dès la 2e lactation

Équation pour toute la lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{tot}} = 0.33 \cdot \text{ECM} + 0.17 \cdot \text{SL} - 0.0025 \cdot \text{SL}^2 + 8.8$$

ou équation selon le stade de lactation

Début lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{tot}} = 0.268 \cdot \text{ECM} + 0.457 \cdot \text{SL} + 8.9$$

Pleine lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{tot}} = 0.313 \cdot \text{ECM} + 0.035 \cdot \text{SL} + 10.7$$

Correction:

Ration à base de fourrage sec (toutes les rations hivernales sans ensilage) : + 0.6 kg

b) Vaches en 1re lactation

Équation pour toute la lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{tot}} = 0.33 \cdot \text{ECM} + 0.29 \cdot \text{SL} - 0.0047 \cdot \text{SL}^2 + 6.0$$

Ou équation selon le stade de lactation

Début lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{tot}} = 0.202 \cdot \text{ECM} + 0.516 \cdot \text{SL} + 8.0$$

Pleine lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{tot}} = 0.337 \cdot \text{ECM} + 0.05 \cdot \text{SL} + 8.6$$

Abréviations : ECM = lait corrigé par rapport à sa teneur en énergie SL = semaine de lactation

*données de base voir tableaux 7.5 à 7.7, chapitre 7.9

II. Ingestion de la ration de base (kg MSI_{RB})

a) Vaches dès la 2e lactation

Équation pour toute la lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{RB}} = 2.74 \cdot \text{NEL}_{\text{RB}} + 0.017 \cdot \text{ECM} + 0.045 \cdot \text{SL} - 0.9$$

ou équation selon le stade de lactation

Début lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{RB}} = 2.70 \cdot \text{NEL}_{\text{RB}}$$

Pleine lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{RB}} = 2.75 \cdot \text{NEL}_{\text{RB}} + 0.5$$

Correction :

	1er mois	2e mois	dès 3e mois
>40 % ensilage d'herbe	-1.3 kg	-0.5 kg	-0.5 kg
Ration à base de fourrage sec (toutes les rations hivernales sans ensilage)	+0.9 kg	+1.9 kg	+1.4 kg
Autres rations (y compris fourrage vert)	-0.5 kg	+0.5 kg	
Rations sans betteraves	-0.5 kg	-0.5 kg	-0.5kg

b) Vaches en 1re lactation

Équation pour toute la lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{RB}} = 3.28 \cdot \text{NEL}_{\text{RB}} + 0.008 \cdot \text{ECM} + 0.24 \cdot \text{SL} - 0.0025 \cdot \text{SL}^2 - 9.0$$

Ou équation selon le stade de lactation

Début lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{RB}} = 4.0 \cdot \text{NEL}_{\text{RB}} - 12.1$$

Pleine lactation :

$$\text{kg MSI}_{\text{RB}} = 3.1 \cdot \text{NEL}_{\text{RB}} - 4.8$$

III. Corrections supplémentaires

Les formules d'estimation données pour l'ingestion totale et l'ingestion de la ration de base ont été obtenues à partir d'un matériel défini (voir tableau 7.8). Pour estimer l'ingestion dans la pratique, des critères supplémentaires doivent être pris en considération. Ceux-ci, avec leurs corrections, sont donnés ci-après sous forme de fourchettes car des indications plus précises ne sont souvent pas possibles.

Animal :

production par lactation	-1 kg MSI/1000 kg de lait en moins (base 6500 kg en 1 ^{re} lactation ; 7500 kg dès la 2 ^e lactation)
poids vif	±1 kg MSI/100 PV (base 600 kg en 1 ^{er} lactation ; 650 kg dès la 2 ^e lactation)
État corporel	-1 à -2 kg MSI

Ration:

qualité fermentaire des ensilages	- 1 à - 2 kg MSI
structure	- 1 à - 2 kg MSI
teneur en MS	- 1 à - 2 kg MSI
alimentation complémentaire	- 1 à - 2 kg MSI

Technique d'alimentation:

durée d'alimentation < 6 heures	- 1 à - 2 kg MSI
---------------------------------	------------------

7.7. Alimentation de la vache laitière au pâturage

7.7.1.Introduction

L'alimentation au pâturage se distingue de celle à base de fourrages conservés par quelques aspects fondamentaux. L'alimentation de l'animal et la production fourragère font un ensemble inséparable au pâturage, qui nécessite la considération des interactions lors de l'optimisation des deux éléments. Ainsi, en plus des critères établis comme par exemple la couverture des besoins nutritifs, la prévention des perturbations métaboliques et le maintien de la fertilité en formulation des recommandations d'apports alimentaires, les aspects d'une production durable et efficace de la surface fourragère sont à intégrer. La productivité des pâturages est conditionnée par des facteurs externes comme les conditions climatiques et météorologiques, les caractéristiques du sol, la topographie et la botanique. Elle est donc fortement influencée par l'altitude, caractérisée par une saisonnalité et est sujette à des variations à court terme.

La recherche de l'équilibre entre besoins de l'animal et productivité de la pâture implique que la performance individuelle de la vache atteint plus rapidement des limites que lors d'une alimentation à la crèche. D'une part, l'objectif de maintenir une pression de pâture suffisante limite l'ingestion ; de l'autre part la concentration nutritive de l'herbe de pâture ne peut pas atteindre le niveau de rations enrichies avec des aliments complémentaires. Par calcul, une production annuelle de 7000 kg de lait ou une production journalière de 30 kg pendant des périodes limitées peuvent être atteintes sous conditions favorables avec nos principales races sur une ration à base de pâture. Des performances dépassant ces niveaux nécessitent l'utilisation d'aliments complémentaires ou la mobilisation de réserves corporelles.

En relation avec l'offre, la vache au pâturage a plus de possibilités de sélectionner et peut ainsi augmenter son ingestion de nutriments. D'autre part, la vache au pâturage doit faire plus d'efforts pour chercher sa nourriture, en cas d'offre quantitativement ou qualitativement insuffisante. L'activité supplémentaire qui en découle doit être prise en compte dans l'estimation des besoins nutritifs, en particulier des besoins en énergie.

L'alimentation au pâturage n'est pas comparable celle à base de fourrages conservés. La multitude de facteurs qui ne sont pas ou peu contrôlables accorde plus d'importance à l'expérience de l'éleveur. La majorité des recommandations ci-dessous sont ainsi orientés vers des valeurs indicatives et des aides de décision ou d'options.

7.7.2. La pâture en tant que base alimentaire

La production fourragère d'un pâturage dépend des conditions de croissance (lumière, température, pH du sol, approvisionnement en eau et en éléments fertilisants), de la composition botanique, du stade de développement et de vieillissement (décomposition des plantes, perte de nutriments et diminution de l'ingestibilité) et de la gestion du pâturage.

L'offre quantitative d'herbe présente ainsi une évolution saisonnière (fig. 7.4). Elle peut être estimée (Mosimann et al. 1999, ADCF 2007, [ALP actuel Nr. 48](#)) avec différentes méthodes (Corrall et Fenlon 1978), et d'outils de mesure (double-mètre, herbomètre, C-Dax pasture meter).

La qualité nutritive peut être estimée à l'aide des tableaux des valeurs nutritives du fourrage vert. En règle générale, on part du **stade de développement 2**, et pour un pâturage extensif du stade de développement 3.

Les valeurs nutritives varient au cours de la saison (fig. 7.5, 7.6 et 7.7), mais dépendant aussi de la gestion du pâturage. Les variations des teneurs entre les saisons reflètent en partie les influences de l'utilisation. Les corrections des valeurs de référence de l'herbage vert (tab. 7.8) cherchent à tenir compte des conditions particulières du pâturage.

Figure 7.4. Courbes de croissance de l'herbe de pâture à Posieux (PER; alt. 670 m, précip. 1000 mm / an), resp. Sorens (Bio; alt. 820 m, précip. 1150 mm / an)

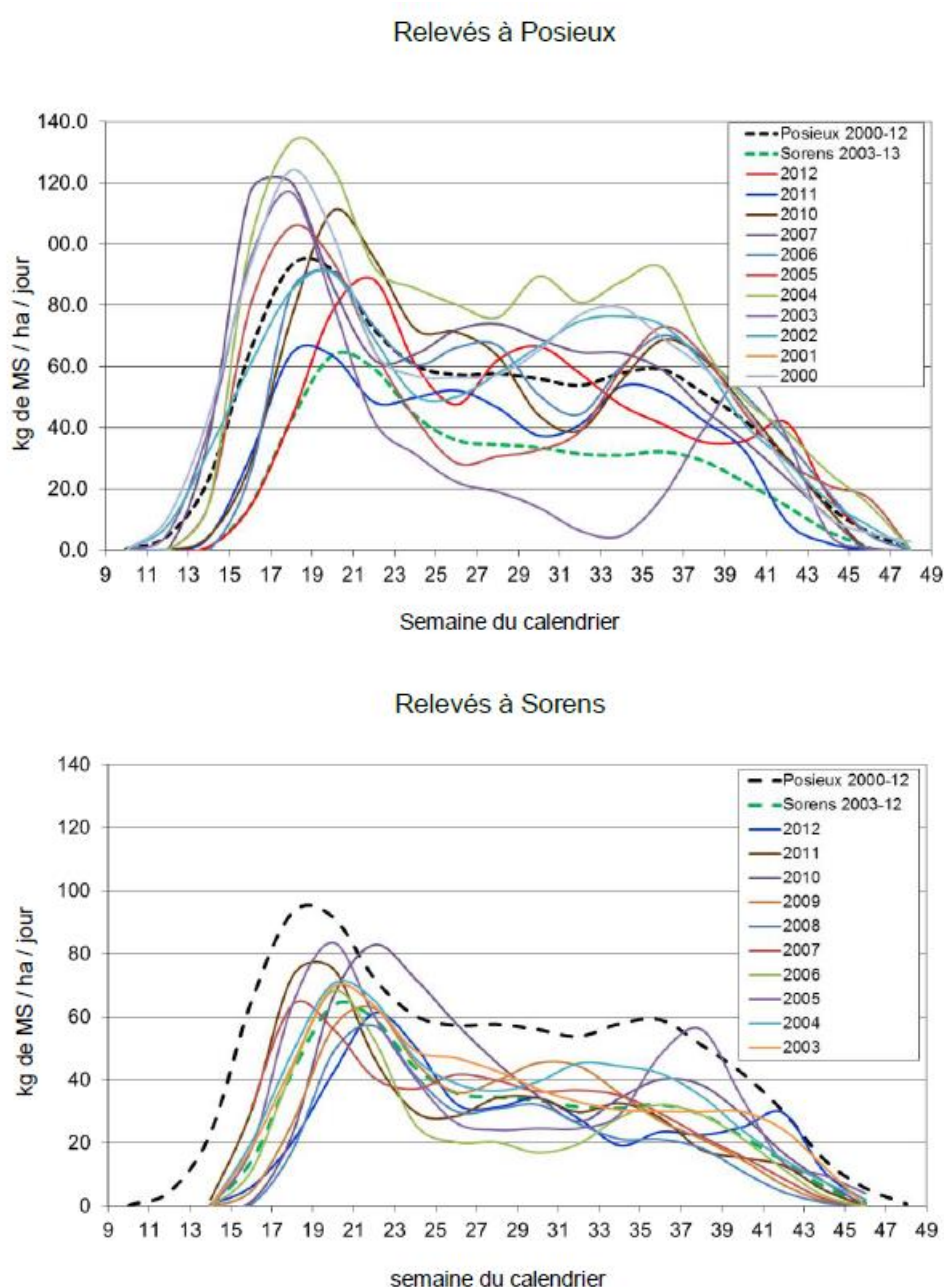


Figure 7.5. Variation saisonnière de teneur en nutriments; valeurs hebdomadaire de plusieurs années à Posieux et Sorens

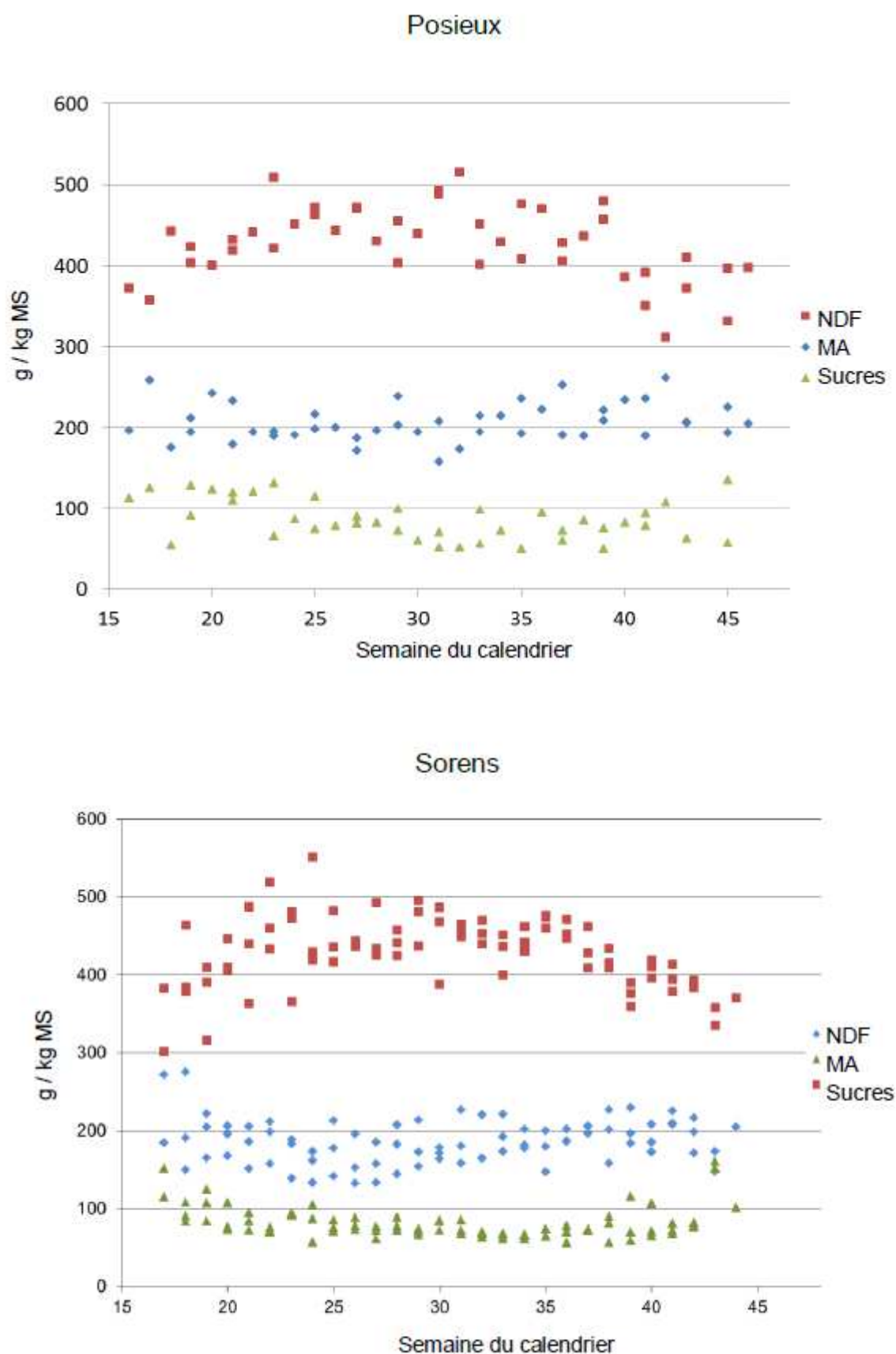


Figure 7.6. Variation saisonnière de teneurs en minéraux (macro-éléments); données de Posieux et Sorens entre 2008 et 2010

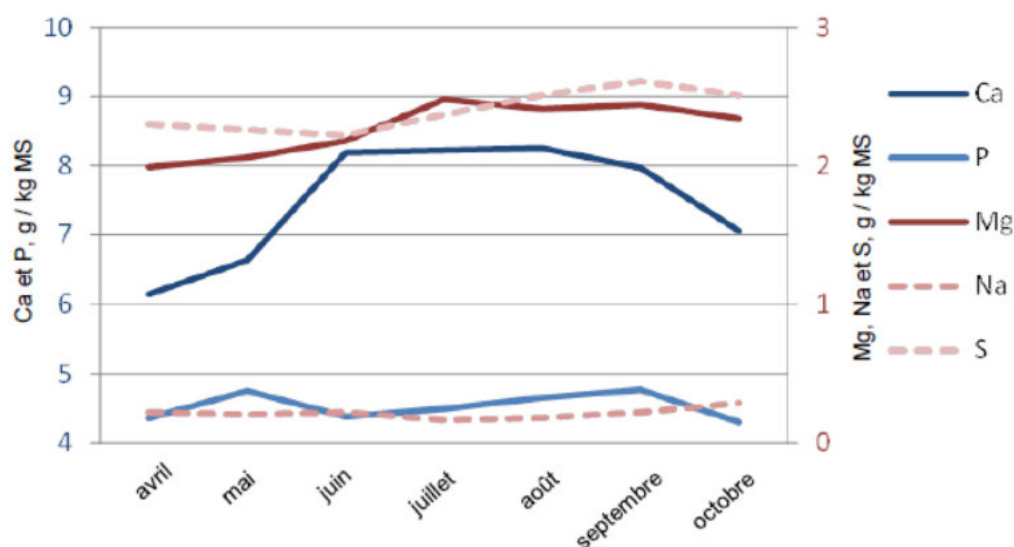
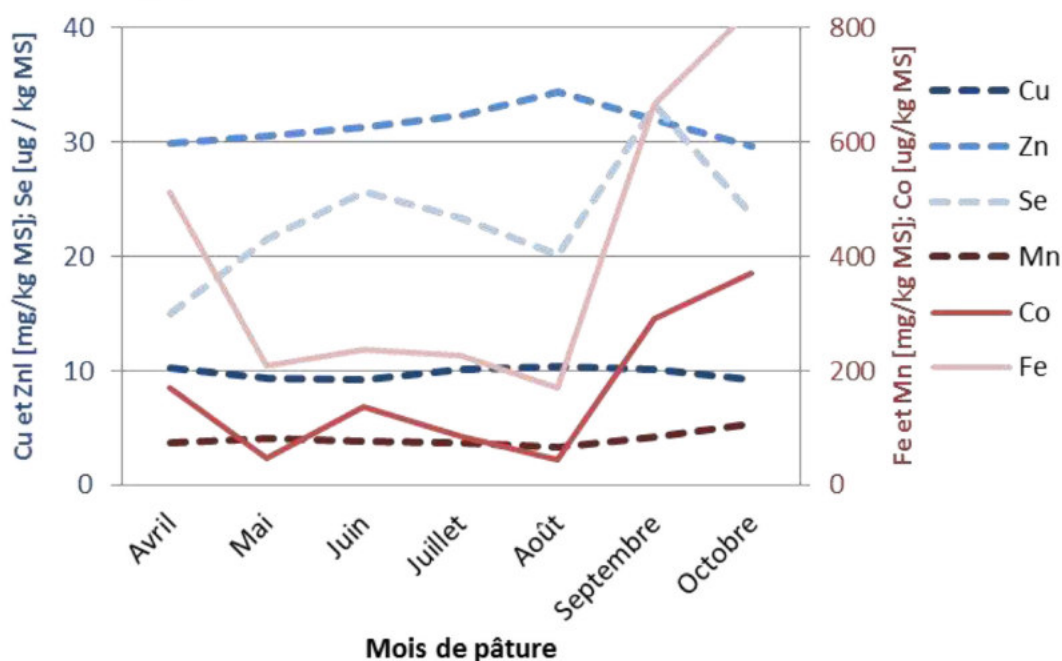


Figure 7.7. Variation saisonnière de teneurs en minéraux (oligo-éléments); données de Posieux et Sorens entre 2008 et 2010



Un décalage des valeurs de références peut être dû aux critères locaux (climat, météo, sol, topographie) et dû à une utilisation variée du pâturage (système et gestion du pâturage, fauche intermittentes, quantité et distribution d'engrais). Les courbes saisonnières représentées ne fournissent donc que des valeurs d'orientation. La prise en considération des conditions de croissance locales autant que l'expérience ou même des mesures amenant à des valeurs plus précises.

L'évaluation de l'offre en nutriments d'une pâture est fastidieuse et relativement imprécise. L'analyse d'échantillons représentatifs peut faire sens, mais ils ne reflètent toutefois qu'une information spontanée.

7.7.3.L'ingestion au pâturage

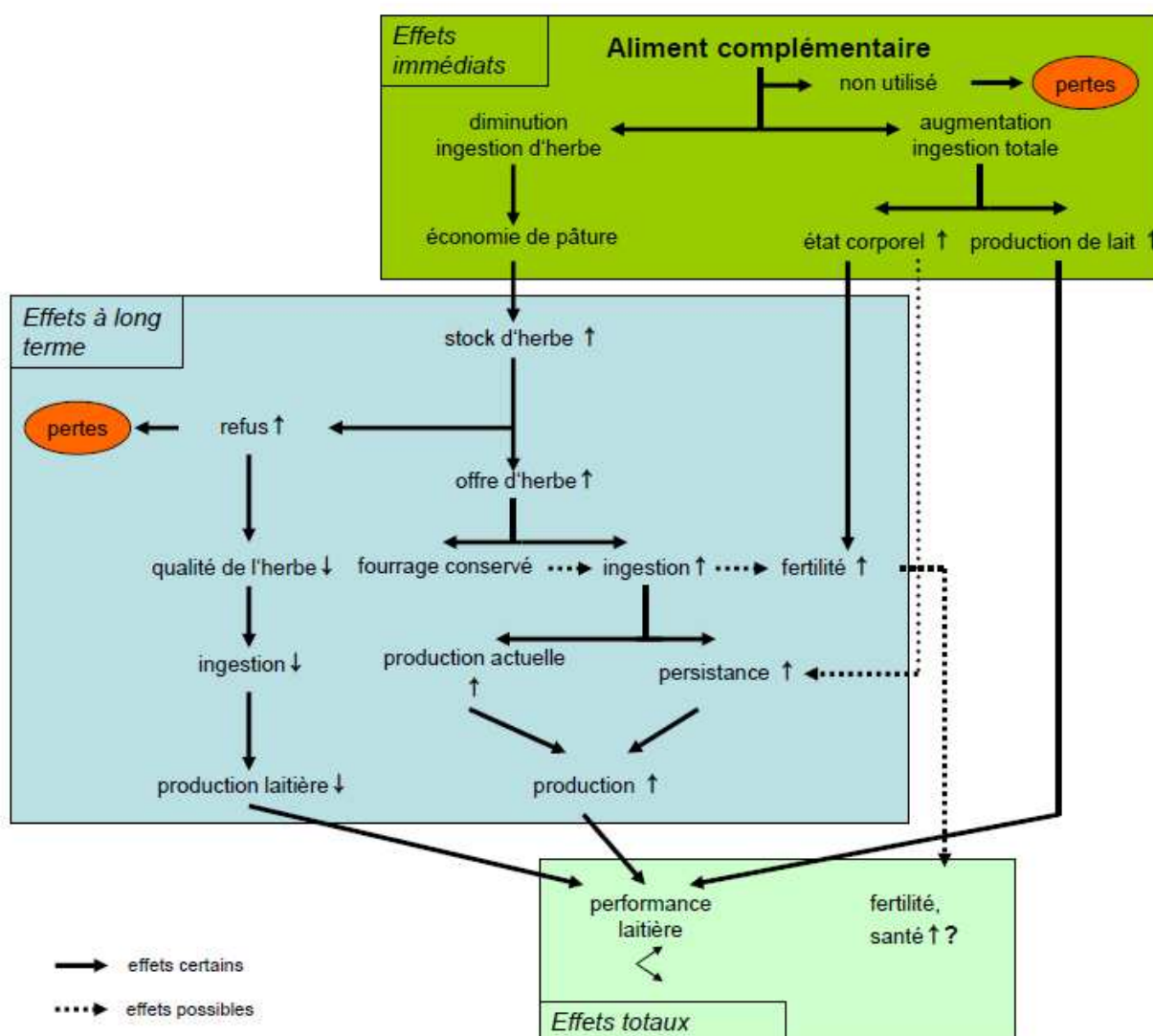
Facteurs et relations

Facteurs liés à l'animal: Le comportement de l'animal joue un rôle plus important au pâturage qu'à la crèche et complète les principaux facteurs influençant la capacité d'ingestion qui sont le poids et le niveau de production. L'ingestion en rapport avec l'offre d'herbe et l'homogénéité du couvert sont déterminantes pour la quantité ingérée et influencent le poids d'une bouchée, la cadence de bouchée et le choix des plantes.

Offre et qualité de l'herbe: L'ingestion d'herbe au pâturage dépend donc de sa qualité et de son accessibilité. La qualité est influencée, d'une part, par le degré de lignification des fibres (encombrement) et d'autre part par des composantes ayant une influence sur l'appétibilité, tel que l'aspect positif des sucres ou négatif de composantes amères. L'accessibilité de l'herbe est influencée par l'offre quantitative (par unité de surface et par animal et jour) et son homogénéité. Un couvert homogène permet à l'animal de réduire le temps investi dans la recherche d'herbe à consommer.

L'offre d'un complément, que ce soit un fourrage conservé ou un aliment réduit la consommation d'herbe. Ainsi, l'efficacité de l'aliment est souvent plus faible que supposé. Diverses études indiquent que la production laitière augmente de maximum 1 kg, par kg d'aliment. La substitution à l'herbe est généralement plus élevée avec des fourrages complémentaires. Une complémentation à la pâture peut, à terme, mener à une sous-utilisation chronique du pâturage menant à une diminution de la qualité dû au vieillissement et l'accumulation de refus, qui au final se répercute sur l'ingestion d'herbe (fig. 7.8). La gestion rigoureuse de la pâture peut empêcher le développement de ce cercle vicieux.

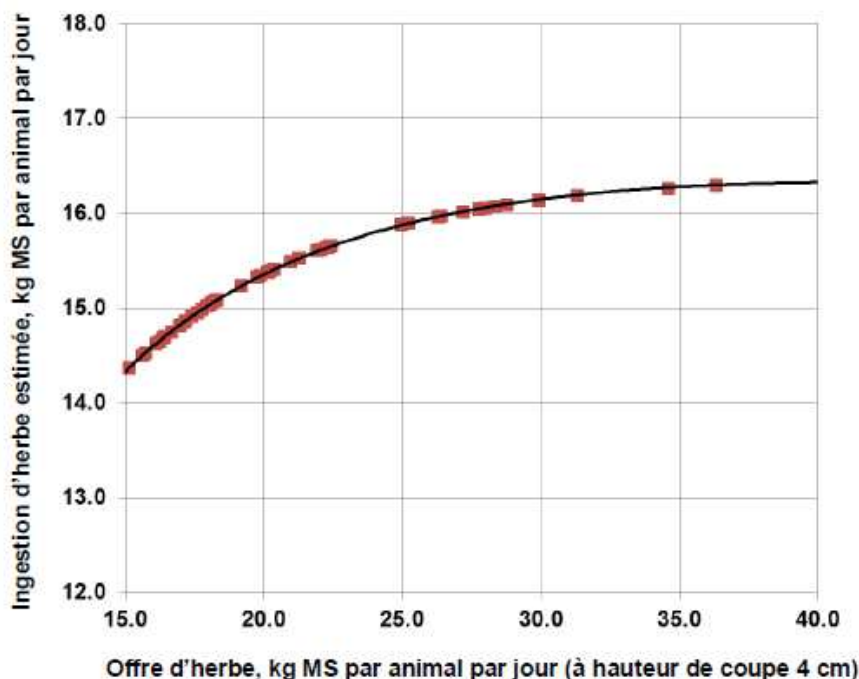
Figure 7.8. Interdépendances provoquées par une alimentation complémentaire au pâturage



Estimation – valeurs indicatives

L'ingestion d'herbe peut se baser sur l'équation de base (chap. 7.6), ou peut être estimée en fonction de l'offre d'herbe (fig. 7.9). L'ingestion à retenir serait la plus basse des deux. Toute complémentation à la pâture est ajoutée avec la prise en compte d'un **taux de substitution estimé de 0.5** (ce taux peut varier, entre autre, en fonction de la quantité et qualité du fourrage et de l'aliment ; pourtant les bases nécessaires pour quantifier ces variations sont encore insuffisantes). L'ingestion peut se situer, en dessous de la valeur calculée lorsque les conditions de pâture sont défavorables, mais elle est rarement en dessus.

Figure 7.9. Ingestion d'herbe en fonction de l'offre (Modèle basé sur des données d'Agroscope Posieux)



7.7.4. Besoins en énergie de vaches laitières au pâturage

Besoins spécifiques

L'ingestion au pâturage entraîne des dépenses supplémentaires. L'animal investit du temps pour trouver le fourrage désiré. L'énergie utilisée pour cette activité varie en fonction de l'état de la pâture, du système de pâture et de la situation topographique. Le besoin énergétique pour l'ingestion proprement dite (arrachage, mastication) du fourrage est aussi légèrement supérieur qu'à la crèche. De plus, les déplacements entre la salle de traite et le pâturage représentent une dépense énergétique non négligeable.

Le séjour à l'extérieur peut, en fonction des conditions et variations météorologiques, engendrer une dépense énergétique supplémentaire nécessaire pour la thermorégulation. Cette dépense énergétique reste toutefois limitée en dehors de situations extrêmes pour l'animal et ne sont pas suffisamment quantifiés pour être pris en considération.

En conclusion, les augmentations du besoin d'entretien en énergie proposées figurent dans le tableau 7.9.

7.7.5. Bases et recommandations pour l'alimentation

Systèmes de pâturage

Le choix du système de pâturage dépend souvent de l'exploitation (structure, surfaces à disposition, situation) et des affinités de l'éleveur. Les systèmes avec changement de parc (pâture tournante ou portionnée) et sans (pâture continue ou à gazon court) peuvent être conduits à différents niveaux d'intensité. Avec de bonnes conditions de production herbagère et une gestion correcte, ils ont une efficacité comparable. Les systèmes tournants présentent un léger avantage durant la sécheresse estivale et permettent une meilleure gestion de pâturages présentant une topographie, une croissance ou une composition botanique hétérogène. Tous les systèmes sont essentiellement gérés par l'adaptation de la surface pâturée par animal. L'unité de contrôle est la quantité de matière sèche disponible par unité de surface ou – plus fréquemment utilisé, car plus facile à mesurer resp. estimer – les hauteurs d'entrée et de sortie du gazon pâturé.

Des références détaillées et aides à la gestion des différents systèmes sont disponibles sous forme de fiches d'information et d'outils (AGFF, AGRIDEA, [RAP actuel no 5](#) et [ALP actuel no 43](#))

Alimentation complémentaire

En raison de l'effet de substitution prononcé lors d'une offre d'herbe suffisante, l'alimentation complémentaire devrait être limitée à des situations où un manque explicite d'approvisionnement en énergie ou en nutriments est déterminé. L'efficacité de l'aliment est, généralement faible. Diverses études indiquent que la production laitière augmente entre 0.5 et 1 kg, par kg d'aliment; la valeur supérieure s'applique plutôt aux vaches à haut potentiel, la valeur inférieure aux types adaptés à la pâture.

Avec un stade de développement optimal pour la pâture, l'herbage est si riche que peu d'aliments complémentaires permettent d'augmenter davantage la concentration énergétique et protéique de la ration. L'herbage n'atteint toutefois souvent pas cet idéal, dû à des conditions météorologiques défavorables, des changements de la composition botanique ou des erreurs dans la gestion du pâturage. L'estimation correcte de l'offre et de la qualité de l'herbage est primordiale pour un emploi économique des aliments complémentaires. Il en découle que l'offre complémentaire est raisonnable si des nutriments spécifiques manquent (particulièrement valable pour les minéraux) ou l'offre d'herbe est insuffisante, comme par exemple pendant des périodes de sécheresse, lors de mauvaises conditions de pâture, au début de lactation ou vers la fin de la saison de pâture.

Par rapport au type respectivement la composition des aliments complémentaires, les études à disposition n'ont pas pu démontrer de différences notables sur la production. Ces résultats doivent pourtant être interprétés avec prudence, car le genre et l'ampleur du déficit du fourrage à couvrir n'est pas connu avec précision dans ces dispositifs d'essai et rend l'optimisation de la composition des aliments difficile.

Fractions glucidiques et fibrosité

Une complémentation généralisée de fourrage à la pâture pour améliorer la fibrosité de la ration n'est pas recommandée. Il y a des exceptions: Lorsque la proportion en légumineuses, en particulier de trèfle, est élevée, la fibrosité de l'herbage n'est pas adaptée au ruminant. Similairement au début de la saison, l'herbage est pauvre en structure car très jeune et peut, en plus, être riche en glucides rapidement fermentescibles („sucres“) qui absorbent davantage de pouvoir tampon dans le rumen. Une situation comparable n'est pas rare pendant la pâture d'automne. La complémentation riche en fibres peut alors stimuler la mastication et surtout la rumination et donc augmenter le potentiel tampon. En même temps elle „dilue“ la teneur en sucre de la ration, mais aussi celle en énergie et en autres nutriments. Une proportion d'aliment complémentaire élevée nécessite la répartition de son apport. (p. ex. pas plus que 2.5 kg par portion) et une compensation du manque de fibrosité, qui ne peut pas être assurée par l'herbage ingérée. Un apport de 400 g de fourrage (foin) par kg d'aliment excédant 4 kg/j permet de compenser cette dilution de structure.

7.7.6. Alimentation minérale et vitaminique à la pâture

Les principes de base de l'alimentation minérale et vitaminique (chapitre 4) et les recommandations d'apport en minéraux et vitamines chez la vache laitière (chapitres 7.3 et 7.4) ne changent pas fondamentalement lorsque les vaches sont en pâture. Si les teneurs en minéraux et vitamines de l'herbe pâturée et l'aliment complémentaire ne couvrent pas les besoins de la vache, la distribution des éléments déficitaires est recommandée. La pâture présente toutefois quelques spécificités en matière d'alimentation minérale et vitaminique qui sont énoncées ci-dessous.

En référence aux analyses d'herbe pâturée relevées à Posieux et à Sorens et leurs variations saisonnières (fig. 7.6 et 7.7, tab. 7.8) les besoins d'une vache en pâture intégrale (35 kg de lait / jour, 20 kg MS / jour d'herbe ingérée) en Na, Zn et Se peuvent être couverts à 0 – 20 %, en Mg, Co et Cu à 20 – 50 %, en Ca et Mn à 50 – 80 % et en P, K, S, et Fe à 80 – 100 % par l'herbe. La couverture insuffisante en Ca et Mg se limite au printemps et les dernières rotations en automne. Bien qu'influencé par la saison, l'approvisionnement en Fe est toujours suffisant. Pour le Co l'approvisionnement est insuffisant sauf en automne.

Au pâturage la complémentation minérale est donc:

- Indispensable pour Mg, Zn, Se et Na ainsi que I (sel de bétail iodé)
- Recommandé selon la saison et les conditions locales pour Ca, P, Cu, Mn, Co et vitamine E
- Inutile pour K, S, Fe et les vitamines A et D

Vu les variations saisonnières des deux éléments principaux Ca et Mg il est raisonnable d'utiliser deux différents mélanges de minéraux, un pour le printemps et l'automne et un autre pour l'été. Ainsi qu'un approvisionnement insuffisant en éléments minéraux et vitamines, les surplus sont à éviter. Ils représentent une perte économique, sont néfaste pour l'environnement (p.ex. P, Cu et Zn), peuvent nuire aux animaux même en surplus faible (p. ex. Se) et sont susceptibles de compromettre l'utilisation d'autres minéraux (p. ex. surplus de K diminue l'utilisation de Mg).

La quantité de Mg absorbée doit se situer entre 3 et 9 g/j en fonction de la production laitière. Comme l'animal a une capacité de mobilisation des réserves en Mg extrêmement limitée, une absorption insuffisante durant quelques jours, mène à une carence en Mg qui peut conduire à la tétanie. Elle se caractérise par des symptômes cliniques de tremblement.

L'absorption quotidienne du Mg à travers la paroi de la panse est réduite lorsque :

- La teneur alimentaire en Mg est faible. Particularité des premiers mois de pâture (avril – juin en plaine).
- La teneur en K alimentaire augmente. L'absorbabilité du Mg est progressivement réduite. La teneur en K élevée de l'herbage est caractéristique d'un stade de développement précoce et d'une gestion pastorale mi- intensive à intensive.
- Probablement, lorsque la vitesse de transit est élevée, phénomène caractéristique pendant la pâture et début et fin de saison.
- L'apport en Cl (sel de bétail) est insuffisant, car un des modes d'absorption magnésique nécessite des anions de chlore.
- La solubilité aqueuse du Mg supplémenté est insuffisante

Ainsi, la complémentation correcte en Mg est d'autant plus importante lors de la mise à l'herbe et en automne.

En matière de vitamines, la pâture se distingue par la provitamine A (β -carotène) et les vitamines D et E. La teneur en provitamine A de l'herbe fraîche est, contrairement à ses conserves, suffisamment élevée pour permettre de combler les besoins de la vache. Le besoin en vitamine D est couvert par la provitamine D₂ de l'herbe et par la synthèse de vitamine D₃ dans l'épiderme sous l'action des rayons ultraviolets du soleil. La consommation d'avoine dorée (*Trisetum flavescens*), riche en vitamine D₃ est en général évitée lors de la pâture, mais si celui-ci est tout de même ingéré en quantité par la vache, une calcification des organes internes peut être favorisée. L'herbe riche en vitamine E satisfait le besoin de l'animal, à moins que le cheptel soit confronté à des situations de stress prolongé ou consomme des quantités importantes en acides gras insaturés ce qui augmente le besoin en antioxydants, tel que la vitamine E. Une complémentation en vitamine A et D n'est donc pas nécessaire avec la pâture et une complémentation en vitamine E peut être justifiée lors de la mise à l'herbe ou si la teneur de l'herbe s'avère être insuffisante. Toutefois, les compléments minéraux disponibles sur le marché suisse contiennent en général tous les vitamines A, D et E.

La complémentation alimentaire minérale et vitaminique se décline sous une multitude de formes dont principalement :

- ajoutée dans l'aliment complémentaire de pâture
- aliment minéral en vrac dans distributeur ou récipient
- Le bloc ou seau à lécher
- Le bolus à diffusion contrôlé
- Solubilisé dans l'eau de boisson

Du point de vue nutritionnel, il convient de privilégier la forme d'apport qui permet de prédéfinir la quantité au niveau individuel et quotidien et surtout d'assurer son ingestion. L'autorégulation de la consommation minérale et vitaminique par la vache en fonction de ses besoins physiologique n'est pas prouvée. Seules les vaches carencées en Na consomment de manière ciblée des sources riche en Na pour retrouver un statut adéquat. Dans ce cas, une surconsommation de sel de bétail peut être observée sur une durée limitée. Comme l'apport en Na (sel de bétail) est absolument nécessaire, il convient de définir les autres teneurs dans les blocs / seaux à lécher en fonction de celle du Na (apport quotidien recommandé de 30 – 80 g sel de bétail par jour). Il doit aussi être assuré que tous les animaux d'un troupeau ont suffisamment de temps et d'espace pour se servir aux blocs et seaux à lécher. De l'eau devrait être disponible près de ceux-ci. Dans le tableau 7.10 sont résumées les formes d'apport en fonctions de quelques critères.

7.8. Bibliographie

Hoden A., Coulon J.B, et Faverdin Ph., 1988. Alimentation des vaches laitières. Dans: Alimentation des ruminants. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 135-158.

Jans F., 1994. Résultats d'essais non publiés.

Journet M., 1983. Capacité d'ingestion. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 53, 9-15.

Kirchgessner M. und Schwarz F.J., 1984. Einflussfaktoren auf die Grundfutteraufnahme bei Milchkühen. Übers. Tierernährg. 12, 187-214.

Corrall A. J. and Fenlon J. S., 1978. A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. Journal of Agricultural Science 91(1), 117-131.

 Mosimann, E., Troxler, J., Münger, A., Vogel, R. 1999. Estimation de la production des prairies par mesure de la hauteur de la végétation. Revue suisse d'agriculture. 31, (3), 1999, 141-145

7.9. Tableaux

Tableau 7.1. Données de base pour le calcul des apports alimentaires recommandés

	NEL MJ	PAI g	MA g
Entretien par kg PV ^{0.75} ou simplifié	0.293 $\frac{PV}{20} + 5$	3.25 $\frac{PV}{2} + 95$	5.86 $\left[\frac{PV}{20} + 5\right] \cdot 20$
Lactation par kg de lait ECM ¹⁾ 40 g mat. grasse, 32 g protéines, 48 g lactose	3.14	50	62.8
Gestation par jour (en complément à l'entretien et à la production laitière)	8 ^e mois 9 ^e mois	135 205	220 360
Croissance Par jour	0.1 kg 0.2 kg 0.3 kg 0.4 kg	28 56 84 112	48 96 144 192

$$^1)ECM = \frac{(0.038 \cdot MG + 0.024 \cdot PROT + 0.017 \cdot LAC) \cdot kg \text{ lait}}{3.14}$$

MG = matière grasse, g/kg de lait

PROT = protéines, g/kg de lait

LAC = lactose, g/kg de lait

Tableau 7.2. Apports alimentaires journaliers recommandés pour la vache laitière (650 kg poids vif, dès 2^e lactation)

		NEL MJ	PAI g	MA g	Ca ¹⁾ g	P g	Mg ¹⁾ g	K g	Na g	Cl g	MSI ²⁾ kg
Tarissement semaine de gestation	< 33	37.7	418	754	23	14	20	72	11	17	11.0
	33-38	48.7	553	974	40	21	21	73	12	18	11.0
	> 38	55.7	623	1114	46	22	23	73	12	18	11.0
Lactation kg lait/jour	10	69.1	918	1382	62	32	34	126	21	38	14.0
	15	84.8	1168	1696	82	42	42	134	23	44	15.6
	20	100.5	1418	2010	101	52	49	143	26	51	17.9
	25	116.2	1668	2324	119	60	56	151	28	57	19.2
	30	131.9	1918	2638	137	69	62	160	30	64	20.4
	35	147.6	2168	2952	156	78	70	169	32	70	22.0
	40	163.3	2418	3266	175	87	77	177	34	76	23.6

¹⁾ Coefficients d'absorption utilisés: 40 % pour Ca, 12 % pour Mg.

²⁾ Les apports en Ca, P et Mg recommandés varient en fonction de la MS ingérée. Pour une production de 30 kg lait / jour, un écart d'ingestion de 1 kg MS change l'apport en Ca, P et Mg recommandé de respectivement 2.4, 1.3 et 1.8 g/j.

Tableau 7.3. Apports alimentaires journaliers recommandés pour la vache laitière (650 kg poids vif, dès 2^e lactation) par kg de MS

		Teneur par kg de MS									MSI kg
		NEL MJ	PAI g	MA g	Ca ¹⁾ g	P g	Mg ¹⁾ g	K g	Na g	Cl g	
Tarisement semaine de gestation	< 33	3.4	38	69	2.1	1.3	1.8	6.6	1.0	1.5	11.0
	33-38	4.4	50	89	3.6	1.9	1.9	6.7	1.1	1.6	11.0
	> 38	5.1	57	101	4.2	2.0	2.1	6.7	1.1	1.6	11.0
Lactation kg lait/jour	10	4.9	66	100	4.4	2.3	2.4	9.0	1.5	2.7	14.0
	15	5.4	75	109	5.1	2.6	2.6	8.4	1.5	2.8	15.6
	20	5.6	79	112	5.7	2.9	2.8	8.0	1.5	2.8	17.9
	25	6.1	87	121	6.2	3.2	2.9	7.9	1.5	3.0	19.2
	30	6.5	94	129	6.7	3.4	3.1	7.8	1.5	3.1	20.4
	35	6.7	99	134	7.1	3.6	3.2	7.7	1.5	3.2	22.0
	40	6.9	102	138	7.4	3.7	3.2	7.5	1.5	3.2	23.6

¹⁾ Coefficients d'absorption utilisés : 40 % pour Ca, 12 % pour Mg

Tableau 7.4. Apports recommandés en oligo-éléments et en vitamines pour la vache laitière

Oligo-éléments en mg/kg MS de ration			Vitamines		
	Lactation	Tarisement			
Cobalt	0.20	0.10	β-carotène	mg/j	0 - 200
Cuivre ¹⁾	10	15	Vitamine A	IU/j	50'000 – 120'000 ³⁾
Fer	40	40	Vitamine D	IU/j	6'000 – 9'000 ³⁾
Iode ²⁾	0.5	0.3	Vitamine E	IU/j	300 – 600 ³⁾
Manganèse	40	40			
Sélénium	0.20	0.30			
Zinc	50	30			

¹⁾ Ration avec >3.0 mg Mo/kg MS ou avec >3.5 g S /kg MS: concentration * 1.5

²⁾ Ration avec forte présence de substances goitrigènes: concentration * 2

³⁾ Valeur supérieure pour animaux avec production élevée

Tableau 7.5. Données relatives aux animaux pris en considération pour l'estimation de l'ingestion (essais Agroscope 1985-1993)

Nombre de lactations	Nombre d'animaux par semaine et type de ration pour chaque phase de lactation											
	Fourrage sec				>40% ensilage d'herbe dans MS de la ration de base				>40% ensilage de maïs dans MS de la ration de base			
	Début lactation ¹⁾		Pleine lactation ²⁾		Début lactation ¹⁾		Pleine lactation ²⁾		Début lactation ¹⁾		Pleine lactation ²⁾	
	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin	Début	Fin
Total 599												
1 ^{re} lactation 151	56	63	39	12	15	24	20	12	39	46	10	11
2 ^e lactation et suivantes 448	140	149	110	20	40	65	85	10	120	159	72	10
Production moyenne par lactation et poids vif												
1 ^{re} lactation	PV kg		ECM kg		Matière grasse %		Protéines %					
	600		6'374		4.28		3.38					
2 ^e lactation et suivantes	680		7'776		4.27		3.27					

¹⁾ Début lactation: 1^{re} à 8^e semaine de lactation

²⁾ Pleine lactation: 9^e à 44^e semaine de lactation pour vaches en 2^e lactation et suivantes; pour vaches en 1^{re} lactation: 9^e à 17^e semaine de lactation pour rations à base de fourrage sec, 9^e à 30^e semaine de lactation pour rations à base d'ensilage d'herbe; 9^e à 12^e semaine de lactation pour rations à base d'ensilage de maïs

Tableau 7.6. Influence de la ration sur l'ingestion chez des vaches en 2^e lactation et suivantes (moyenne des résultats d'essais Agroscope 1985-1993)

Type de ration ¹⁾		Début lactation (1 ^{re} à 8 ^e semaine de lactation)				Pleine lactation (9 ^e à 44 ^e semaine de lactation)			
		1	2	3	4	1	2	3	4 ²⁾
Ingestion de MS totale	kg	19.6	20.0	19.6	19.8	19.6	20.0	19.3	20.8
Ration de base (RB)	kg	15.7	16.7	14.7	15.6	16.3	17.0	15.6	16.5
Fourrage sec	kg		15.0	7.2	6.9		15.0	6.5	7.0
Ensilage d'herbe	kg		-	5.5	-		-	7.2	-
Ensilage de maïs	kg		-	-	7.9		-	-	8.2
Betteraves ou p.d.t	kg		1.7	2.0	0.8		2.0	1.9	1.3
Aliments concentrés	kg	3.9	3.3	4.9	4.2	3.3	3.0	3.7	4.3
Refus	kg	1.2	1.4	1.2	1.3	1.2	1.3	1.2	1.2
Production laitière	kg ECM	32.3	31.5	32.7	32.9	26.3	25.5	26.1	30.8
Conc. énergétique RB ³⁾	MJ NEL/kg MS	5.78	5.64	5.66	5.80	5.75	5.54	5.74	5.96

¹⁾ 1 Moyenne de toutes les rations

2 Rations à base de fourrage sec

3 >40 % d'ensilage d'herbe dans la MS de la ration de base

4 >40 % d'ensilage de maïs dans la MS de la ration de base

²⁾ Seulement jusqu'à la 30^e semaine de lactation (dès 13^e semaine moins de 15 animaux)

³⁾ Ration de base

**Tableau 7.7. Influence de la ration sur l'ingestion chez des vaches en 1^{re} lactation et suivantes
(moyenne des résultats d'essais Agroscope 1985-1993)**

Type de ration ¹⁾		Début lactation (1 ^{re} à 8 ^e semaine de lactation)				Pleine lactation ²⁾			
		1	2	3	4	1	2	3	4 ²⁾
Ingestion de MS totale	kg	15.2	14.8	14.4	15.4	16.7	16.2	16.9	17.5
Ration de base (RB)	kg	11.6	10.8	10.5	12.1	13.4	12.4	13.7	13.7
Fourrage sec	kg		8.6	4.0	5.3		9.7	4.0	4.9
Ensilage d'herbe	kg		-	4.7	-		-	6.7	-
Ensilage de maïs	kg		-	-	7.9		-	-	8.2
Betteraves ou p.d.t	kg		2.2	1.8	1.7		2.7	3.0	2.3
Aliments concentrés	kg	3.9	3.3	4.9	4.2	3.3	3.0	3.7	4.3
Refus	kg	1.3	1.4	1.1	1.5	1.2	1.5	1.0	1.2
Production laitière	kg ECM	23.5	22.8	23.1	23.7	22.2	21.6	22.2	24.6
Conc. énergétique RB ³⁾	MJ NEL/kg MS	5.93	5.73	5.83	6.09	5.93	5.70	5.94	6.24

¹⁾ 1 Moyenne de toutes les rations

2 Rations à base de fourrage sec

3 >40 % d'ensilage d'herbe dans la MS de la ration de base

4 >40 % d'ensilage de maïs dans la MS de la ration de base

²⁾ Ration 2: de la 9^{ème} à la 17^{ème} semaine ; ration 3: de la 9^{ème} à la 30^{ème} semaine de lactation ; ration 4: de la 9^{ème} à la 12^{ème} semaine de lactation

³⁾ Ration de base

Tableau 7.8. Corrections proposées de valeurs de références (par kg de MS) d'éléments nutritifs les plus importants de l'herbe de pâture, sur la base des valeurs de la 2^e utilisation et suivantes, stade 2

			Printemps tôt	Printemps tard	Eté	Automne tôt	Automne tard
Pâturage tournante ou gazon court <i>bonne gestion du pâturage</i>	NEL	MJ	+0.2	+0.4	-	-	-0.4
	PAIE	g	+10	-	-	-	+10
	PAIN	g	+20	-	-20	+20	+30
	MA	g	+20	-	-20	+20	+40
	NDF	g	-20	-	+10	-	-20
	Sucres	g	+20	+40	-	-	+20
	CE	%	+10	+5	-	+15	+20
	Ca	%	-20	-10	-	-	-15
	Mg	%	-20	-10	-	-	-
	Co	%	+50	+25	-	+75	+100
	Fe	%	+50	+25	-	+75	+100
Pâturage extensif (aussi pâturage d'alpage) <i>ou pâturage en plaine mal gérée (taux élevée de refus)</i>	NEL	MJ	+0.2	+0.2	-0.1	-	-0.1
	PAIE	g	+10	-			
	PAIN	g	+20	-	-20	+10	+20
	MA	g	+20	-	-20	+10	+20
	NDF	g	-20	-	+20	+10	-20
	Sucres	g	+10	+20	-	-	+10
	CE	%	+20	-	-	+10	+20
	Ca	%	-	-	-	-	-10
	Mg	%	-20	-10	-	-	-
	Co	%	+50	-	-	+100	+250
	Fe	%	+50	-	-	+150	+250

Tableau 7.9. Augmentation (en %) du besoin d'entretien en énergie au pâturage

Indications en % du besoin d'entretien	Distance (m) parcourue entre écurie et pâturage* (la dénivellation parcourue est pondérée 10 fois et additionnée)				
	100	200	400	800	1000
intensif, pâture tournante	10	15	20	30	35
intensif, pâture à gazon court	15	20	25	35	40
extensif (entre autres pâture d'alpage)	25	30	35	45	50

* considérant que cette distance est parcourue 4 fois par jour (sortie de et rentrée à la traite)

Exemple : distance à la pâture 200 m, dénivelé 20 m => 200 + (10 x 20) = 400 m => besoins d'entretien + 20 % lors de pâture tournante

Tableau 7.10. Avantages et désavantages des formes d'apports alimentaires en minéraux

Critères	Aliment minéralisé	Aliment minéral en vrac	Bloc / seau à lécher	Bolus	Eau
Adapté pour tous les minéraux et vitamines complémentés	oui	oui	oui	non	seul les formes solubles dans l'eau
Apport individuel et contrôlé	oui	non	non	oui	non
Risque de gaspillage	faible - moyen selon la palatabilité	faible - moyen selon le type de distributeur/récepteur	faible – moyen selon dureté et exposition aux intempéries	aucun	élevé
Importance de la palatabilité (structure, dureté goût et arôme)	élevée	élevée	élevée	non	faible
Travail de complémentation	faible (DAC) – élevé (manuel)	faible	faible	aucun, mais élevé lors de son application	faible avec pompe automatique
Stabulation libre: Possibilité de limiter les surfaces utilisées à la salle de traite (travaux de nettoyage)	oui, si distribution dans la salle de traite	oui	oui	oui	oui, si abreuvoir disponible dans la courrette
Adapté aux vaches taries, sans interruption sur pâturage	oui, si distributeur adéquat	oui	oui	oui	non

Version: 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: F. Jans, J. Kessler, A. Mürger, F. Schori, P. Schlegel

Copyright: Agroscope

svp reproduire le contenu avec référence.

8. Apports alimentaires recommandés pour la vache allaitante

Isabelle Morel, André Chassot, Patrick Schlegel, Franz Jans, Jürg Kessler

Table des matières

8.	Apports alimentaires recommandés pour la vache allaitante	2
8.1.	Couverture des besoins énergétiques et protéiques	2
8.1.1.	Vache allaitante	2
8.1.2.	Veau de vache allaitante	3
8.1.3.	Note d'état corporel	4
8.2.	Minéraux et vitamines	4
8.3.	Ingestion	4
8.3.1.	Vache allaitante	4
8.3.2.	Veau de vache allaitante	5
8.4.	Recommandations quant au choix du type génétique en fonction des conditions et de l'objectif de production	5
8.5.	Bibliographie	6
8.6.	Tableaux et figures	6



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

8. Apports alimentaires recommandés pour la vache allaitante

L'élevage bovin viande en système allaitant s'est bien implanté en Suisse depuis les années 70. Il répond à une double finalité : la production de viande et l'entretien des prairies et pâturages de plaine et de montagne. C'est un système de production extensif où l'utilisation des surfaces herbagères (récoltées et/ou pâturées) est maximisée. Elles constituent la principale ressource alimentaire du troupeau. En Suisse, la première forme de production de viande bovine issue du troupeau allaitant est le veau sevré prêt à l'abattage au plus tard à l'âge de 10 mois avec un poids carcasse de 170 à 260 kg ([Natura-Beef](#)). Dans le but d'obtenir des carcasses optimales à cet âge-là, des animaux précoces à mi-précoces, dont les mères affichent de bonnes performances laitières, sont recommandés. Cette forme de production requiert une alimentation suffisamment intensive pour atteindre un gain moyen quotidien supérieur à 1 kg de la naissance au sevrage.

En comparaison avec la vache laitière, les besoins de la vache allaitante sont modestes. Ces besoins plus faibles répondent à des performances limitées. Cependant, cela ne signifie pas pour autant que les troupeaux de vaches allaitantes peuvent être nourris sans un rationnement adéquat, qui seul permet une valorisation optimale des aliments. L'unique produit commercialisable de la vache allaitante étant le veau sevré, la réussite de la reproduction est la priorité de la conduite du troupeau. La fécondité de la mère (intervalle entre vêlages) ainsi que la vigueur du veau à la naissance (poids et vitalité) sont les paramètres qui déterminent le succès du système allaitant. L'accroissement de la productivité pondérale en veau (kg de veau sevré par vache mise à la reproduction) est donc constamment recherché.

8.1. Couverture des besoins énergétiques et protéiques

De manière analogue à la vache laitière, les besoins énergétiques de la vache allaitante et du veau sont exprimés en NEL (Energie nette pour la production laitière). Néanmoins, pour le veau, l'emploi de l'énergie métabolisable veau (EMV) pour la période d'alimentation lactée puis de l'énergie nette pour la production de viande (NEV) seraient mieux adaptés. Afin de simplifier les tables décrivant les apports recommandés, une seule unité énergétique est utilisée dans un même système de production. Les besoins en énergie du veau ont donc ici été transformés en NEL.

Les normes d'alimentation de l'INRA (Agabriel et D'Hour, 2007), l'édition précédente du Livre Vert (Jans et Kessler, 1999) et les recommandations d'alimentation pour le bovin à l'engrais (chap.10) constituent les bases pour le calcul des apports alimentaires recommandés présentés dans ce chapitre.

8.1.1. Vache allaitante

Les besoins physiologiques de la vache évoluent tout au long du cycle de production et correspondent à l'apport d'énergie et de nutriments nécessaires pour couvrir ses dépenses d'entretien et de production. Les besoins d'entretien représentent près des deux tiers de l'ensemble des dépenses énergétiques et azotées. Ils dépendent principalement du statut physiologique et de l'état corporel de l'animal ainsi que de son type. L'évolution de ces besoins au cours du cycle de production de la vache allaitante et de son veau est représentée à la figure 8.1. Le degré d'activité physique de la vache est également un paramètre à prendre en compte. En effet, celle-ci peut engendrer des dépenses supplémentaires importantes. On estime les besoins d'entretien augmentés de 8 à 10 % lorsque l'animal se déplace en stabulation libre et de 15 à 20 % au pâturage (Agabriel et D'Hour, 2007).

Les apports alimentaires recommandés pour chacune des phases de production d'une vache allaitante de 650 kg, ayant une production laitière de 2500 kg par lactation, figurent dans le tableau 8.1. La distribution de quantités inférieures à ces apports recommandés peut entraver à la fois la productivité de la vache allaitante (production laitière, fécondité,...) et celle de son veau (viabilité à la naissance, future carrière).

Durant la période de tarissement s'étendant généralement sur une durée moyenne de deux mois, le besoin d'entretien est d'environ 10 % inférieur à celui de la vache allaitante en lactation. Il doit être complété par un apport en énergie et nutriments couvrant une production de 3 à 5 kg de lait par jour, ce qui est suffisant pour éviter que la vache allaitante ne constitue de trop grandes réserves lipidiques. Ceci d'autant plus qu'elle a déjà constitué assez de réserves corporelles durant les derniers mois de lactation, surtout en période de végétation.

A ces besoins s'ajoutent ceux pour la gestation à partir des deux à trois derniers mois, du fait du développement important du poids du veau. A partir de cette période-là, le fœtus gagne en lipides et protéines quotidiennement et d'une manière exponentielle jusqu'à sa naissance. Les besoins de la mère sont donc accrus.

Au cours du cycle de production, les besoins énergétiques et en nutriments de la vache allaitante sont les plus élevés durant la phase de lactation. Celle-ci est limitée chez la vache allaitante parfois en termes de durée mais surtout en termes de production laitière. Le jeune veau n'est pas capable d'ingérer beaucoup plus que 6 à 8 kg de lait par jour durant les trois à quatre semaines suivant sa naissance. C'est pourquoi, au début de la lactation, l'alimentation de la vache allaitante ne doit pas être trop riche. Un apport excessif en énergie et nutriments stimulerait la production laitière à un niveau trop élevé pour le veau qui serait plus facilement sujet à des diarrhées. De plus, le risque de mammites chez la vache serait également accru. Si la vache est en « bon état », c'est-à-dire qu'elle est à même de puiser dans ses réserves corporelles lipidiques, il est convenu qu'un apport en nutriments couvrant la production de 7 à 8 kg de lait, est suffisant pour répondre aux besoins de la vache en lactation durant les deux à trois premiers mois de la lactation. En revanche, après trois à quatre mois de lactation, la production laitière de la mère diminue de façon assez régulière jusqu'au sevrage. Afin d'éviter une trop forte baisse, l'alimentation des vaches doit être rehaussée pour couvrir des besoins compris entre 9 et 10 kg de lait. Ceci est conseillé majoritairement lorsque plus de cinq mois de lactation se déroulent à l'étable. Par ailleurs, les primipares, dont la croissance n'est pas terminée, requièrent un rationnement supérieur à celui des vaches adultes.

La figure 8.2, qui peut être mise en parallèle avec la figure 8.1, permet de visualiser à la fois les besoins de la vache avec son veau au long d'un cycle de production et les concentrations énergétiques de différents aliments. Ceci permet de distinguer rapidement les différents aliments susceptibles de couvrir les besoins de l'animal en fonction de son stade physiologique. Une alimentation exclusivement herbagère suffit à couvrir les besoins énergétiques de la vache allaitante tout au long de son cycle de production. En raison de ses besoins et performances modestes, l'apport d'un aliment concentré riche en énergie n'est pas nécessaire pour la vache allaitante. En revanche, la distribution d'un tel aliment au veau peut être utile pour couvrir ses besoins, particulièrement en phase de finition.

Des tableaux d'apports journaliers recommandés pour la vache allaitante distinguant trois époques de vêlage, trois classes d'état des vaches au début de l'hivernage ainsi que trois types de vaches différant par leur production laitière, leur capacité d'ingestion et leur poids après vêlage ont été réalisés par l'INRA (Agabriel et D'Hour, 2007).

8.1.2. Veau de vache allaitante

Le colostrum est la première alimentation du nouveau-né. Il permet au veau de disposer de tous les anticorps nécessaires pour lutter contre les différents agents infectieux qu'il est susceptible de rencontrer dès sa naissance. Il est capital de vérifier que le veau tète sa mère dès ses premières heures de vie. Du colostrum de réserve de bonne qualité peut être congelé pour être utilisé en cas de problèmes. La congélation n'altère ni la qualité ni les anticorps présents dans le colostrum.

Jusqu'à l'âge de 4 à 5 mois, les besoins énergétiques et nutritifs du veau sont totalement couverts par le lait maternel. L'utilisation de ce lait est similaire à celle du veau à l'engrais non-ruminant, car il passe en grande partie directement dans la caillette. Selon la production laitière de la mère et la performance d'engraissement souhaitée du veau, un complément contenant au minimum 5.2 MJ NEL/kg matière sèche (MS) et 80 g de PAI (protéines absorbables dans l'intestin) par kg de MS (teneurs identiques à celles d'un foin de qualité moyenne) doit également être mis à la disposition du jeune bovin. Les teneurs nécessaires en NEL et PAI dans l'aliment complémentaire sont indiquées dans le tableau 8.2. Les données de ce tableau ainsi que la figure 8.2 montrent qu'un aliment complémentaire ayant une concentration moyenne en énergie et nutriments suffit au veau pour réaliser un gain de poids quotidien de 900 à 1200 g jusqu'au poids de 200 kg, lorsque la production laitière de la vache est suffisante. Par la suite, il est nécessaire de compléter la ration avec des fourrages de plus en plus concentrés en énergie et protéines (herbe ou bon foin) afin de maintenir un accroissement journalier d'au moins 1000 g voire plus, comme c'est le cas dans le système de production Natura Beef. La distribution d'un aliment concentré complémentaire devient toutefois nécessaire lorsque la base fourragère n'est pas aussi favorable ou que la production laitière de la vache diminue trop fortement et devient insuffisante.

La figure 8.3 montre l'évolution du poids des veaux avant sevrage dans des conditions d'alimentation identiques. Par exemple, la différence du poids du veau à dix mois peut atteindre 60 kg entre un veau pur Limousin et un veau 75 % Limousin / 25 % laitier. Dans le jeune âge, le gain quotidien de poids du veau est fortement corrélé à la quantité de lait bu. Il est estimé que quelle que soit la race, une variation d'1 kg de lait bu par jour pour un veau en bonne santé provoque une augmentation du GMQ de 100 g. Cet effet reste présent tout au long de l'allaitement mais diminue légèrement après les 3 premiers mois (Agabriel et D'Hour, 2007). Néanmoins, le niveau de croissance du veau est également dépendant de la quantité et de la composition de la part d'aliments solides qu'il reçoit. Cette ration solide, complétant le lait bu, se compose essentiellement de foin de bonne qualité ou d'herbe pâturée. La stratégie d'alimentation du veau est donc fonction du niveau de croissance souhaité et de la production laitière de la mère. La substitution entre l'ingestion d'une herbe de bonne qualité et le lait bu est estimée à + 0.15 kg MS d'herbe par kg de lait

bu en moins après l'âge de 3 mois (Agabriel et D'Hour, 2007). Ce taux de substitution faible s'explique par le passage du lait directement dans la caillette du veau, n'encombrant pas son rumen en développement. Le jeune bovin peut alors à la fois boire du lait et consommer des aliments solides en grande quantité. Le rendement laitier de la mère reste donc le principal facteur d'influence de la croissance pré-sevrage et par conséquent du poids au sevrage. D'ailleurs, cette avance sur le poids au sevrage des jeunes veaux provenant de mère à fort potentiel de production laitière (vache croisée type laitier × type viande) se maintient après le sevrage. Dans un système de production naisseur-finiisseur, particulièrement en zone herbagère, il est préférable d'utiliser des animaux croisés lait-viande du type 75 % viande – 25 % lait, pour atteindre des veaux plus lourds au sevrage (fig. 8.3). Ce croisement permet de bénéficier de l'avantage d'une production laitière de la mère supérieure à une race 100 % viande tout en gardant, en grande partie, les aptitudes bouchères de la race à viande.

8.1.3. Note d'état corporel

Les recommandations alimentaires énergétiques et protéiques de la vache allaitante ont pour but de garantir une production laitière moyenne et un taux de gestation relativement élevé avec un intervalle entre vêlages d'environ 12 mois. Afin de définir des apports alimentaires conformes aux besoins, différents paramètres doivent être pris en considération, tels que l'âge de l'animal, l'époque de vêlage et la quantité de réserves corporelles constituées.

L'appréciation de l'importance de ces réserves corporelles et donc de l'état d'un animal peut servir d'outil simple pour évaluer l'adéquation entre les apports distribués et les besoins réels de l'animal. Elle se fait par palpation externe de la vache, en particulier des tissus adipeux sous-cutanés. Un tableau de notation (note comprise entre 0 et 5) proposé par l'INRA est donné au tableau 8.3 (Agabriel *et al.* 1986). Une perte d'un point de note correspond en moyenne à 40-45 kg de masse corporelle dont 30 kg de lipides en moyenne et 1250 MJ NEL d'apports énergétiques. Néanmoins, ce tableau de notation a été réalisé par rapport à des races tardives de grand format type Limousin. Pour des vaches plus précoces telles que l'Angus, possédant une couverture de gras très importante, les notes d'état peuvent être majorées d'environ 1 point. Autrement dit, l'état corporel défini pour une note de 2 pour une vache Limousin correspond à une note de 3 pour une Angus. L'état des réserves corporelles a l'effet le plus marqué et le plus rapide sur la reproduction. Puis viennent la lactation, la gestation, la croissance et en moindre mesure l'entretien. L'état optimal à atteindre varie en fonction du stade de production. Il est surtout très important que la vache soit en bon état à la mise à la reproduction, c'est pourquoi une note d'état minimal de l'ordre de 2.5 est requise.

8.2. Minéraux et vitamines

Les apports recommandés en macroéléments pour la vache allaitante (tableau 8.1) se basent sur les données générales du chapitre 4.1 et celles relatives à l'ingestion de ce même chapitre. Les coefficients d'absorption utilisés sont décrits sous forme de notes sous les tableaux respectifs. Les apports recommandés en oligo-éléments et en vitamines pour la vache allaitante figurent dans le tableau 8.4. Durant la période de pâture, il faut tenir compte du fait que les besoins en vitamines de la vache allaitante sont couverts par les teneurs naturelles du fourrage ou par les synthèses des microorganismes de la panse.

L'apport recommandé en minéraux et vitamines du veau de la vache allaitante correspond dans un premier temps à celui du veau à l'engrais (chap. 9) puis à celui du bovin à l'engrais (chap. 10).

8.3. Ingestion

8.3.1. Vache allaitante

Par rapport à la vache laitière, les quantités ingérées par la vache allaitante sont inférieures. Les causes sont d'une part une production laitière plus modeste et d'autre part une capacité d'ingestion plus faible chez les animaux de races à viande. De plus, les rations plus pauvres en énergie et nutriments ont un effet négatif sur la consommation. Les quantités volontairement ingérées d'un aliment par l'animal peuvent varier selon de nombreux facteurs en relation avec l'animal lui-même, l'aliment consommé ainsi que certains facteurs liés au milieu.

Sur la base d'essais réalisés à Agroscope avec trois différents types de vaches (Angus, Limousin, F1 Limousin x Red Holstein), un modèle d'estimation de l'ingestion a été développé (Butty, 2014):

Ingestion [kg MS] = I_{race} + I_{ration} + $I_{\text{parité}}$ + $I_{\text{lact.}}$ + 0.01455 * PV_{vache} + 0.06847 * PAI_{limit} – 1.642	
▪ I_{race} :	Angus 0 , Limousin -0.87359, F1 Li x Red Holstein 0.63885
▪ I_{ration} :	humide 0; sèche 0.70073
▪ $I_{\text{parité}}$:	primipare 0; multipare 0.70317
▪ $I_{\text{lact.}}$:	tarie -5.1; 1 ^{er} mois 0; 2 ^e mois 0.84335; 3 ^e mois 0.85986; 4 ^e mois 0.5262; 5 ^e mois 0.37711; 6 ^e mois -0.3611
PV	= poids vif (kg)
PAI _{limit}	= PAI limitant (g/kg MS) = teneur de la ration la plus basse entre PAIE et PAIN
PAIE	= Protéines absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de l'énergie disponible
PAIN	= Protéines absorbables dans l'intestin, synthétisées à partir de la matière azotée dégradée

Pour les autres races de vaches allaitantes, il faut se baser sur les corrections indiquées pour les Angus (races précoces de grand format à production laitière moyenne) ou pour les F1 (races de grand format à production laitière élevée). Les Limousines constituent une particularité car elles ont une capacité d'ingestion de 8 à 10 % inférieure à celle des autres races à viande (Agabriel et D'Hour, 2007).

8.3.2. Veau de vache allaitante

Les quantités ingérées par le veau de la vache allaitante sont très faibles durant les 3 premiers mois de vie (<1 kg de MS/j). Les données d'ingestion figurant dans le tableau 8.2 se basent sur des mesures réalisées sur des groupes de veaux de vaches allaitantes jusqu'à l'âge de 4 à 5 mois ou environ 200 kg PV. La régression polynomiale calculée à partir de ces données a servi à estimer l'ingestion d'aliment solide par les veaux à partir de 200 kg PV.

8.4. Recommandations quant au choix du type génétique en fonction des conditions et de l'objectif de production

Pour une valorisation optimale des herbages et pour répondre au mieux aux conditions et aux objectifs de production d'une exploitation, le choix de la race de vache allaitante à utiliser doit être bien réfléchi.

La précocité est le principal critère à prendre en compte pour déterminer la forme de production la plus appropriée à un type d'animal donné. Elle se définit comme l'aptitude d'un animal à atteindre certains caractères adultes plus rapidement. Les races laitières sont plus précoces que les races à viande et au sein de celles-ci, il y a une large palette de précocités. Elle va par exemple de la race Angus pour les précoces à la Piémontaise et la Blonde d'Aquitaine pour les tardives, en passant par des races intermédiaires telles que la Limousine ou la Charolaise. Les animaux de type précoce s'engraissent rapidement. C'est pourquoi les formes de production les mieux adaptées à cette catégorie d'animaux sont soit le broutard fini au sevrage à l'âge de dix mois avec un poids carcasse d'environ 200 kg, soit le veau sous la mère âgé de 5 mois et demi au maximum avec un poids de carcasse d'environ 130 kg ([Natura-Veal](#)). La production de remotes d'engraissement pouvant atteindre 300 kg de poids de carcasse à l'abattage est conseillée pour des animaux plus tardifs. Leur finition est en grande majorité intensive, cependant, de bonnes performances d'engraissement peuvent aussi être obtenues sur des animaux dont la vache mère est croisée lait-viande et le père 100 % viande en système extensif. Le tableau 8.5 présente les recommandations concernant le choix du type génétique d'animal à utiliser en fonction des différentes formes de production et indique l'intensité d'alimentation requise avant et après le sevrage pour chacune d'entre elles.

8.5. Bibliographie

Agrabriel J., Giraud J.M., Petit M. 1986. Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant. Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix 66 : 43-50.

Agabriel J., D'Hour P. 2007. Alimentation des vaches allaitantes. Dans : Alimentation des bovins, ovins et caprins. Editions Quae, INRA, Versailles. 57-73.

Butty A. 2014. Nouveau modèle d'estimation de l'ingestion de fourrage par les vaches allaitantes. Travail de Bachelor. ETH Zürich, 48 p.

Jans F., Kessler J. 1999. Apports alimentaires recommandés pour la vache allaitante. Dans: Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour les ruminants. Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Posieux. 113-122.

Petit M., Agabriel J. 1993. Etat corporel des vaches allaitantes Charolaises: signification, utilisation pratique et relations avec la reproduction (1). INRA Productions animales 6 (5), 311-318.

8.6. Tableaux et figures

Tableau 8.1. Apports alimentaires journaliers recommandés pour la vache allaitante (650 kg de poids vif, production laitière de 2500 kg)

Stade	Lait ¹ kg/j	MSI kg	NEL MJ	PAI g	MA g	Ca g	P g	Mg g	K g	Na g
Entretien	0	9 - 10	37.5	420	750	20	12	17	70	11
Entretien + Lactation										
1 ^{er} mois	7 - 8	13 - 14	62	820	1240	52	28	30	120	20
2 ^e mois et +	9 - 11	14 - 15	69	920	1380	60	32	35	125	20
Entretien + Gestation										
7 ^e et 8 ^e mois	3-5	9 - 10	46	620	920	50	25	20	115	20
9 ^e mois		9 - 10	52	720	1020	40	20	20	75	12
Modification du poids vif ± 100 kg PV		± 1	± 5	± 50	± 100	± 1	± 1	± 0.3	± 15	± 2

Abbréviations: MSI: matière sèche ingérée; NEL: énergie nette pour la lactation; PAI: protéines absorbables dans l'intestin; MA: matière azotée; PV = poids vif

¹ Besoins correspondant à une production quotidienne de lait de ... kg

Coefficients d'absorption utilisés: 40 % pour Ca, 12 % pour Mg

Remarques:

Consommation de MS: valeur supérieure = rations avec fourrage vert et sec

valeur inférieure = rations avec ensilage ou une part importante de paille

Primipares: augmenter la qualité de la ration car la consommation de MS est inférieure (moins 1 à 2 kg / jour).

Tableau 8.2. Concentration nécessaire en énergie (NEL) et en protéines (PAI) de l'aliment complémentaire pour les veaux de vaches allaitantes

Poids vif kg	Lait/j kg	Aliment complémentai re kg de MS	Gain quotidien							
			900 g		1000 g		1100 g		1200 g	
			Concentration nécessaire en NEL et PAI par kg de MS de l'aliment complémentaire							
			NEL MJ	PAI g	NEL MJ	PAI g	NEL MJ	PAI g	NEL MJ	PAI g
Naiss.-100	6-12	0 – 0.5	5.2	80	5.2	80	5.2	80	5.2	80
125	10	0.5 – 1.0	5.2	80	5.2	80	5.2	80	5.3	80
150	9	1.0 – 1.2	5.2	80	5.2	80	5.2	80	5.3	80
175	8	1.2 – 1.5	5.2	80	5.2	80	5.2	80	5.3	90
200	7	1.5 – 2.0	5.2	80	5.2	80	5.2	80	5.8	90
225	7	2.0 – 2.5	5.2	80	5.2	80	5.3	85	6.0	90
250	6	2.5 – 3.0	5.2	80	5.2	80	5.7	85	6.3	90
275	5	3.0 – 4.0	5.2	80	5.4	80	6.0	85	6.5	90
300	4	4.0 – 5.0	5.2	80	5.7	80	6.2	90	6.6	90
325	2	5.0 – 5.5	5.7	80	6.1	85	6.5	90	6.8	95

Abréviations: MS: matière sèche; NEL: énergie nette pour la lactation; PAI: protéines absorbables dans l'intestin

Remarques :

+ 1 kg de lait par jour = + ~100 g de gain quotidien; 1 kg de lait en moins et même accroissement nécessite dès 225 kg une augmentation de la concentration en nutriments de 0.4 MJ NEL et 32 g de PAI par kg de MS.

La concentration minimale en nutriments par kg de MS ne devrait pas être inférieure à 5.2 MJ NEL et 80 g de PAI (teneurs identiques à celles d'un foin de qualité moyenne). La teneur minimale en matière azotée de l'aliment complémentaire s'obtient en multipliant la teneur en NEL par 20.

Tableau 8.3. Détermination de la note d'état corporel

TABLEAU DE NOTATION					
	Note	Main gauche : Sur ligament Sacro-tubéral (attache de queue, photo 1)		Main droite : A plat sur les deux dernières côtes (photo 2)	
Vache maigre	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
Etat moyen	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
Vache grasse	4	Peau souple	Bonne poignée de gras	Plus de dépression intercostale Un épais «matelas» recouvre les côtes	
	5	Peau arrondie	Pleine poignée de gras		

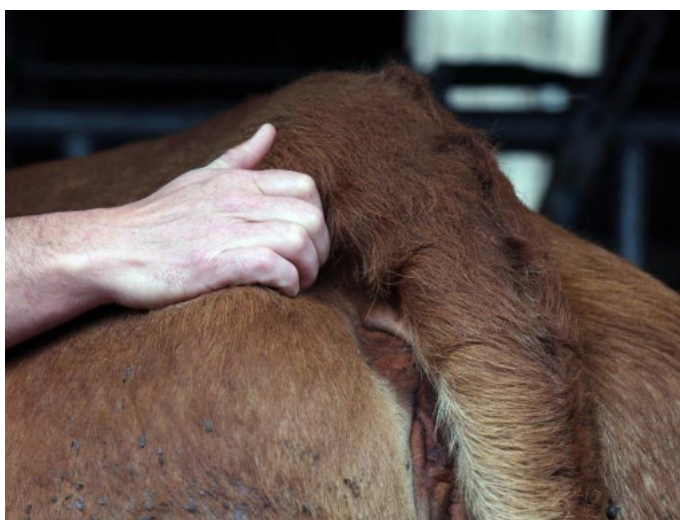
Source: Agabriel *et al.* (1986)


Photo 1 (O. Bloch)

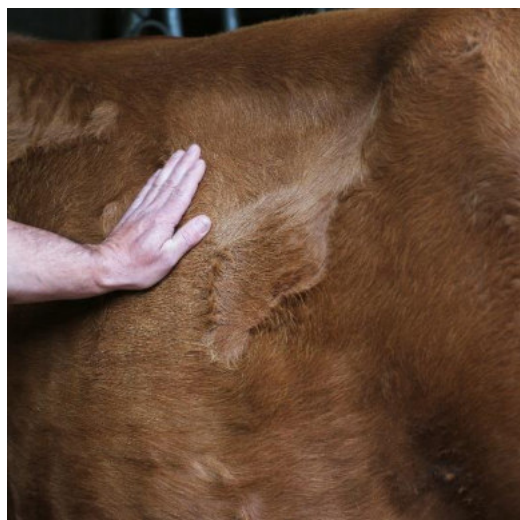


Photo 2 (O. Bloch)

Tableau 8.4. Apports recommandés en oligo-éléments et en vitamines pour la vache allaitante

Oligo-éléments [mg/kg MS ration]			Vitamines		
	Lactation	Tarissement			
Cobalt	0.10	0.10	β-carotène	mg/j	0 - 200
Cuivre ¹⁾	10	15	Vitamine A	IU/j	50'000
Fer	40	40	Vitamine D	IU/j	6'000
Iode ²⁾	0.5	0.3	Vitamine E	IU/j	300
Manganèse	40	40			
Sélénium	0.20	0.30			
Zinc	40	30			

Abréviations: MS: matière sèche; IU: unités internationales

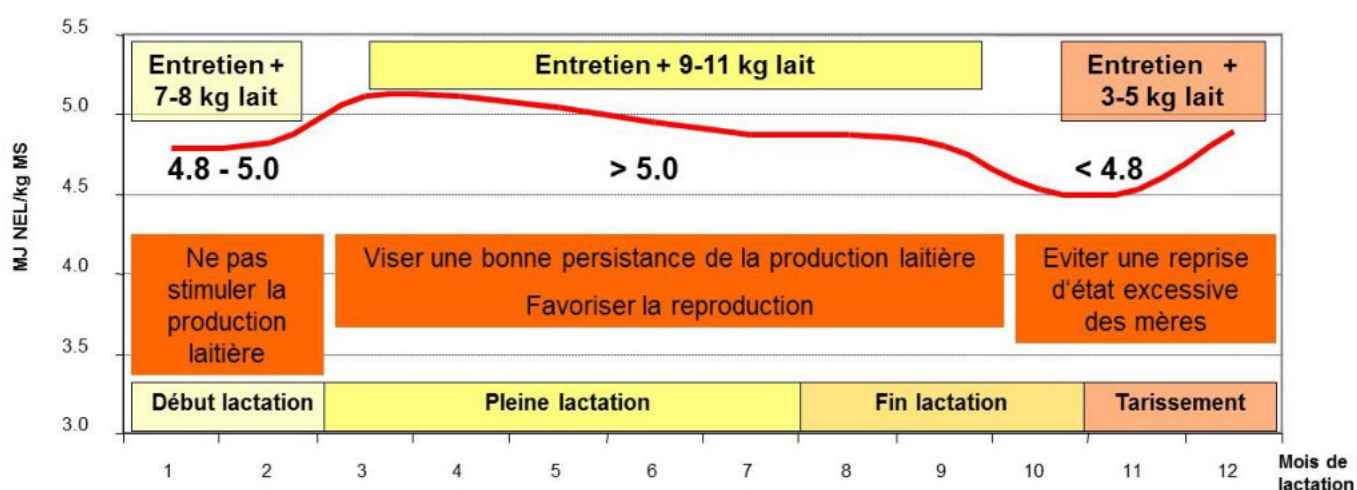
¹⁾ Ration avec >3.0 mg Mo /kg MS ou avec >3.5 g S /kg MS: concentration * 1.5

²⁾ Ration avec forte présence de substances goitrigènes: concentration * 2

Tableau 8.5. Recommandations d'utilisation des différents types de vaches allaitantes

Objectif de production		Veau sous la mère	Broutard fini sous la mère	Remontes d'engraissement		
Poids de carcasse		120-135 kg	≈ 200 kg	250-280 kg	≥ 300 kg	
Age à l'abattage (mois)		5½	10	18-20	20-24	> 24
Intensité d'alimentation requise						
Avant le sevrage (sous la mère)		+++	++	+	-	
Après le sevrage (finition)				+++	++	-
Profil génétique	Précoce (Angus)	(✓)	✓	(✓) Trop précoce	(✓) Trop précoce	(✓) Trop précoce
	Mi-Tardif profil lait (F1 Limousin x Lait)	(✓)	(✓)	✓	✓	✓
	Mi-Tardif profil viande (Limousin, Charolais)	(✓)	(✓) Trop tardif	✓	✓	(✓) Trop tardif
		Complémentation du veau toujours nécessaire				

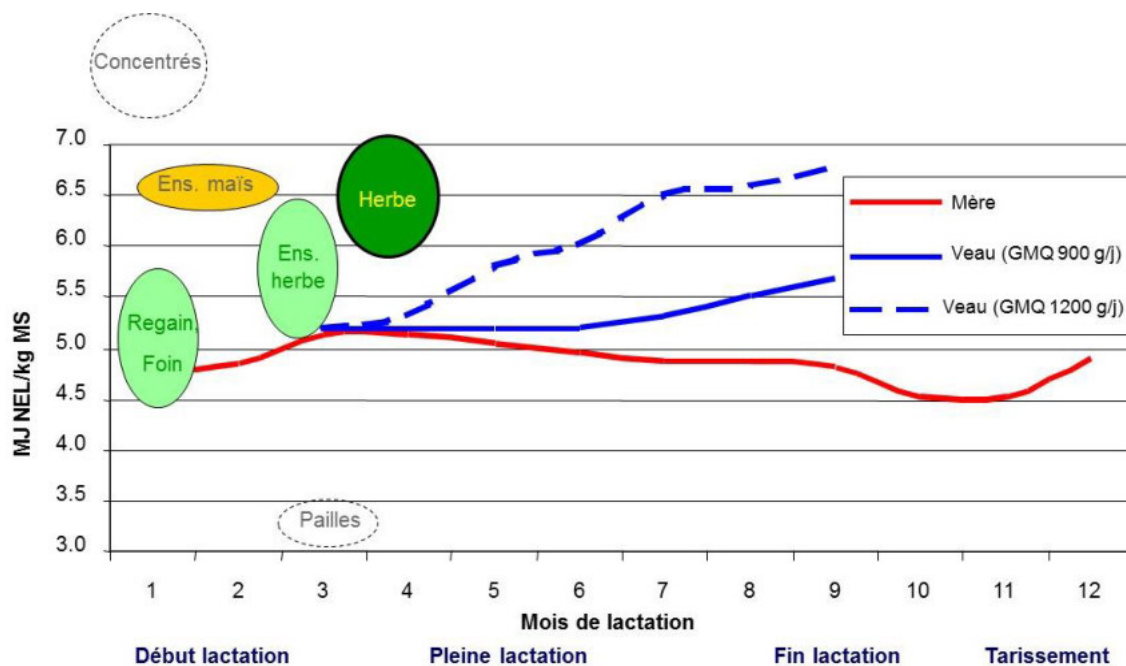
Figure 8.1. Besoins énergétiques d'une mère (650 kg) avec son veau tout au long du cycle de production.



Adapté d'après le tableau 8.1

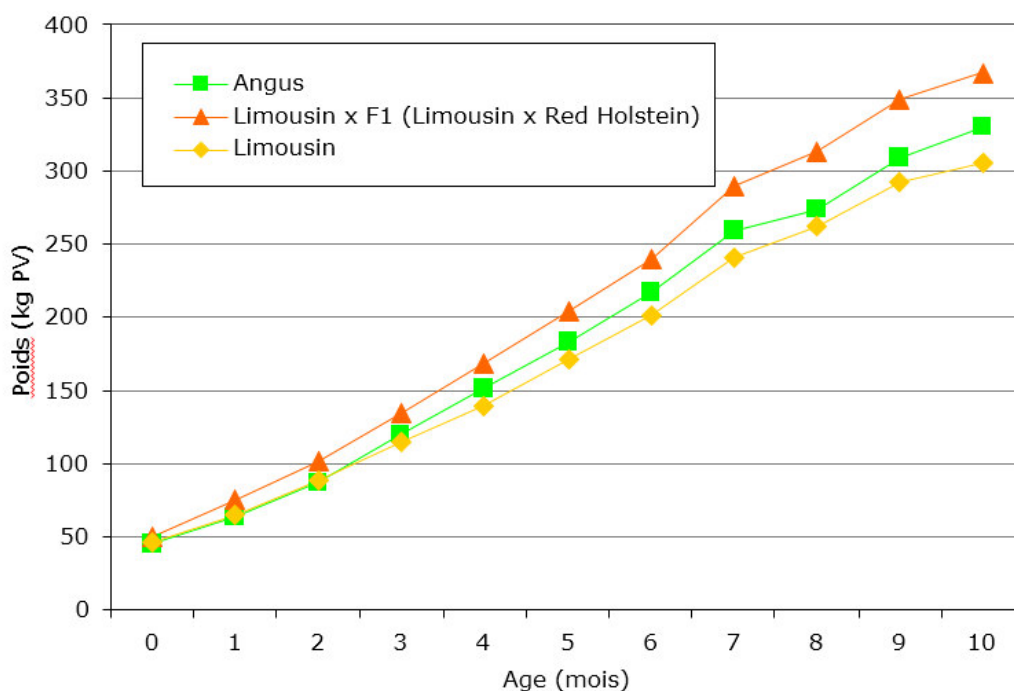
Abréviations: MS: matière sèche; NEL: énergie nette pour la lactation

Figure 8.2. Concentration énergétique des aliments – besoins des animaux



Abréviations: MS: matière sèche; NEL: énergie nette pour la lactation; GMQ: gain moyen quotidien

Figure 8.3. Evolution du poids des veaux selon la race en fonction de l'âge¹



¹Données moyennes sur trois ans du troupeau allaitant d'Agroscope Posieux

Abréviation: PV = poids vif

Version: Octobre 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: I Morel, A. Chassot, P. Schlegel, F. Jans, J. Kessler

Copyright: Agroscope

svp reproduire le contenu avec référence

9. Apports alimentaires recommandés pour le veau à l'engrais

Isabelle Morel et Jürg Kessler

Table des matières

9.1.	Energie.....	2
9.2.	Matière azotée	2
9.3.	Minéraux	3
9.3.1.	Eléments majeurs.....	3
9.3.2.	Oligo-éléments	3
9.4.	Vitamines	4
9.5.	Rationnement.....	4
9.5.1.	Rations et modes d'alimentation	4
9.5.2.	Particularités de rations à base de sous-produits laitiers frais.....	4
9.5.3.	Remarques générales	5
9.6.	Bibliographie	5



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

9. Apports alimentaires recommandés pour le veau à l'engrais

Le veau à l'engrais est considéré comme un «préruminant» en raison de sa physiologie digestive, plus proche du monogastrique que du ruminant. Grâce au réflexe de fermeture de la gouttière oesophagienne, le lait et les autres aliments liquides distribués au veau passent directement dans la caillette où a lieu la digestion. Les particularités du système digestif du veau à l'engrais nécessitent l'emploi d'unités autres que celles utilisées chez les ruminants. Ainsi, les besoins énergétiques et azotés sont exprimés respectivement en énergie métabolisable veau (EMV) et en matière azotée digestible (MAD)

9.1. Energie

Comme chez les bovins en croissance, les besoins en énergie du veau à l'engrais se répartissent en besoins d'entretien et en besoins pour la croissance. Ils ont été estimés dans des essais effectués à l'INRA en France et ont permis d'établir les apports recommandés en énergie métabolisable (Toullec et al. 1980, Toullec 1988). Leur aptitude aux conditions d'engraissement suisses (races, mode d'alimentation, aliments utilisés, etc.) a été vérifiée dans de nombreux essais réalisés à notre station de recherches (von Rohr 1993). Ces recommandations sont données dans le tableau 9.1.

La teneur en énergie métabolisable des aliments pour veaux (EMV) se calcule à partir de l'énergie brute (analysée ou estimée comme chez les ruminants selon la régression donnée ci-après), de la digestibilité de l'énergie et d'une déduction de 2 % pour les pertes d'énergie dans l'urine:

$$EMV \text{ (MJ/kg)} = EB \cdot (dE/100) \cdot 0.98$$

EB : énergie brute, en MJ/kg
dE : coefficient de digestibilité de l'énergie, en %
0.98 : pertes d'énergie dans l'urine de 2 %

Les valeurs correspondantes pour les aliments les plus fréquemment utilisés dans les rations pour veaux à l'engrais sont disponibles dans le Livre vert (Chap. 14, Valeurs de référence des aliments simples).

Equation de régression pour l'estimation de la teneur en énergie brute dans les aliments:

$$EB \text{ (MJ/kg)} = 0.0242 MA + 0.0366 MG + 0.0209 CB + 0.0170 ENA - 0.00063 MDS^*$$

MA = Matière azotée, en g/kg
MG = Matière grasse, en g/kg
CB = Cellulose brute, en g/kg
ENA = Extractif non azoté, en g/kg
MDS = Mono- et disaccharides (essentiellement lactose), en g/kg
* à prendre en considération pour les produits laitiers, lorsque MDS ≥ 80 g/kg de MS

9.2. Matière azotée

Comme pour l'énergie, les besoins en matière azotée digestible (MAD) du veau peuvent être calculés selon la méthode factorielle (entretien + croît). Cependant, la diminution avec l'âge du rendement de l'utilisation métabolique des acides aminés (Roy, cité par Toullec et al. 1980) rend fastidieuse son application pratique. Des résultats plus aisément utilisables sont fournis par la méthode dite globale, qui consiste à examiner l'influence de l'apport protéique sur la rétention azotée et la croissance. Les résultats ainsi obtenus, cités dans la littérature, s'accordent sur un apport en **matière azotée** dans la ration de **250 g/kg de MS** jusqu'à 100 kg poids vif et de **210 g/kg de MS** au-delà (Toullec 1988, Kirchgeßner 2008, Menke et Huss 1980).

La présence de protéines essentiellement d'origine laitière dans les régimes pour veaux à l'engrais permet de couvrir les besoins spécifiques pour la plupart des acides aminés indispensables. Ceux d'entre eux qui peuvent parfois être limitants sont la méthionine, la lysine et la thréonine, qu'il est possible, le cas échéant, de compléter aux aliments d'allaitement. Les données fournies dans le tableau 9.1 pour la matière azotée digestible n'expriment pas les besoins en MAD, mais les apports généralement utilisés. Ces valeurs découlent d'une ration composée de lait entier et d'un aliment d'allaitement complémentaire (selon plan tab. 9.2), calculée de telle manière que les besoins en énergie soient couverts. Ainsi, suivant les rations utilisées, les apports en MAD peuvent varier par rapport à ces valeurs. Il s'agit dans ce cas de veiller à ce que les concentrations en MA données plus haut soient respectées. La teneur en matière azotée digestible des aliments pour veaux est obtenue en multipliant la teneur en matière azotée par le coefficient de digestibilité correspondant (dMA).

Les valeurs correspondantes pour les aliments les plus fréquemment utilisés dans les rations pour veaux à l'engrais sont disponibles dans le Livre vert (Chap. 14, Valeurs de référence des aliments simples)

9.3. Minéraux

9.3.1. Éléments majeurs

Les apports recommandés en éléments majeurs pour le veau à l'engrais (tab. 9.4 et 9.5) sont dérivés des principes de base résumés au chapitre 4 et de l'ingestion donnée dans le tableau 9.1.

L'approvisionnement en éléments majeurs ne pose généralement pas de problème particulier chez le veau à l'engrais. Avec des rations à base de lait entier cependant, l'apport en **magnésium** est inférieur aux recommandations. Ainsi, la distribution de lait entier uniquement, sur une période prolongée (six à huit semaines environ) peut entraîner une carence en magnésium (Larvor 1977). L'emploi d'un concentré de substances actives par exemple peut permettre de prévenir une carence en Mg (voir chap. 9.5.3).

Certains aliments tels que le lactosérum (petit-lait) frais, concentré ou en poudre ainsi que la poudre de babeurre ont des teneurs en **sodium** et en **potassium** relativement élevées (voir Feedbase). Lorsque ces produits représentent une proportion importante de la ration et qu'ils sont complétés avec des aliments d'allaitement riches en Na et K, un contrôle du niveau d'approvisionnement en ces éléments est indispensable. Cet aspect est particulièrement important si les veaux n'ont pas d'eau à disposition (ce qui ne devrait plus être le cas désormais¹) et que la température à l'intérieur de l'écurie est relativement élevée. Pour éviter d'éventuels troubles du métabolisme, la concentration en Na et K [% Na + (% K 0.588)] ne devrait pas dépasser 0.32 % dans la ration (Gropp et al. 1979). Un excès de Na et de K se caractérise entre autres par les symptômes suivants: diminution de l'accroissement journalier, nervosité, forte transpiration et crampes.

¹ Ordonnance sur la protection des animaux du 23.04.2008 (Délai de transition jusqu'au 1.1.2013: Article 37, al. 1 : «Les veaux détenus à l'étable ou dans une hutte (igloo) doivent avoir accès à de l'eau en permanence»)

9.3.2. Oligo-éléments

Les apports recommandés en oligo-éléments pour le veau à l'engrais sont présentés dans le tableau 9.6.

Concernant le **fer (Fe)**, l'article 37, al. 3, de l'Ordonnance sur la protection des animaux stipule que « Les veaux doivent recevoir une quantité d'aliments permettant de couvrir leurs besoins en fer ». Le Livre des aliments pour animaux (Annexe 1.1, art. 3) prescrit que la teneur en fer des aliments d'allaitement pour veaux d'un poids vif inférieur ou égal à 70 kilogrammes doit atteindre au moins 30 milligrammes par kilogramme d'aliment complet pour animaux ramené à une teneur en eau de 12 %. Si les aliments d'allaitement de démarrage sont bien pourvus en fer, il n'en est pas de même des matières premières d'origine laitière dont la teneur en fer est généralement faible (voir Feedbase). Suivant la part qu'occupent ces aliments dans la ration, un complément en Fe s'avère le plus souvent nécessaire pour garantir l'approvisionnement du veau en cet élément. Une carence (anémie) peut entraîner des conséquences négatives notamment sur la vitesse de croissance et sur l'efficacité alimentaire (indice de consommation) des animaux (Roy et al. 1964, Egger 1991, Morel 1996). La détermination du taux d'hémoglobine sanguin fournit, entre autres, une indication sur l'approvisionnement en Fe du veau à l'engrais.

Les essais réalisés à notre station de recherches avec des veaux mâles ont montré qu'un apport en fer de 20 mg par kg de MS de la ration durant toute la période d'engraissement permettait de réaliser de bonnes performances, sans que la couleur de la viande ne soit affectée. Dans les rations composées essentiellement de lait entier, ces apports peuvent être augmentés à 30 mg/kg de MS jusqu'à 100 kg PV. Une plus grande hétérogénéité du niveau d'approvisionnement en fer (réserves corporelles) à la naissance semble caractériser les veaux femelles.

Chez le veau, l'approvisionnement en **cuivre** est généralement suffisant. En revanche, des cas d'intoxication au Cu sont observés de temps à autre. Ces derniers sont dus le plus souvent à une contamination du lait ou des sous-produits laitiers avec du cuivre. Les cuves, les conduites en cuivre et les nourrisseurs automatiques qui contiennent du cuivre représentent les principales sources de contamination possibles. Lorsque des acides sont ajoutés aux aliments en tant qu'agent conservateur, le problème peut encore s'accroître. Les symptômes d'un empoisonnement au cuivre sont, entre autres, une coloration jaune des muqueuses (jaunisse), une attitude craintive et des crampes. En outre, l'urine peut présenter une coloration rougeâtre.

La maladie du muscle blanc se manifeste également chez le veau à l'engrais, suite à une carence en **sélénium** et en **vitamine E** (voir aussi chap. 4). Un approvisionnement insuffisant en Se de la mère, une teneur trop faible en Se de la ration ou un stockage prolongé et inadéquat des aliments d'allaitement (pertes de vitamine E) représentent les causes possibles d'une éventuelle carence chez le veau à l'engrais.

9.4. Vitamines

Il est nécessaire d'apporter aussi bien des vitamines liposolubles qu'hydrosolubles au veau à l'engrais par l'intermédiaire de la ration. Les apports recommandés en vitamines (voir aussi chap. 4) sont donnés dans le tableau 9.7. Pour les **vitamines A et D**, deux valeurs sont indiquées. La valeur la plus basse s'applique aux animaux dans des conditions d'alimentation et de garde habituelles. Dans des situations particulières, comme le stress dû à une maladie, un changement d'écurie et des variations importantes de température, la valeur la plus élevée est à prendre en considération.

Avec les modes d'alimentation habituellement appliqués, les cas de fortes carences en vitamines chez le veau à l'engrais sont plutôt rares de nos jours. En effet, aussi bien dans les modes d'engraissement au lait entier, combiné ou avec des sous-produits laitiers, les éventuelles vitamines manquantes sont apportées par l'intermédiaire de concentrés de substances actives ou des aliments d'allaitement complémentaires.

9.5. Rationnement

9.5.1. Rations et modes d'alimentation

Suivant les aliments disponibles (lait entier, sous-produits laitiers, aliments d'allaitement), les rations utilisées dans l'engraissement des veaux varient fortement d'une exploitation à l'autre. Il n'est donc pas possible de donner ici des plans d'allaitement pour chaque situation particulière. Deux exemples, l'un à partir de lait entier et l'autre de lait écrémé, sont fournis aux tableaux 9.2 et 9.3. Le plan d'alimentation avec du lait entier correspond au régime appliqué de manière standard dans les essais réalisés avec des veaux mâles à notre station de recherches. La quantité de lait entier proposée ne représente pas un maximum mais un optimum du point de vue de la couverture des besoins des animaux.

Pour tenir compte de l'augmentation des poids à l'abattage, la courbe de croissance proposée dans ces exemples a été légèrement adaptée par rapport à l'engraissement pratiqué auparavant. Suivant le type de veaux (poids de départ, race, sexe, état sanitaire), cette courbe peut être modifiée. De même pour les autres combinaisons d'aliments, il est possible, en tenant compte des recommandations données au tableau 9.1, d'établir des plans correspondants, sur le modèle donné dans les exemples des tableaux 9.2 et 9.3.

L'emploi de nourrisseurs automatiques «simples» (non gérés par ordinateur), ne permet pas de régler et de contrôler de façon précise les quantités ingérées par chaque animal. On parle dans ce cas d'une alimentation à volonté ou ad libitum. En début d'engraissement, la courbe de consommation des veaux nourris selon ce système croît de manière beaucoup plus rapide que celle des animaux rationnés. La concentration en matière sèche et en énergie de la ration permet d'influencer l'évolution de l'ingestion. Cependant, en raison d'une consommation «de luxe», supérieure aux besoins de l'animal, les pertes par les fèces et par l'urine sont accrues et l'on assiste à une détérioration de l'indice de consommation de 10% environ (Egger et Hilfiker 1992),

9.5.2. Particularités de rations à base de sous-produits laitiers frais

L'emploi de sous-produits laitiers tels que le lait écrémé, le lactosérum ou les mélanges de babeurre et de lactosérum à des concentrations plus ou moins élevées de matière sèche requiert une attention particulière:

- Le suivi d'un plan d'alimentation et l'emploi d'un aliment d'allaitement complémentaire, adapté spécifiquement au produit utilisé, sont indispensables;

- Durant certaines phases de l'engraissement, la plupart de ces produits doivent être dilués avec de l'eau, de manière à ce que la concentration en matière sèche de la ration évolue progressivement entre 130 g/kg au début de l'engraissement et 220 g/kg au maximum en fin d'engraissement (230 g/kg avec une alimentation à volonté);
- En raison de la durée de conservation limitée de ces produits et du milieu favorable qu'ils représentent pour le développement des microorganismes, une hygiène irréprochable est de rigueur;
- Les produits à base de lactosérum sont particulièrement riches en lactose. Jusque dans une certaine mesure, le veau assimile très bien cette source d'énergie. Les limites digestives peuvent cependant être atteintes en cas de concentrations trop importantes de lactose dans la ration (au-delà de 60 % dans la MS). Ce risque est encore accru lors d'une alimentation à volonté et en fin d'engraissement (Roy, cité par Toullec et al. 1980);
- La teneur en sodium est également élevée dans les produits à base de lactosérum. La mise à disposition d'eau, principalement durant les mois d'été, permet de limiter les risques liés à un excès de sodium (voir aussi chap. 9.3.1).

9.5.3. Remarques générales

A l'arrivée des animaux, la distribution d'une solution réhydratante est à préférer à un repas normal. Pour compléter efficacement les rations composées essentiellement de lait entier (sans ou avec très peu d'aliment d'allaitement complémentaire), l'emploi d'un concentré de substances actives du commerce est recommandé. Ces concentrés contiennent des minéraux et vitamines.

Selon l'article 37, al. 4, de l'Ordonnance sur la protection des animaux, «Les veaux âgés de plus de deux semaines doivent pouvoir consommer à volonté du foin, du maïs ou un fourrage approprié afin de couvrir leurs besoins en fibres. La paille comme seul fourrage grossier n'est pas réputée être un aliment adéquat». La mise à disposition de cubes de maïs plante entière permet de respecter cette prescription légale sans que les performances et la couleur de la viande n'en soit affectées.

9.6. Bibliographie

- ❖ Ordonnance sur le Livre des aliments pour animaux (OLALA). 26.10.2011. (RS 916.307.1)
- ❖ Ordonnance sur la protection des animaux (OPAn). 23.04.2008. (RS 455.1)
- ❖ Egger I., 1991. Approvisionnement en fer chez le veau d'engraissement. 1. Influence de deux niveaux de fer et de cuivre sur les performances zootechniques et la couleur de la viande chez le veau à l'engrais. *Revue suisse Agric.* 23 (1), 15-20.
- ❖ Egger I. et Hilfiker J. 1992. Avantages d'une alimentation rationnée chez le veau à l'engrais. *Revue suisse Agric.* 24 (4), 219-224.
- Gropp J., Adam G. und Boehncke E., 1979. Der Natrium- und Kaliumgehalt von Milchaustauschfutter als Qualitätsmerkmal in der Kälbermast. *Krafftutter* 61, 616-619.
- Kirchgessner M., 2008. Kälbermast. In: *Tierernährung*. DLG-Verlag, Frankfurt (Main). 462-472.
- Larvor P., 1977, Pathologie métabolique et nutritionnelle. Dans: *Le veau*. Mornet P. et Epinasse J. Ed. Maloine S.A., Paris. 389-405.
- Menke K.-H. und Huss W., 1980. Kälbermast. In: *Tierernährung und Futtermittelkunde*. Ulmer, Stuttgart. 138-143.
- ❖ Morel I., 1996. Le fer dans l'alimentation du veau à l'engrais. *Revue suisse Agric.* 28 (2), 65-69.
- Roy J.H.B., Gaston Helen J., Shillam K.W.G., Thompson S.Y., Stobo I.J.F. and Greatorex J.C., 1964. The nutrition of the veal calf. *Brit. J. Nutr.* 18, 467-502.
- Toullec R., Thivend P., Vermorel M. et Gueguen L., 1980. Veau préruminant. Dans: *Alimentation des ruminants*. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 245-274.
- Toullec R., 1988. Alimentation du veau de boucherie. Dans: *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 185-200.
- ❖ Von Rohr P., 1993. Nährstoff- und Energiebedarf des Kalbes. Travail de diplôme, EPF Zurich. 173 p.

Tableau 9.1. Apports journaliers recommandés en matière sèche (MS), énergie métabolisable veau (EMV) et matière azotée digestible (MAD) pour le veau à l'engrais

Poids vif kg	Gain de poids quotidien																	
	800 g			900 g			1'000 g			1'100 g			1'200 g			1'300 g		
	MS kg	EMV MJ	MAD g	MS kg	EMV MJ	MAD g	MS kg	EMV MJ	MAD g	MS kg	EMV MJ	MAD g	MS kg	EMV MJ	MAD g	MS kg	EMV MJ	MAD g
50	0.81	18.2	194	0.88	19.8	211	0.95	21.4	228	1.02	23.0	245	1.10	24.7	263	1.17	26.4	281
60	0.89	20.0	214	0.97	21.7	232	1.04	23.4	250	1.12	25.2	268	1.20	26.9	287	1.28	28.7	307
70	0.97	21.8	232	1.05	23.5	251	1.13	25.3	270	1.21	27.2	290	1.29	29.1	310	1.38	31.0	330
80	1.04	23.4	250	1.12	25.2	269	1.21	27.1	289	1.29	29.1	310	1.38	31.0	331	1.47	33.0	352
90	1.11	25.0	266	1.20	26.9	287	1.28	28.9	308	1.37	30.9	329	1.46	32.9	351	1.56	35.0	373
100	1.14	26.4	285	1.24	28.4	306	1.34	30.5	326	1.45	32.6	347	1.56	34.7	369	1.67	36.9	391
110	1.21	27.9	300	1.32	30.0	321	1.42	32.1	342	1.53	34.2	364	1.65	36.4	386	1.76	38.7	409
120	1.28	29.3	314	1.39	31.4	335	1.50	33.6	357	1.62	35.8	380	1.73	38.1	403	1.85	40.4	426
130	1.35	30.6	327	1.46	32.8	350	1.58	35.1	372	1.69	37.4	395	1.81	39.7	419	1.93	42.1	443
140	1.42	31.9	341	1.53	34.2	363	1.65	36.5	387	1.77	38.8	410	1.89	41.2	434	2.01	43.7	459
150	1.48	33.2	353	1.60	35.5	377	1.72	37.9	400	1.84	40.3	425	1.97	42.7	449	2.09	45.2	475
160	1.54	34.4	366	1.67	36.8	390	1.79	39.2	414	1.91	41.7	439	2.04	44.2	464	2.17	46.8	490
170	1.61	35.6	378	1.73	38.1	402	1.86	40.5	427	1.98	43.1	453	2.11	45.6	479	2.25	48.3	505
180	1.67	36.8	390	1.79	39.3	415	1.92	41.8	440	2.05	44.4	466	2.19	47.0	493	2.32	49.7	519
190	1.73	38.0	402	1.85	40.5	427	1.99	43.1	453	2.12	45.7	479	2.25	48.4	506	2.39	51.1	534
200	1.78	39.1	413	1.91	41.7	439	2.05	44.3	465	2.18	47.0	492	2.32	49.7	520	2.46	52.5	548

Besoins en EMV estimés selon Toullec et al. (1980)¹: les apports recommandés en MS et en MAD sont calculés selon le plan d'alimentation donné au tableau 9.2 pour une ration composée de lait entier et d'un aliment d'allaitement complémentaire.

Jusqu'à 100 kg PV: lait entier seul avec 22.5 MJ EMV et 240 g MAD par kg de MS à 13 % de MS

De 100 à 200 kg PV: lait entier et aliment d'allaitement avec 20.5 MJ EMV et 198 g MAD par kg de MS à 96 % de MS

Dans des conditions normales d'engraissement, la courbe de croissance à adopter doit se situer à l'intérieur du domaine grisé.

$$^1\text{EMV (MJ/jour)} = 0.4184 \text{ PV}^{0.75} \text{ (kg)} + 3.3639 \text{ PV}^{0.355} \text{ (kg)} \cdot \text{GQ}^{1.2} \text{ (kg)} \text{ (R}^2=0.35; \text{ s} = 4.3)$$

Poids vif kg	Gain de poids quotidien														
	1'400 g			1'500 g			1'600 g			1'700 g			1'800 g		
	MS kg	EMV MJ	MAD g	MS kg	EMV MJ	MAD g	MS kg	EMV MJ	MAD g	MS kg	EMV MJ	MAD g	MS kg	EMV MJ	MAD g
50	1.25	28.1	299	1.33	29.8	318	1.40	31.6	337	1.48	33.4	356	1.56	35.2	375
60	1.36	30.6	326	1.44	32.4	346	1.53	34.3	366	1.61	36.2	386	1.70	38.2	407
70	1.46	32.9	351	1.55	34.9	372	1.64	36.9	393	1.73	38.9	415	1.82	40.9	436
80	1.56	35.1	374	1.65	37.1	396	1.74	39.2	418	1.84	41.3	441	1.93	43.5	464
90	1.65	37.1	396	1.75	39.3	419	1.84	41.5	442	1.94	43.7	466	2.04	45.9	489
100	1.78	39.1	413	1.89	41.3	435	2.01	43.6	458	2.13	45.9	481	2.24	48.2	504
110	1.88	40.9	431	1.99	43.3	455	2.11	45.6	478	2.23	48.0	502	2.35	50.4	526
120	1.97	42.7	450	2.09	45.1	473	2.21	47.5	498	2.33	50.0	522	2.46	52.5	547
130	2.06	44.5	467	2.18	46.9	492	2.31	49.4	516	2.43	51.9	542	2.56	54.5	567
140	2.14	46.2	484	2.27	48.7	509	2.40	51.2	535	2.53	53.8	561	2.66	56.4	587
150	2.22	47.8	500	2.35	50.4	526	2.49	53.0	552	2.62	55.6	579	2.76	58.3	606
160	2.30	49.4	516	2.44	52.0	543	2.57	54.7	569	2.71	57.4	597	2.85	60.1	624
170	2.38	50.9	532	2.52	53.6	559	2.66	56.3	586	2.80	59.1	614	2.94	61.9	642
180	2.46	52.4	547	2.60	55.2	574	2.74	57.9	602	2.88	60.8	631	3.03	63.6	659
190	2.53	53.9	561	2.68	56.7	590	2.82	59.5	618	2.97	62.4	647	3.11	65.3	676
200	2.61	55.3	576	2.75	58.2	605	2.90	61.1	634	3.05	64.0	663	3.20	66.9	693

Tableau 9.2. Exemple de plan d'allaitement pour veaux à l'engrais (de 60 à 200 kg PV en 98 jours: gain moyen quotidien de 1430 g)

Ration composée de lait entier et d'un aliment d'allaitement complémentaire à partir de 100 kg PV (engraissement combiné)

Poids vif kg	Gain de poids g/jour	Ration totale ^{a)} kg/jour	Lait entier ^{b)} kg/jour	Aliment d'allaitement ^{c)}		Eau kg/jour	MS kg/jour	EMV MJ/jour	MAD g/jour	Concentration	
				kg/jour	g/kg ^{d)}					MS %	MA %
61 – 70	1'100	9.0	9.0	-	-	-	1.17	26.3	281	13.0	25.3
71 – 80	1'150	10.0	10.0	-	-	-	1.30	29.3	312	13.0	25.3
81 – 90	1'200	11.0	11.0	-	-	-	1.43	32.2	343	13.0	25.3
91 – 100	1'280	12.0	12.0	-	-	-	1.56	35.1	374	13.0	25.3
101 – 110	1'350	13.0	12.0	0.19	15	0.8	1.75	38.9	411	13.4	24.8
111 – 120	1'400	14.0	12.0	0.34	24	1.7	1.89	41.8	439	13.5	24.5
121 – 130	1'450	15.0	12.0	0.49	33	2.5	2.03	44.8	468	13.6	24.3
131 – 140	1'500	16.0	12.0	0.64	40	3.4	2.18	47.8	497	13.6	24.0
141 – 150	1'550	16.2	12.0	0.80	50	3.4	2.33	50.8	526	14.3	23.8
151 – 160	1'600	16.5	12.0	0.95	59	3.6	2.47	53.8	555	15.0	23.7
161 – 170	1'650	16.8	12.0	1.10	65	3.7	2.62	56.8	584	15.6	23.5
171 – 180	1'700	17.0	12.0	1.26	74	3.7	2.77	59.9	614	16.3	23.3
181 – 190	1'750	17.2	12.0	1.42	83	3.8	2.92	63.0	643	17.0	23.2
191 – 200	1'800	17.5	12.0	1.57	93	3.9	3.07	66.1	673	17.5	23.1
Total (kg)			1'120	54							

Remarques : Jusqu'à 100 kg PV, il est nécessaire de distribuer un concentré de substances actives (minéraux, vitamines) en complément au lait entier.

^{a)} Ration distribuée en deux repas par jour

^{b)} Lait entier 22.5 MJ EMV, 240 g MAD et 253 g MA par kg de MS (13 % de MS)

^{c)} Aliment d'allaitement 20.5 MJ EMV, 198 g MAD et 208 g MA par kg de MS (96 % de MS)

^{d)} Dosage par rapport à la ration totale

Tableau 9.3. Exemple de plan d'allaitement pour veaux à l'engrais (de 60 à 200 kg PV en 98 jours: gain moyen quotidien de 1430 g)
Ration composée de lait écrémé et d'un aliment d'allaitement complémentaire

Poids vif	Gain de poids	Ration totale	Lait écrémé ^{a)}	Aliment d'allaitement ^{b)}		MS	EMV	MAD	Concentration MS MA	
kg	g/jour	kg/jour	kg/jour	kg/jour	g/kg ^{c)}	kg/jour	MJ/jour	g/jour	%	%
61 – 70	1'100	9.6	9.0	0.58	61	1.32	26.2	348	13.8	27.5
71 – 80	1'150	10.7	10.0	0.65	61	1.47	29.2	387	13.8	27.5
81 – 90	1'200	11.7	11.0	0.72	61	1.63	32.2	427	13.9	27.3
91 – 100	1'280	12.8	12.0	0.81	63	1.80	35.7	469	14.0	27.1
101 – 110	1'350	13.9	13.0	0.89	64	1.96	39.0	509	14.1	27.1
111 – 120	1'400	14.5	13.5	0.99	68	2.10	41.9	537	14.5	26.7
121 – 130	1'450	14.6	13.5	1.12	76	2.22	44.9	553	15.2	26.0
131 – 140	1'500	15.2	14.0	1.22	80	2.36	47.9	581	15.5	25.7
141 – 150	1'550	15.8	14.5	1.32	83	2.50	50.9	608	15.8	25.4
151 – 160	1'600	16.4	15.0	1.42	86	2.64	53.9	636	16.1	25.1
161 – 170	1'650	16.6	15.0	1.55	94	2.76	56.8	652	16.7	24.6
171 – 180	1'700	16.7	15.0	1.69	101	2.90	60.0	670	17.4	24.1
181 – 190	1'750	17.3	15.5	1.79	104	3.04	63.0	697	17.6	23.9
191 – 200	1'800	17.4	15.5	1.93	111	3.17	66.1	715	18.2	23.5
Total (kg)			1'267	110						

Remarques: Deux aliments d'allaitement (démarrage et finition) sont parfois utilisés dans la pratique; ils diffèrent essentiellement par leurs teneurs en minéraux et vitamines.

Les rations à base de lait écrémé sont le plus souvent distribuées à volonté; les consommations journalières indiquées sont par conséquent légèrement plus élevées qu'avec une alimentation rationnée.

^{a)} Lait écrémé 17.0 MJ EMV, 361 g MAD et 376 g MA par kg de MS (8.5 % de MS)

^{b)} Aliment d'allaitement 23.6 MJ EMV, 129 g MAD et 135 g MA par kg de MS (96 % de MS)

^{c)} Dosage par rapport à la ration totale

Tableau 9.4. Apports journaliers recommandés en Ca et en P pour le veau à l'engrais

PV kg	Gain de poids quotidien											
	800 g		1'000 g		1'200 g		1'400 g		1'600 g		1'800 g	
	Ca g	P g	Ca g	P g	Ca g	P g	Ca g	P g	Ca g	P g	Ca g	P g
50	14	8	17	10	21	12	24	14	28	16	31	18
100	17	9	21	11	26	13	30	15	34	18	38	20
150	19	10	24	12	28	15	33	17	38	19	42	22
200	24	10	29	12	35	15	40	17	46	20	51	22

Tableau 9.5. Apports journaliers recommandés en Mg et Na pour le veau à l'engrais

PV kg	Gain de poids quotidien											
	800 g		1'000 g		1'200 g		1'400 g		1'600 g		1'800 g	
	Mg g	Na g	Mg g	Na g	Mg g	Na g	Mg g	Na g	Mg g	Na g	Mg g	Na g
50	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.5	1.0	3.0	1.0	3.0	1.5	3.5
100	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0
150	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5
200	4.0	3.5	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.5

Tableau 9.6. Apports recommandés en oligo-éléments pour le veau à l'engrais

Oligo-élément	Apports recommandés en mg par kg de MS de la ration
Fer	Voir texte
Iode	0.2
Cuivre	6
Manganèse	50
Zinc	40
Cobalt	0.1
Molybdène	0.1
Sélénium	0.15

Tableau 9.7. Apports recommandés en vitamines pour le veau à l'engrais

Vitamine		Apports recommandés par kg de MS de la ration
Vitamine A	UI	5'000/10'000 ¹⁾
Vitamine D	UI	600/1'200 ¹⁾
Vitamine E	UI	30
Vitamine K	mg	2
Vitamine C	mg	100
Vitamine B1	mg	3
Vitamine B2	mg	4
Vitamine B6	mg	4
Vitamine B12	µg	45
Acide nicotinique	mg	15
Acide pantothénique	mg	12
Biotine	µg	120
Acide folique	mg	0.5
Choline	mg	1'000

¹⁾ Valeur inférieure: conditions habituelles d'alimentation et de garde
Valeur supérieure: en cas de stress (maladie, changement d'écurie etc.)

10. Apports alimentaires recommandés pour le bovin à l'engrais

Isabelle Morel, Jean-Luc Oberson, Patrick Schlegel, André Chassot, Eduard Lehmann, Jürg Kessler

Table des matières

10.	APPORTS ALIMENTAIRES RECOMMANDÉS POUR LE BOVIN À L'ENGRAIS	2
10.1.	Principaux types de production de viande bovine.....	2
10.2.	Principes de base et apports alimentaires recommandés	3
10.2.1.	Energie	3
10.2.2.	Matière azotée.....	4
10.2.3.	Ingestion de matière sèche.....	4
10.3.	Engraissement intensif de jeunes bovins.....	5
10.4.	Formes extensives d'engraisement.....	6
10.4.1.	Engraissement au pâturage et production de remotes d'engraisement.....	6
10.4.2.	Phase d'engraisement intensif à la suite d'une période d'engraisement extensif	6
10.4.3.	Engraissement extensif de jeunes bovins et gestion des pâturages	7
10.5.	Minéraux et vitamines	8
10.5.1.	Minéraux.....	8
10.5.2.	Vitamines	8
10.6.	Recommandations d'alimentation en finition en fonction du type génétique et de l'objectif de production	9
10.7.	Bibliographie.....	10
10.8.	Tableaux	11
10.9.	Figures	22
10.10.	Annexe : bases pour les calculs.....	26



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

10. Apports alimentaires recommandés pour le bovin à l'engrais

Lors de l'établissement des rations, de nombreux facteurs doivent être pris en considération. Le gain de poids quotidien, la composition du croît et la capacité d'ingestion des animaux sont des paramètres déterminants en ce qui concerne les besoins. La concentration en nutriments et l'appétibilité des aliments influencent également le choix des constituants de la ration. De plus, les conditions de garde et d'alimentation, ainsi que l'hygiène, peuvent jouer un rôle décisif sur l'ingestion et l'état de santé. La capacité des animaux à reconstituer leurs réserves corporelles perdues après une période de restriction alimentaire ne doit pas être occultée. Il faut bien sûr tenir compte aussi du prix des aliments. En ayant à sa disposition les bases nécessaires, l'agriculteur peut définir lui-même la plupart de ces paramètres ou du moins fortement les influencer.

10.1. Principaux types de production de viande bovine

La production de viande bovine comparée à d'autres productions présente une grande diversité de types de production (Figures). Des types d'animaux, des modes d'élevage et d'alimentation différents engendrent une grande variabilité dans les rythmes de croissance, les poids et l'âge à l'abattage ainsi que les qualités des carcasses et par ce biais dans les besoins nutritionnels.

Lorsqu'ils ne partent pas dans l'engraissement des veaux, les mâles issus du troupeau laitier non conservés pour la reproduction sont destinés à la production de taurillons ou de bœufs qui se différencient par le degré d'intensification de la production ; intensive à l'auge pour les premiers, extensive à partir d'herbe pour les seconds. Quant aux femelles, elles sont abattues comme génisses ou alors bien plus tard, sous la forme de vaches de réforme, à la fin de leur carrière de reproductrices. Selon qu'ils proviennent de troupeaux allaitants ou laitiers, les jeunes bovins d'engraissement présentent des types génétiques et des conditions d'élevage très différents.

La dénomination « engraissement intensif » qualifie un gain moyen quotidien sur l'ensemble de la période d'engraissement supérieur à 1300 g et une intensité d'engraissement relativement élevée, sans grandes fluctuations, durant toute la phase d'engraissement engendrant une croissance continue du jeune bovin. La densité énergétique de la ration, composée essentiellement d'ensilage de maïs plante entière et d'aliments concentrés, dépasse les 7,0 MJ NEV/kg MS. Habituellement, les animaux sont gardés à l'écurie, avec ou sans accès à une aire de sortie, mais sans accès au pâturage. Néanmoins, les veaux de vaches allaitantes font également partie de cette catégorie, même s'ils pâturent durant l'été. L'âge à l'abattage des animaux engraisés intensivement ne dépasse généralement pas les 15-18 mois pour un poids vif (PV) d'environ 520 à 550 kg. Les animaux les mieux adaptés à ce type d'engraissement sont des jeunes bovins possédant un fort potentiel de croissance musculaire que l'on trouve majoritairement dans des races plutôt tardives et à grand format, du type Simmental ou Limousin. La production la plus représentative des systèmes d'engraissement intensif est celle du taurillon.

Pour des raisons économiques et écologiques, **les formes extensives d'engraissement** et celles qui **alternent périodes d'alimentation intensive et extensive** (engraissement au pâturage, production de remotes d'engraissement) prennent toujours plus d'importance. Les animaux ne sont pas conduits pour atteindre leur potentiel maximum de croissance, mais pour valoriser les surfaces herbagères. Le choix de la forme d'engraissement dépend de nombreux facteurs naturels, dont la base fourragère joue un rôle capital, mais aussi de facteurs économiques ainsi que de la structure de l'exploitation. Les productions extensives (bœufs, génisses) se caractérisent par des systèmes d'engraissement plus longs (2 à 3 ans) et par une courbe de croissance discontinue. Ils incluent au minimum une période de pâturage. L'alternance entre période d'alimentation extensive et phase d'engraissement intensif peut engendrer une **croissance compensatrice**. Quelques points de comparaison entre les systèmes d'engraissement intensif et extensif sont donnés dans le Tableaux 10.1.

10.2. Principes de base et apports alimentaires recommandés

Les principes de base et les apports alimentaires recommandés pour les bovins à l'engrais n'ont pas été réactualisés. Alors que les besoins journaliers en matière azotée se basent principalement sur les résultats français, les apports recommandés en énergie et l'estimation de l'ingestion de matière sèche ont été établis à partir de nos propres résultats d'essais d'engraissement sur taurillons et bœufs.

L'évolution de la composition corporelle avec l'âge est caractérisée par un développement différencié de chacun des tissus. Durant la croissance, trois phases de production se distinguent: le développement juvénile intensif, une période intermédiaire de croissance moins exigeante et la finition (fig. 10.2). La proportion de muscles dans le poids vif vide augmente pendant toute la période juvénile puis diminue légèrement au cours de la phase d'engraissement. Au contraire, la proportion de tissus adipeux dans le poids vif vide augmente continuellement au cours de la croissance et est maximale durant de la période de finition. L'approvisionnement protéique doit donc être optimal jusqu'à 250-300 kg PV. Puis entre 250 et 500 kg, les exigences sont moins importantes. C'est durant cette période que l'animal peut profiter des ressources herbagères. Enfin, au cours de la finition, l'approvisionnement énergétique est privilégié, afin de garantir une couverture adipeuse légère et régulière.

10.2.1. Energie

Les apports journaliers recommandés en MJ NEV, figurant dans le Tableaux 10.2 pour les taurillons à l'engrais et le Tableaux 10.3 pour l'engraissement de bœufs et de génisses, représentent la somme des besoins pour l'entretien et pour l'énergie fixée dans l'organisme. Dans le calcul, il faut tenir compte du fait que l'évaluation de la valeur nutritive des aliments est basée sur une intensité de production de 1.5 (ce qui signifie 1.5 fois le besoin d'entretien). Ainsi, la part de l'apport énergétique qui s'écarte de cette intensité de production doit être corrigée au moyen du rendement pour la production de viande (k_V), ainsi que du rendement commun pour l'entretien et la production de viande (k_{ENV}). Les équations pour le calcul de k_V et k_{ENV} sont données ci-dessous. On les retrouve dans le chapitre 15.

$$k_V = 0.006 + 0.78 \times q$$

$$k_{En} = 0.554 + 0.287 \times q$$

$$k_{ENV} = \frac{(1.5 \times k_{En} \times k_V)}{(0.5 \times k_{En}) + k_V}$$

Ces équations contiennent comme variable la métabolisabilité de l'énergie :

$$q = \frac{EM}{EB}$$

Pour estimer ce rapport, la formule suivante a été utilisée :

$$q = 0.36 + 0.0002 \times GQ (g)$$

Les équations suivantes permettent de calculer l'énergie fixée quotidiennement dans le croît (EC) : (PV en kg, GQ en g)

Taurillons :

$$EC (MJ/jour) = \frac{(4.453 + 0.01407 \times PV) \times GQ}{(1000 - 0.3 \times GQ)} \quad R^2 = 0.52 \quad \bar{x}_{GQ} = 1164$$

Bœufs, génisses :

$$EC (MJ/jour) = \frac{(1.8893 + 0.02831 \times PV) \times GQ}{(1000 - 0.25 \times GQ)} \quad R^2 = 0.65 \quad \bar{x}_{GQ} = 883$$

Les équations suivantes permettent de calculer les apports recommandés totaux en MJ NEV :

Rendement de l'utilisation de l'énergie métabolisable

Tous les animaux :

$$k = \frac{(0.831 + 0.4305 \times q)}{(0.283 + 0.9235 \times q)}$$

Calcul des besoins en MJ NEV pour l'entretien

Tous les animaux :

$$NEV_{EN} = 0.495 \times PV^{0.75}$$

Apports recommandés totaux en MJ NEV par jour

Tous les animaux :

$$NEV = 0.495 \times PV^{0.75} + k \times (EC - 0.165 \times PV^{0.75})$$

C'est à l'aide de ces équations que les apports recommandés en MJ NEV figurant dans les Tableaux 10.2 et 10.3 ont été calculés pour différents gains quotidiens et poids vifs.

10.2.2. Matière azotée

Les recommandations alimentaires pour la matière azotée se basent essentiellement sur les recommandations françaises. L'apport nécessaire en PAI est calculé en tenant compte du poids vif vide, de sa composition en protéines et en graisse, de la graisse et des protéines fixées quotidiennement ainsi que du rendement de la déposition des protéines.

Les bases de calcul des apports recommandés en PAI pour les taurillons ainsi que pour les bœufs et les génisses à l'engrais sont données en annexe. Aucune modification n'a été apportée par rapport à la précédente édition du Livre vert (Lehmann et Kessler 1999).

La ration d'un animal à l'engrais doit avoir une teneur en matière azotée de 19 g par MJ NEV au minimum. Avec une teneur en MA nettement inférieure, la croissance des microorganismes de la panse est limitée. Dans ce cas, la teneur en PAI calculée de la ration n'est plus correcte, car la quantité de protéines synthétisées dans la panse est moins importante que celle estimée. Les constituants pariétaux des fourrages sont également moins bien dégradés, ce qui provoque une diminution de la digestibilité des nutriments et de l'énergie.

A l'inverse, une ration contenant plus de 30g de matière azotée par MJ NEV ne devrait pas être distribuée sur une période prolongée. Des apports aussi élevés en MA chargent le métabolisme de l'animal, puisque ces quantités importantes d'azote ne sont pas fixées dans l'organisme, mais en partie excrétées. Ces excrétions viennent s'ajouter au cycle des éléments nutritifs de l'exploitation et représentent une source supplémentaire de pollution.

10.2.3. Ingestion de matière sèche

La capacité d'ingestion

Les données concernant l'ingestion de matière sèche sont actuellement en cours de révision. Les formules proposées ci-après qui sont celles l'édition précédente du Livre vert (1999) n'ont donc pas été réactualisées dans cette édition. Elles reposent sur nos propres résultats d'essais avec des taurillons et des bœufs alimentés de façon individuelle.

Taurillons (PV en kg, GQ en g)

$$\text{Ingestion de MS} = 0.173 + 0.01372 \times PV + 0.00147 \times GQ \quad R^2 = 0.927$$

Bœufs, génisses (PV en kg, GQ en g)

$$\text{Ingestion de MS} = 1.306 + 0.01486 \times PV + 0.000212 \times GQ \quad R^2 = 0.895$$

La prise en considération d'autres variables telles que le poids métabolique ou les carrés du gain quotidien et du poids vif n'apporte pas d'amélioration notable de l'estimation de l'ingestion de matière sèche. Ces régressions prennent en considération différents types de rations pouvant être utilisées dans la pratique.

Néanmoins, il existe également un effet race sur la capacité d'ingestion qu'il est nécessaire de prendre en considération. La Figure 10.3, basée sur nos essais, met en évidence les différences d'ingestion journalière entre des bœufs en finition issus de l'élevage allaitant appartenant à six races à viande bovines. Il apparaît que plus la race est tardive plus la régression tend à surestimer l'ingestion.

De plus, il est connu qu'à la suite d'une période de restriction alimentaire, les animaux augmentent leur ingestion pendant la phase de réalimentation. Il est estimé que les quantités de matière sèche ingérées par des bovins restreints puis réalimentés, rapportées à leur poids métabolique ($PV^{0.75}$), sont accrues en moyenne de 10% mais la fourchette de variation est très grande car elle est comprise entre 3 à 20 % suivant les expérimentations (Hoch et al. 2003).

Le taux de substitution fourrages/concentrés

La quantité de fourrage volontairement ingérée par l'animal dépend de la qualité du fourrage mais également de la quantité de concentré distribuée dans la ration. Ce phénomène de substitution doit être pris en compte pour établir des rations, même s'il est difficile de prévoir la quantité de fourrages volontairement ingérée par l'animal. En effet, lorsqu'une quantité d'aliment concentré est ajoutée à une ration de fourrage ad libitum, la quantité de matière sèche de fourrage ingérée diminue. Le taux de substitution fourrage/concentré s'exprime de la manière suivante :

$$\text{Taux de substitution} = \frac{\text{quantité de fourrage consommé en moins}}{\text{quantité de concentré consommé en plus}}$$

Ce taux de substitution augmente systématiquement avec le niveau d'apport de concentré.

10.3. Engraissement intensif de jeunes bovins

Pour tirer profit du potentiel de croissance des animaux et pour éviter les dépôts excessifs de graisse, le profil d'accroissement ne devrait pas être maintenu constant mais adapté aux différentes phases de production. Les taurillons engraisés intensivement d'une manière continue du sevrage à l'abattage ($GMQ > 1300g$), présentent généralement des courbes de croissance caractéristiques. Plus les animaux sont engraisés de manière intensive, plus les courbes de croissance sont concaves. La Figure 10.4 présente les courbes de croissance idéales pour des accroissements moyens quotidiens de 1200, 1300, 1400 et 1500 g. Une composition du croît plus riche en énergie engendre un décroît de la courbe de croissance à partir de 300 kg PV pour les GMQ les plus élevés. Ceci est pris en compte dans le calcul des rations. C'est pourquoi, la densité énergétique des rations tend à diminuer avec l'augmentation du poids de l'animal. Néanmoins, il est parfois conseillé, dans la pratique, de maintenir une concentration énergétique constante, voire de l'augmenter.

D'une façon générale, les apports alimentaires recommandés des Tableaux 10.2 et 10.3 font office de référence. Toutefois, en raison de l'évolution de la composition du croît, lors de la planification du rationnement, il faut tenir compte des courbes de croissance spécifiques. Pour réaliser les gains moyens quotidiens de 1200 à 1500 g donnés en exemple, sur des taurillons à l'engrais ou de 900 à 1200 g pour des bœufs et des génisses à l'engrais, les apports recommandés en matière sèche, en PAI et en NEV sont donnés respectivement dans les Tableaux 10.4 et 10.5.

Au fur et à mesure de l'engraissement, l'animal dépose moins de muscle et plus de graisse. Le rapport PAI/NEV recherché dans la ration évolue comme la composition du kg de croît. Une alimentation trop intensive ou un apport insuffisant de PAI, principalement au début d'engraissement jusqu'à 300 kg de poids vif, favorise la formation précoce de dépôts adipeux indésirables. L'indice de consommation est moins bon, car pour un gain de poids identique, la formation de graisse nécessite environ 40% d'énergie de plus que la formation de muscle (protéines). En outre, avec cette formation accrue de graisse corporelle, les animaux atteignent la maturité d'abattage à des poids plus faibles.

Les rations destinées à l'engraissement intensif des jeunes bovins doivent être constituées par des aliments riches en énergie et en nutriments. De plus, la part d'aliments concentrés nécessaire est relativement importante. De telles rations se caractérisent généralement par une faible structure, peu de cellulose et une teneur élevée en amidon. En conséquence, le pH dans la panse est bas et le risque d'acidose augmente. L'acidose provoque une diminution de l'ingestion et des accroissements journaliers, ainsi qu'une certaine nervosité chez les animaux.

10.4. Formes extensives d'engraissement

L'engraissement bovin tel qu'il est pratiqué dans notre pays se caractérise généralement par un niveau d'engraissement intensif et régulier. Les animaux arrivent souvent comme veaux dans les exploitations et restent durant toute la période d'engraissement à l'écurie.

Néanmoins, pour des raisons économiques et écologiques, les formes extensives d'engraissement et celles qui alternent période d'alimentation intensive et extensive (engraissement au pâturage, production de remotes d'engraissement) prennent toujours plus d'importance. Il s'agit d'entretenir le territoire et de profiter au maximum des ressources herbagères disponibles dans des régions relativement marginales. Cette forme de production est très diverse ; de nombreuses variantes de production existent. En effet, beaucoup de possibilités se présentent quant au choix de la forme de garde et de l'intensité d'engraissement. Comme toutes ne peuvent pas être décrites ici, nous nous concentrerons sur quelques formes d'engraissement au pâturage et de production de remotes d'engraissement.

10.4.1. Engraissement au pâturage et production de remotes d'engraissement

La forme classique d'un niveau d'alimentation extensif ou alternant est l'engraissement avec pâture des animaux durant une ou deux périodes de végétation. Avec une seule période de pâture, la finition des animaux se fait à l'écurie de manière intensive ; avec deux périodes de pâture, l'alimentation extensive se poursuit jusqu'à la fin de l'engraissement. Dans certains cas, une brève finition s'avère nécessaire durant les un à deux mois précédant l'abattage (Chassot et Troxler 2006).

La production de remotes d'engraissement constitue une forme particulière d'engraissement au pâturage. La garde de remotes sur les pâturages des régions de montagne et leur finition dans des exploitations de plaine permet une répartition sensée du travail entre les deux différentes régions de production.

Les formes d'engraissement comprenant des variations d'intensité doivent être organisées et planifiées afin de pouvoir profiter au maximum des périodes de végétation. Quelques formes d'engraissement possibles au pâturage sont représentées sur la Figures 10.5. La variante 1 peut sans grande difficulté être réalisée avec des taurillons à l'engrais, tandis que la 2e et surtout la 3e variante conviennent mieux à des bœufs et à des génisses.

La variante 4, plus longue que les 3 précédentes, avec pâture durant deux périodes de végétation, ne peut être réalisée qu'avec des bœufs et des génisses. Elle permet de profiter au maximum d'une alimentation au pâturage, minimisant ainsi le coût du kg de croît. Au début de la période de végétation, lorsque la croissance herbagère est importante, les animaux des deux années pâturent sur les surfaces disponibles. A la fin de l'été, quand la vitesse de croissance de l'herbe diminue, les animaux les plus âgés et les plus lourds sont mis en stabulation afin de diminuer la charge en UGB/ha. Dans certains cas, une finition intensive à l'écurie est recommandée. Dans le cas de finition des animaux au pâturage, une bonne gestion du pâturage est requise. Une complémentation énergétique peut s'avérer nécessaire (notamment pour les bœufs) si l'offre en herbe n'est pas optimale.

Des plans d'alimentation pour les variantes 2 et 4 sont donnés par les Tableaux 10.6 et 10.7.

10.4.2. Phase d'engraissement intensif à la suite d'une période d'engraissement extensif

L'ingestion de matière sèche et l'accroissement journalier requièrent une attention particulière durant cette phase d'engraissement. Les apports alimentaires recommandés des tableaux 10.2 et 10.3 ne peuvent être appliqués que de manière limitée. Lorsque des animaux sont alimentés de façon intensive suite à une phase d'engraissement extensif, l'ingestion de matière sèche augmente en moyenne de 10% (variation possible de 3 à 20%), par rapport à des animaux alimentés continuellement de manière intensive (Figures 10.6). On parle de croissance compensatrice. De nombreux facteurs peuvent l'influencer dont les plus importants sont l'âge auquel la restriction est imposée, la sévérité, la durée, la nature de celle-ci et le mode de réalimentation. Elle se produit de manière plus marquée après une restriction énergétique que protéique. Une restriction trop précoce (< 1 an), appliquée lorsque le développement des tissus osseux ou musculaire prédomine, peut compromettre la croissance des animaux. Néanmoins, la capacité de compensation diminue avec l'âge.

Plus la période d'alimentation extensive est longue (durée), plus le niveau d'alimentation est bas (sévérité) et plus le niveau de réalimentation est élevé, plus l'influence sur la période d'engraissement intensif qui suit est importante. Il semble cependant exister un optimum dans la réponse compensatrice. De plus, afin de maximiser cette croissance compensatrice, lors de la phase de réalimentation, une alimentation ad libitum est conseillée. Elle se réalise donc souvent au pâturage, au printemps lorsque la pousse de l'herbe est forte. La phase de restriction alimentaire permettant une croissance compensatrice se traduit par des modifications métaboliques énergétiques et protéiques ainsi que des modifications hormonales. La baisse des dépenses en énergie est associée à une diminution du métabolisme de base et de l'activité physique. Suite à cette période de restriction et au cours de la période de réalimentation, l'efficacité d'utilisation de l'énergie et la proportion de protéines du régime retenue sont accrues. Ce phénomène de croissance compensatrice est économiquement intéressant. Ainsi, dans plusieurs essais, une brève finition de quatre à six semaines appliquée sur des jeunes bovins castrés de 20 à 22 mois, engraisés sur deux saisons au pâturage, a permis de corriger un état d'engraissement insuffisant et d'améliorer notablement leur charnure, tout en gagnant rapidement des kilos de carcasse (Chassot et Dufey 2006 ; Chassot et Dufey 2008).

10.4.3. Engraissement extensif de jeunes bovins et gestion des pâturages

Le chargement

En système d'engraissement extensif, la période de pâture représente environ 60% du temps de présence des animaux, soit 7 à 8 mois par an. Afin de faire coïncider les disponibilités en herbe et les besoins des animaux, une bonne gestion du pâturage est primordiale. Elle doit répondre d'une part aux exigences des prairies et d'autre part à celles des bovins. La pression de pâture (nombre de têtes de bétail à l'hectare) doit être contrôlée pour permettre la repousse des végétaux et la mise à disposition d'une herbe en quantité suffisante et de bonne qualité.

La gestion optimale du pâturage se base avant tout sur l'évolution de l'offre en herbe au cours de la période de pâture. En tenant compte de la croissance de l'herbe à un instant donné, un chargement optimal peut alors être calculé en fonction. Il est qualifié d'optimal si le fourrage disponible coïncide avec les besoins des animaux. D'un point de vue économique, le chargement optimal est celui où le croît total par ha (kg/ha) et la vitesse de croissance individuelle (g/j) des animaux sont au maximum ou proches de celui-ci (Figures 10.7). En conditions normales de croissance, la quantité d'herbe est maximale au début du printemps. A cette époque de l'année, l'offre en herbe est bien souvent nettement supérieure aux besoins des animaux, le chargement peut alors s'élever jusqu'à 12 animaux par hectare (Chassot et Troxler 2006). Si le chargement est trop faible durant cette période où l'herbe est abondante, les refus augmentent et la qualité moyenne du pâturage baisse rapidement. Il est donc crucial d'exercer une forte pression de pâture au printemps. Il est aussi recommandé d'avancer un maximum la date du début de pâture si le chargement est faible. Le chargement recommandé à l'hectare baisse avec l'avancement dans l'année de la saison de pâture, ceci en raison de la dépression estivale de la croissance de l'herbe. L'offre en herbe diminue aussi bien en termes de quantité qu'en termes de qualité. Le chargement estival est réduit de moitié par rapport à celui du début de pâture. Afin de décharger le pâturage au fur et à mesure que l'automne approche, les animaux plus âgés peuvent par exemple être finis et abattus en première partie de saison.

Une baisse de chargement – c'est-à-dire une augmentation de surface par animal – présente des avantages du point de vue des performances animales surtout en seconde partie de saison. Elle permet aux animaux de choisir une herbe de qualité supérieure à la moyenne du pâturage, sans pour autant être limités par la quantité et garantit le maintien d'un bon niveau de croissance de l'animal sur toute la fin de la saison. Si les surfaces disponibles ne sont pas limitées, comme cela peut être le cas en montagne, une réduction du chargement en-deçà de l'optimum permet d'allonger la saison d'estivage et d'augmenter significativement le croît total par animal. Les besoins de finition des animaux en sont également réduits. Ils peuvent dans certains cas être abattus immédiatement à la fin de la saison pour autant que leur état d'engraissement soit suffisant. Ceci constitue justement le principal point critique en production de viande au pâturage. Une brève finition des animaux après la période d'estivage peut alors s'avérer nécessaire. Etant donné que le potentiel de croissance compensatrice est fort à ce moment-là, les performances d'engraissement peuvent être exceptionnelles et il sera possible de vendre directement des animaux prêts à l'abattage, répondant aux exigences du marché en termes de qualité de carcasse.

Ainsi, lorsque trop de surface est à disposition, comme les pâturages de montagne, leur utilisation extensive pour l'engraissement de bœufs – ou génisses – semble être une alternative rentable et donc intéressante à leur abandon par le bétail laitier. De plus, ce système extensif de production de viande bovine remplit non seulement une fonction agricole mais également d'entretien du paysage.

En ce qui concerne les types de pâtures, la plupart sont appropriés à l'engraissement de jeunes bovins. Peu de différences du point de vue des performances animales ou du rendement à l'hectare sont observables entre la pâture tournante et la pâture continue. Les avantages et les inconvénients de chaque système de pâture se situent à un autre niveau (sensibilité à la sécheresse, gestion de l'offre en herbe, temps de travail). Le Tableau 10.8 présente les différentes possibilités d'utilisation des pâtures en relation avec l'intensité d'engraissement, la charge en bétail et le GMQ des animaux que chacune d'entre elles permet.

La complémentation au pâturage

Au pâturage, l'apport de concentrés doit être adapté aux besoins de l'animal et à l'offre en herbe. Ils doivent être distribués à des phases ciblées de l'engraissement du jeune bovin, c'est-à-dire au cours de la croissance juvénile (< 250 kg) et au cours de la période de finition (> 450 kg). Aucun concentré ne doit être fourni durant le 1er cycle de végétation pendant lequel la croissance de l'herbe est maximale. Des sels minéraux doivent être mis à disposition des animaux.

La complémentation au petit-lait est également possible et peut représenter des avantages économiques et environnementaux dans les systèmes de production qui allient production fromagère et de viande bovine. Grâce à sa teneur élevée en énergie, un apport quotidien de 25-35 l de petit-lait non centrifugé équivaut à un apport de 2 à 3 kg d'orge, sans effet de substitution sur l'ingestion d'herbe. Cette complémentation est décrite de manière détaillée dans la revue Recherche Agronomique Suisse (Morel et al. 2016) ou dans l'AgroscopeTransfer n°98 (Boltshauser et Dufey 2015).

La complémentation au pâturage ne doit pas être un palliatif à la carence du système fourrager. Elle peut cependant jouer un rôle sécuritaire face à des pâtures de mauvaise qualité ou faibles en quantité (sécheresse) et peut avoir des effets positifs sur le GMQ, la conformation et l'état d'engraissement des animaux.

10.5. Minéraux et vitamines

10.5.1. Minéraux

Les apports recommandés en macroéléments figurant dans les Tableaux 10.9, 10.10, 10.11 et 10.12 se basent sur les principes généraux décrits au Engraissement au pâturage et production de remotes d'engraissement 4.1 et sur les données relatives à l'ingestion fournies par les Tableaux 10.2, 10.3, 10.4 et 10.5 de ce chapitre. Les coefficients d'absorption utilisés sont décrits sous forme de notes sous les tableaux respectifs.

Les apports recommandés en oligo-éléments pour les bovins à l'engrais (taurillons, bœufs et génisses) figurent dans le Tableau 10.13.

10.5.2. Vitamines

Le Tableau 10.13 donne un aperçu des apports recommandés en vitamines pour le bovin à l'engrais. En général, les vitamines A, D et E doivent être ajoutées aux aliments destinés au bovin à l'engrais. Toutefois avec un engraissement au pâturage, ces besoins sont couverts par le fourrage vert et la propre synthèse de vitamine D.

Il n'est pas établi si, dans les conditions suisses, des apports accrus en vitamine E (par exemple 500 UI par animal et jour durant les 60 derniers jours d'engraissement) ont des effets positifs sur la qualité de la viande des bovins à l'engrais. Pour cette raison, aucune recommandation dans ce sens n'est donnée.

Dans le cadre de l'engraissement intensif, particulièrement avec des rations riches en amidon, il peut arriver que la synthèse de la vitamine B1 par les microorganismes de la panse de l'animal ne suffise pas à couvrir complètement ses besoins. Il peut en résulter une carence en vitamine B1 (nécrose de cortex cérébral). Dans cette situation, une complémentation journalière de l'ordre de 10 mg de vitamine B1 est indiquée.

10.6. Recommandations d'alimentation en finition en fonction du type génétique et de l'objectif de production

L'alimentation de finition joue un rôle central sur la qualité des carcasses et donc sur le prix obtenu par kg de poids mort. La relation entre poids mort et état d'engraissement est spécifique à chaque type d'animal et peut être modifiée par l'intensité d'alimentation ou plus particulièrement par la concentration énergétique de la ration de finition.

En fin d'engraissement, le gain moyen quotidien des animaux a plutôt tendance à baisser. A ce stade, la vitesse de croissance des tissus adipeux dépasse celle des muscles. En conséquence, la part de lipides dans le croît augmente, au détriment des tissus musculaires. Pour cette raison, la phase de finition requiert une ration riche en énergie et moins en protéines, à l'inverse de la période de pré-engraissement, durant laquelle la croissance musculaire domine.

Les variations de l'intensité d'alimentation permettent de modifier la composition de la carcasse, principalement les proportions respectives de muscles et de lipides. Il est donc possible de réduire ou d'augmenter selon des objectifs fixés à l'avance le poids d'abattage ou l'état d'engraissement de l'animal. Pour réduire le poids d'abattage tout en visant un état d'engraissement optimal, l'intensité d'alimentation doit être augmentée afin d'accélérer la croissance des tissus adipeux. La réponse sera d'autant plus forte que la précocité des animaux est élevée. Inversement, il est également possible de réduire l'état d'engraissement des animaux très précoces à l'abattage et, par conséquent de produire des carcasses plus lourdes sans engraissement excessif, en limitant la vitesse de croissance des animaux durant l'engraissement par la réduction des apports alimentaires. Dans ce cas-ci, la réponse sera d'autant plus efficace que les animaux sont plus âgés, car l'effet dépressif sur l'état d'engraissement est d'autant plus marqué que les jeunes bovins se trouvent dans une phase où ils déposent beaucoup de tissus adipeux. Durant la période de finition, il faut donc adapter le GMQ aux exigences du produit final en tenant compte de la précocité du type d'animal utilisé. Plus la race est tardive, plus l'intensité d'alimentation doit être élevée pour obtenir une carcasse de poids et d'état d'engraissement semblables. De plus, au sein d'une même race, la précocité est décroissante de la génisse au taurillon, en passant par le mâle castré. Autrement dit, disposant d'une alimentation identique, les femelles s'engraissent plus rapidement que les mâles.

Sur la base de nos essais, quelques recommandations pratiques peuvent être formulées. Elles sont présentées dans le Tableaux10.14.

Pour une bonne rentabilité en production bovin-viande, le choix du type génétique de l'animal doit être adapté le mieux possible aux conditions et aux objectifs de production. Les résultats de nos propres expériences (Dufey et al. 2002) consistant à comparer les performances de bœufs de six races pures à viande (Angus, Simmental, Charolais, Limousin, Blonde d'Aquitaine et Piémontais) et élevés dans des conditions d'alimentation essentiellement à base de fourrages ont révélé des différences très marquées entre les races découlant sur une classification de celles-ci selon différents critères (Tableaux10.15).

10.7. Bibliographie

Béranger C., Micol D., 1981. Utilisation de l'herbe par les bovins au pâturage. Importance du chargement et du mode d'exploitation. Fourrages 85, 73-93.

 Boltshauser M., Dufey P.-A., 2015. Valorisation du petit-lait sur les alpages par les bovins à viande. Agroscope Transfer. 98, 1-4.

 Chassot A., Dufey P.-A., 2006. Durée de finition de bœufs après estivage et performances d'engraissement. Revue suisse Agric. 38 (6), 291-295.

 Chassot A., Dufey P.-A., 2008. Finition de bœufs après estivage : effets de l'intensité d'alimentation sur les performances d'engraissement. Revue suisse Agric. 40 (4), 157-161.

 Chassot A., Troxler J., 2006. Engraissement extensif de bœufs avec estivage. Revue suisse Agric. 38 (5), 241-246.

 Dufey P.A., Chambaz A., Morel I., Chassot A., 2002. Comparaison de bœufs de six races à viande [Aptitude à l'engraissement]. Informations ASVNM, (10), 2002, 79-94.

Garcia F., Agabriel J., Micol D., 2007. Alimentation des bovins en croissance et à l'engrais. Dans : Alimentation des bovins, ovins et caprins. Editions Quae, INRA, Versailles. 89-120.

Hoch T., Begon C., Cassar-Maleck I., Picard B., Savary-Auzeloux I., 2003. Mécanismes et conséquences de la croissance compensatrice chez les ruminants. INRA Theix Prod. Anim., 16(1), 49-59.

 Morel I., Oberson J.-L., Guggiari S., Dufey P.-A., 2016. Bovins à viande nourris au petit-lait à l'alpage: performances et comportement d'ingestion : Série LACTOBEEF. Recherche Agronomique Suisse. 7(1), 12-21.

10.8. Tableaux

Tableau 10.1. Comparaison des systèmes d'engraissement extensif et intensif

	Extensif	Intensif
Densité énergétique de la ration (MJ NEV/kg MS)	<6,5	≥ 7,0
GMQ (g) sur toute la durée d'engraissement	≤ 1000	> 1300
Age à l'abattage (mois)	≥ 18	≤ 15-18
Alimentation	≥ 1 période de pâture En priorité des herbages Peu de concentrés Changements fréquents de ration et d'intensité d'alimentation	Pas de pâture En priorité de l'ensilage de maïs PE et des concentrés Peu de changements, intensité d'alimentation constamment élevée
Type d'animaux	Bœufs et génisses Plutôt précoces	Taurillons Plutôt tardifs, de grand format (Potentiel de croissance musculaire élevé)
Principe	Adaptation aux contraintes du milieu	Exploitation optimale de la capacité de croissance des animaux

MJ : mégajoules; NEV : énergie nette pour la production de viande; MS : matière sèche; GMQ : gain moyen quotidien; PE : plante entière

Tableau 10.2. Apports alimentaires recommandés pour les taurillons à l'engrais: énergie, protéines absorbables dans l'intestin et ingestion de matière sèche

Poids vif (kg)	Apports journaliers recommandés pour un gain de poids quotidien ¹ de :																				
	1100g			1200g			1300g			1400g			1500g			1600g			1700g		
	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg
125	23.8	444	3.5	25.6	472	3.7	27.6	499	3.8	29.7	526	3.9	32	553	4.1	34.5	579	4.2	37.2	605	4.4
150	26.1	464	3.8	28.0	492	4.0	30.1	519	4.1	32.3	546	4.3	34.7	572	4.4	37.4	599	4.6	40.3	625	4.7
175	28.3	483	4.2	30.4	511	4.3	32.5	538	4.5	34.9	564	4.6	37.5	591	4.8	40.3	617	4.9	43.4	643	5.1
200	30.5	501	4.5	32.6	528	4.7	34.9	555	4.8	37.4	582	5.0	40.1	608	5.1	43.1	634	5.3	46.4	659	5.4
225	32.6	518	4.9	34.9	545	5.0	37.3	572	5.2	39.9	598	5.3	42.7	624	5.5	45.8	650	5.6	49.3	675	5.8
250	34.7	534	5.2	37.1	561	5.4	39.6	588	5.5	42.3	614	5.7	45.3	640	5.8	48.6	665	6.0	52.2	690	6.1
275	36.8	550	5.6	39.2	577	5.7	41.9	603	5.9	44.8	629	6.0	47.9	655	6.2	51.3	680	6.3	55.0	705	6.4
300	38.8	565	5.9	41.4	592	6.1	44.1	618	6.2	47.1	644	6.3	50.4	669	6.5	53.9	694	6.6	57.9	719	6.8
325	40.8	579	6.2	43.5	606	6.4	46.4	632	6.5	49.5	658	6.7	52.9	683	6.8	56.6	708	7.0	60.7	732	7.1
350	42.8	594	6.6	45.6	620	6.7	48.6	646	6.9	51.8	672	7.0	55.3	697	7.2	59.2	721	7.3	63.4	745	7.5
400	46.6	621	7.3	49.7	648	7.4	52.9	673	7.6	56.4	698	7.7	60.2	723	7.9	64.3	747	8.0	68.9	770	8.2
450	50.5	648	8.0	53.7	674	8.1	57.2	699	8.3	60.9	724	8.4	65	748	8.6	69.4	771	8.7	74.3	794	8.8
500	54.2	673	8.7	57.7	699	8.8	61.4	724	8.9	65.4	748	9.1	69.7	771	9.2	74.4	794	9.4	79.6	817	9.5
550	57.9	698	9.3	61.6	723	9.5	65.5	748	9.6	69.7	771	9.8	74.3	794	9.9	79.4	817	10.1	84.9	839	10.2

NEV : Energie nette pour la production de viande ; PAI : Protéines absorbable dans l'intestin ; MSI : Matière sèche ingérée

Toutes les valeurs sont calculées selon les formules données dans l'annexe 10.10

Attention :

- ¹Le gain de poids quotidien ne correspond pas au gain de poids moyen durant toute la période d'engraissement. Pour utiliser le tableau des apports recommandés, il faut se baser sur une courbe de croissance établie sur la base d'un niveau d'alimentation donné (fig. 10.4 et exemples tab. 10.4)
- L'ingestion de MS est jusqu'à 10% supérieure pour des rations avec un pourcentage élevé de fourrage sec (> 5.0 MJ NEV), d'un ensilage de très bonne qualité, de betteraves fourragères ou de pommes de terre
- Matière azotée : min. 19 g/MJ NEV

Remarque : les valeurs des colonnes 1600g et 1700g ont été extrapolées à partir des formules de calcul existantes pour des gains de poids quotidiens inférieurs. Elles sont actuellement en cours de révision. L'application de ces normes mène à des concentrations théoriques très élevées difficilement réalisables dans la pratique

Tableau 10.3. Apports alimentaires recommandés pour les bœufs et les génisses à l'engrais: énergie, protéines absorbables dans l'intestin et ingestion de matière sèche

Poids vif (kg)	Apports journaliers recommandés pour un gain de poids quotidien ¹ de :																							
	700g			800g			900g			1000g			1100g			1200g			1300g			1400g		
	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg	NEV MJ	PAI g	MSI kg
125	16.3	330	3.3	17.5	357	3.3	18.7	384	3.4	19.9	409	3.4	21.2	434	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	18.6	348	3.7	19.9	374	3.7	21.3	400	3.7	22.7	425	3.7	24.2	449	3.8	25.7	473	3.8	-	-	-	-	-	-
175	20.8	364	4.1	22.3	390	4.1	23.8	415	4.1	25.4	439	4.1	27.0	462	4.1	28.8	485	4.2	30.5	506	4.2	-	-	-
200	23.0	380	4.4	24.6	405	4.4	26.3	429	4.5	28.1	452	4.5	29.9	474	4.5	31.8	495	4.5	33.7	515	4.6	35.8	535	4.6
225	25.1	394	4.8	26.9	418	4.8	28.8	441	4.8	30.7	463	4.9	32.6	484	4.9	34.7	504	4.9	36.9	523	4.9	39.1	541	4.9
250	27.2	408	5.2	29.2	431	5.2	31.2	453	5.2	33.2	474	5.2	35.4	494	5.3	37.6	513	5.3	40.0	530	5.3	42.4	546	5.3
275	29.3	421	5.5	31.4	443	5.6	33.6	465	5.6	35.8	484	5.6	38.1	503	5.6	40.5	520	5.6	43.0	536	5.7	45.7	551	5.7
300	31.3	433	5.9	33.6	455	5.9	35.9	475	6.0	38.3	494	6.0	40.8	511	6.0	43.4	527	6.0	46.1	542	6.0	48.9	555	6.1
325	33.4	446	6.3	35.8	466	6.3	38.2	485	6.3	40.8	503	6.3	43.4	519	6.4	46.2	534	6.4	49.1	547	6.4	52.1	558	6.4
350	35.4	457	6.7	37.9	477	6.7	40.5	495	6.7	43.2	512	6.7	46.1	526	6.7	49.0	539	6.8	52.1	551	6.8	55.3	561	6.8
400	39.3	479	7.4	42.1	497	7.4	45.1	513	7.4	48.1	527	7.5	51.3	540	7.5	54.5	550	7.5	58.0	558	7.5	61.6	565	7.5
450	43.2	500	8.1	46.3	516	8.2	49.5	530	8.2	52.9	542	8.2	56.4	551	8.2	60.0	559	8.2	63.8	564	8.3	-	-	-
500	-	-	-	50.4	534	8.9	54.0	546	8.9	57.6	55	8.9	61.4	562	9.0	65.4	567	9.0	69.6	569	9.0	-	-	-
550	-	-	-	54.4	551	9.6	58.3	561	9.7	62.3	568	9.7	66.5	572	9.7	70.8	573	9.7	75.3	573	9.8	-	-	-

NEV : Energie nette pour la production de viande ; PAI : Protéines absorbable dans l'intestin ; MSI : Matière sèche ingérée

Toutes les valeurs sont calculées selon les formules données dans l'annexe 10.10

Attention :

- ¹Le gain de poids quotidien ne correspond pas au gain de poids moyen durant toute la période d'engraissement. Pour utiliser le tableau des apports recommandés, il faut se baser sur une courbe de croissance établie sur la base d'un niveau d'alimentation donné (exemples tab. 10.5)
- L'ingestion de MS est jusqu'à 10% supérieure pour des rations avec un pourcentage élevé de fourrage sec (> 5.0 MJ NEV)
- Matière azotée : min. 19g/MJ NEV

Concentration recommandée de la ration pour des animaux de plus de 550 kg :

7 MJ NEV/kg MS ; 140 g MA/kg MS ; 90 g PAI/kg MS (ingestion : env. 2 kg MS/100 kg PV)

Tableau 10.4. Apports alimentaires journaliers recommandés pour des taurillons à l'engrais avec un gain moyen quotidien de 1200g à 1500g

Poids vif (kg)	Intensité de l'engraissement : Gain moyen quotidien (GMQ) ¹															
	1200g				1300g				1400g				1500g			
	GQ (g)	NEV (MJ)	PAI (g)	MSI (kg)	GQ (g)	NEV (MJ)	PAI (g)	MSI (kg)	GQ (g)	NEV (MJ)	PAI (g)	MSI (kg)	GQ (g)	NEV (MJ)	PAI (g)	MSI (kg)
125	1000	22.1	417	3.6	1100	23.8	445	3.7	1210	25.8	475	3.8	1310	27.8	502	4.0
150	1050	25.2	451	4.0	1170	27.4	484	4.2	1280	29.7	514	4.3	1390	32.1	544	4.4
175	1100	28.3	483	4.4	1220	30.8	516	4.6	1340	33.5	549	4.7	1450	36.2	578	4.9
200	1140	31.3	512	4.8	1260	34.0	545	5.0	1380	36.9	577	5.2	1500	40.1	609	5.3
250	1200	37.1	562	5.6	1320	40.1	594	5.8	1440	43.5	625	6.0	1550	46.9	654	6.1
300	1230	42.2	600	6.4	1350	45.6	632	6.6	1460	49.0	660	6.7	1570	52.8	688	6.8
350	1250	47.0	634	7.1	1350	50.2	660	7.3	1450	53.5	685	7.4	1550	57.2	710	7.5
400	1250	51.3	661	7.9	1340	54.3	684	8.0	1430	57.5	707	8.1	1520	61.0	729	8.2
450	1250	55.4	687	8.6	1330	58.3	707	8.7	1400	60.9	725	8.8	1480	64.1	744	8.9
500	1240	59.1	710	9.3	1310	61.8	727	9.4	1380	64.5	744	9.5	1460	67.9	763	9.6
550	1230	62.7	732	10.0	1300	65.5	749	10.1	1380	68.9	768	10.2	1450	72.0	784	10.3

¹ Gain moyen quotidien entre 150 kg PV et l'abattage (environ 535 kg PV)

PV : poids vif ; GQ : Gain quotidien ; NEV : Energie nette pour la production de viande ; PAI : Protéines absorbable dans l'intestin ; MSI : Matière sèche ingérée

La MSI n'a **pas** été calculée selon la formule de l'annexe 10.10 ; elle provient des nouvelles observations faites dans les essais d'engraissement de taurillons les plus récents

Tableau 10.5. Apports alimentaires journaliers recommandés pour des bœufs et génisses à l'engrais avec un gain moyen quotidien de 900g à 1200g

Poids vif (kg)	Intensité de l'engraissement : Gain moyen quotidien (GMQ) ¹															
	900g				1000g				1100g				1200g			
	GQ (g)	NEV (MJ)	PAI (g)	MSI (kg)	GQ (g)	NEV (MJ)	PAI (g)	MSI (kg)	GQ (g)	NEV (MJ)	PAI (g)	MSI (kg)	GQ (g)	NEV (MJ)	PAI (g)	MSI (kg)
125	690	16.2	327	3.3	790	17.4	353	3.3	890	18.6	380	3.4	880	18.4	377	3.4
150	730	19.0	355	3.7	830	20.3	381	3.7	930	21.7	406	3.7	970	22.3	416	3.7
175	770	21.9	381	4.1	870	23.4	406	4.1	970	24.9	431	4.1	1050	26.2	449	4.1
200	800	24.6	404	4.4	900	26.3	428	4.5	1000	28.1	451	4.5	1120	30.2	477	4.5
250	870	30.6	446	5.2	970	32.6	467	5.2	1070	34.7	487	5.2	1230	38.3	517	5.3
300	920	36.4	478	6.0	1020	38.8	497	6.0	1120	41.3	514	6.0	1300	46.1	541	6.0
350	950	41.9	503	6.7	1050	44.6	519	6.7	1150	47.5	533	6.8	1340	53.4	555	6.8
400	980	47.5	524	7.5	1080	50.6	537	7.5	1180	53.9	548	7.5	1330	59.1	561	7.5
450	990	52.6	541	8.2	1090	56.0	551	8.2	1190	59.6	559	8.2	1280	63.1	564	8.3
500	990	57.3	555	8.9	1090	61.1	562	9.0	1190	65.0	567	9.0	1200	65.4	567	9.0
550	980	61.5	567	9.7	1080	65.6	572	9.7	1180	69.9	574	9.7	1200	70.8	575	9.7

¹ Gain moyen quotidien entre 150 kg PV et l'abattage (environ 535 kg PV)

PV = poids vif ; GQ : Gain quotidien ; NEV : Energie nette pour la production de viande ; PAI : Protéines absorbable dans l'intestin ; MSI : Matière sèche ingérée

Tableau 10.6. Plan d'alimentation pour une production en 18 mois : sevrage de septembre à décembre, une période de pâture (Fig. 10.5 variante 2)

Poids vif kg	Durée jours	GQ g/j	Fourrages et aliments par jour				Fourrages et aliments sur la période			
			Foin kg MBI/j	Herbe kg MSI/j	Orge kg MBI/j	Soja kg MBI/j	Foin kg MBI	Herbe kg MSI	Orge kg MBI	Soja kg MBI
65 à 200	180	750	0 à 3.5			0.2	460			40
200 à 350	210	720		3.5 à 6				1000		
350 à 450	90	1100	8 à 9				800			
450 à 550	75	1350	7 à 9		~ 0.6	~ 0.8	700		50	60
Total	555	875					1860	1000	50	100

GQ : Gain quotidien ; MBI : matière brute ingérée ; MSI: Matière sèche ingérée

Tableau 10.7. Plan d'alimentation pour une production en 22 mois: sevrage de novembre à mars, deux périodes de pâture (Fig. 10.5 variante 4)

Poids vif kg	Durée jours	GQ g/j	Fourrages et aliments par jour				Fourrages et aliments sur la période			
			Foin kg MBI/j	Herbe kg MSI/j	Orge kg MBI/j	Soja kg MBI/j	Foin kg MBI	Herbe kg MSI	Orge kg MBI	Soja kg MBI
65 à 200	180	750	0 à 3.5			0.2	460			40
200 à 300	160	620		3 à 4				650		
300 à 400	140	720	6 à 7				1000			
400 à 550	90	800		7 à 9	~ 0.7	~ 1.7		800	70	160
Total	670	730					1460	1450	70	200

GQ : Gain quotidien ; MBI : matière brute ingérée ; MSI: Matière sèche ingérée

Tableau 10.8. Genre d'engraisement, charge en bétail et GMQ attendus en fonction du type de pâture

Types de pâtures	Genre d'engraisement	Charge en bétail	GMQ
tournante extensive tournante intensive continue extensive continue sur gazon court	engraisement extensif engraisement mi-intensif peu adapté à l'engraisement engraisement mi-intensif	1 à 1,5 UGB / ha 2 à 3 UGB / ha 0,5 à 1 UGB / ha 3 à 4 UGB / ha	600-700 g / j 700-1000 g / j 500-700 g / j 700-1000 g / j

GMQ : Gain moyen quotidien ; UGB/ha : unités gros bétail par hectare

Source : Agroscope, Changins

Tableau 10.9. Apports journaliers recommandés en calcium (Ca), phosphore (P), magnésium (Mg) et sodium (Na) pour les taurillons à l'engrais

Poids vif kg	Apports journaliers recommandés pour un gain de poids quotidien ¹ de :																			
	1100 g					1300 g					1500 g					1700 g				
	MSI	Ca	P	Mg	Na	MSI	Ca	P	Mg	Na	MSI	Ca	P	Mg	Na	MSI	Ca	P	Mg	Na
	kg	g	g	g	g	kg	g	g	g	g	kg	g	g	g	g	kg	g	g	g	g
125	3.5	45	16	5.5	3.8	3.8	52	19	6.2	4.1	4.1	60	21	6.8	4.4	4.4	67	24	7.5	4.7
150	3.8	45	17	5.8	4.2	4.1	53	19	6.5	4.5	4.4	60	22	7.1	4.8	4.7	68	24	7.8	5.1
175	4.2	46	17	6.2	4.6	4.5	54	20	6.9	4.9	4.8	61	22	7.5	5.3	5.1	68	25	8.2	5.6
200	4.5	39	16	6.5	5.0	4.8	45	19	7.2	5.4	5.1	51	21	7.8	5.7	5.4	57	23	8.5	6.0
225	4.9	40	17	6.9	5.5	5.2	46	19	7.6	5.8	5.5	52	21	8.2	6.1	5.8	58	24	8.9	6.4
250	5.2	41	17	7.2	5.9	5.5	47	20	7.9	6.2	5.8	53	22	8.5	6.5	6.1	59	24	9.2	6.8
275	5.6	41	18	7.6	6.3	5.9	48	20	8.3	6.6	6.2	54	22	8.9	6.9	6.4	59	25	9.5	7.2
300	5.9	42	18	7.9	6.7	6.2	48	20	8.6	7.0	6.5	54	23	9.2	7.3	6.8	60	25	9.9	7.6
325	6.2	43	19	8.2	7.1	6.5	49	21	8.9	7.4	6.8	55	23	9.5	7.8	7.1	61	25	10.2	8.1
350	6.6	44	19	8.6	7.5	6.9	50	21	9.3	7.9	7.2	56	24	9.9	8.2	7.5	62	26	10.6	8.5
400	7.3	45	20	9.3	8.4	7.6	51	22	10.0	8.7	7.9	57	25	10.6	9.0	8.2	63	27	11.3	9.3
450	8.0	46	21	10.0	9.2	8.3	52	23	10.7	9.5	8.6	59	25	11.3	9.8	8.8	64	28	11.9	10.1
500	8.7	48	22	10.7	10.0	8.9	54	24	11.3	10.4	9.2	60	26	11.9	10.7	9.5	66	28	12.6	11.0
550	9.3	49	22	11.3	10.9	9.6	55	25	12.0	11.2	9.9	61	27	12.6	11.5	10.2	67	29	13.3	11.8

MSI: matière sèche ingérée – les valeurs correspondent à celles du tableau 10.2

Coefficients d'absorption (selon chapitre 4):

Ca: 0.44 (correspond à une ration à base d'ensilage de maïs (>40%) et une proportion de 10 à 25% de concentrés dans la ration)

Mg: 0.22 (correspond à une ration à base d'ensilage de maïs (>40%) avec une teneur en K de 12 g/kg MS)

Attention:

¹Le gain de poids quotidien ne correspond pas au gain de poids moyen durant toute la période d'engraissement. Pour utiliser le tableau des apports recommandés, il faut se baser sur une courbe de croissance établie sur la base d'un niveau d'alimentation donné (exemples tab. 10.11).

Tableau 10.10. Apports journaliers recommandés en calcium (Ca), phosphore (P), magnésium (Mg) et sodium (Na) pour les bœufs et génisses à l'engrais

Poids vif kg	Apports journaliers recommandés pour un gain de poids quotidien ¹ de :																			
	800 g					1000 g					1200 g					1400 g				
	MSI	Ca	P	Mg	Na	MSI	Ca	P	Mg	Na	MSI	Ca	P	Mg	Na	MSI	Ca	P	Mg	Na
	kg	g	g	g	g	kg	g	g	g	g	kg	g	g	g	g	kg	g	g	g	g
125	3.3	38	13	8.0	3.3	3.4	46	15	8.8	3.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	3.7	39	13	8.7	3.7	3.7	47	15	9.3	4.1	3.8	55	18	10.1	4.4	-	-	-	-	-
175	4.1	40	14	9.4	4.2	4.1	48	16	10.0	4.5	4.2	56	18	10.8	4.8	-	-	-	-	-
200	4.4	35	13	9.9	4.6	4.5	41	15	10.7	4.9	4.5	47	17	11.3	5.2	4.6	54	19	12.1	5.5
225	4.8	36	14	10.6	5.0	4.9	42	16	11.4	5.3	4.9	48	18	12.0	5.6	4.9	54	20	12.6	5.9
250	5.2	37	14	11.3	5.4	5.2	43	16	11.9	5.7	5.3	49	18	12.7	6.0	5.3	55	20	13.3	6.3
275	5.6	38	15	11.9	5.8	5.6	44	17	12.6	6.1	5.6	50	19	13.2	6.5	5.7	56	21	14.0	6.8
300	5.9	38	15	12.4	6.2	6.0	45	17	13.2	6.6	6.0	51	19	13.8	6.9	6.1	57	21	14.6	7.2
325	6.3	39	16	13.1	6.7	6.3	45	18	13.7	7.0	6.4	52	20	14.5	7.3	6.4	58	22	15.1	7.6
350	6.7	40	16	13.8	7.1	6.7	46	18	14.4	7.4	6.8	53	20	15.2	7.7	6.8	59	22	15.8	8.0
400	7.4	42	17	15.0	7.9	7.5	48	19	15.8	8.2	7.5	54	21	16.4	8.5	7.5	60	23	17.0	8.8
450	8.2	44	18	16.3	8.7	8.2	50	20	17.0	9.1	8.2	56	22	17.6	9.4	-	-	-	-	-
500	8.9	45	19	17.5	9.6	8.9	51	21	18.1	9.9	9.0	58	23	18.9	10.2	-	-	-	-	-
550	9.6	47	20	18.7	10.4	9.7	53	22	19.5	10.7	9.7	59	24	20.1	11.0	-	-	-	-	-

MSI: matière sèche ingérée – les valeurs correspondent à celles du tableau 10.3

Coefficients d'absorption (selon chapitre 4):

Ca: 0.39 (correspond à une ration herbagère avec 10-25% de concentrés dans la ration)

Mg: 0.13 (correspond à une ration herbagère avec une teneur en K de 30 g/kg MS)

Attention:

¹Le gain de poids quotidien ne correspond pas au gain de poids moyen durant toute la période d'engraissement. Pour utiliser le tableau des apports recommandés, il faut se baser sur une courbe de croissance établie sur la base d'un niveau d'alimentation donné (exemples tab. 10.12)

Tableau 10.11. Apports journaliers recommandés calcium (Ca), phosphore (P), magnésium (Mg) et sodium (Na) (g/j) pour les taurillons à l'engrais avec un gain moyen quotidien de 1200 à 1500g

Poids vif kg	Intensité de l'engraissement : Gain moyen quotidien																							
	1200 g						1300 g						1400 g						1500 g					
	GQ g	MSI kg	Ca g	P g	Mg g	Na g	GQ g	MSI kg	Ca g	P g	Mg g	Na g	GQ g	MSI kg	Ca g	P g	Mg g	Na g	GQ g	MSI kg	Ca g	P g	Mg g	Na g
125	1000	3.6	41	15	5.4	3.6	1100	3.7	45	17	5.7	3.8	1210	3.8	49	18	6.0	4.0	1310	4.0	53	19	6.4	4.1
150	1050	4.0	44	16	5.9	4.1	1170	4.2	48	18	6.3	4.3	1280	4.3	52	19	6.6	4.5	1390	4.4	56	21	6.9	4.7
175	1100	4.4	47	17	6.4	4.6	1220	4.6	51	19	6.8	4.8	1340	4.7	55	20	7.1	5.0	1450	4.9	59	22	7.5	5.2
200	1140	4.8	41	17	6.9	5.1	1260	5.0	45	18	7.3	5.3	1380	5.2	48	20	7.7	5.5	1500	5.3	52	21	8.0	5.7
250	1200	5.6	44	19	7.8	6.0	1320	5.8	48	20	8.2	6.2	1440	6.0	52	21	8.6	6.4	1550	6.1	55	23	8.9	6.6
300	1230	6.4	47	20	8.6	6.9	1350	6.6	50	21	9.1	7.1	1460	6.7	54	23	9.4	7.3	1570	6.8	57	24	9.7	7.4
350	1250	7.1	49	21	9.4	7.8	1350	7.3	52	22	9.8	7.9	1450	7.4	55	23	10.0	8.1	1550	7.5	58	24	10.3	8.2
400	1250	7.9	50	22	10.2	8.6	1340	8.0	53	23	10.4	8.8	1430	8.1	56	24	10.7	8.9	1520	8.2	58	25	11.0	9.0
450	1250	8.6	52	23	10.9	9.4	1330	8.7	54	24	11.1	9.6	1400	8.8	56	25	11.3	9.7	1480	8.9	59	26	11.6	9.8
500	1240	9.3	53	24	11.6	10.3	1310	9.4	55	25	11.8	10.4	1380	9.5	57	25	12.0	10.5	1460	9.6	59	26	12.3	10.6
550	1230	10.0	54	25	12.2	11.1	1300	10.1	56	25	12.5	11.2	1380	10.2	59	26	12.7	11.3	1450	10.3	61	27	12.9	11.4

GQ: gain quotidien ; MSI: matière sèche ingérée - les valeurs correspondent à celles du tableau 10.4

Coefficients d'absorption utilisés (selon chapitre 4)

Ca: 0.44 (correspond à une ration à base d'ensilage de maïs (>40%) et une proportion de 10 à 25% de concentrés dans la ration)

Mg: 0.22 (correspond à une ration à base d'ensilage de maïs (>40%), avec une teneur en K de 12 g/kg MS)

Tableau 10.12. Apports journaliers recommandés en calcium (Ca), phosphore (P), magnésium (Mg) et sodium (Na) (g/j) pour les génisses et bœufs à l'engrais avec un gain moyen quotidien de 900 à 1200g

Poids vif kg	Intensité de l'engraissement : Gain moyen quotidien																							
	900 g						1000 g						1100 g						1200 g					
	GQ g	MSI kg	Ca g	P g	Mg g	Na g	GQ g	MSI kg	Ca g	P g	Mg g	Na g	GQ g	MSI kg	Ca g	P g	Mg g	Na g	GQ g	MSI kg	Ca g	P g	Mg g	Na g
125	690	3.3	34	12	7.7	3.2	790	3.3	38	13	8.0	3.3	890	3.4	42	14	8.5	3.5	880	3.4	42	14	8.5	3.5
150	730	3.7	37	13	8.5	3.6	830	3.7	40	14	8.8	3.8	930	3.7	44	15	9.1	3.9	970	3.7	46	15	9.2	4.0
175	770	4.1	39	14	9.3	4.1	870	4.1	43	15	9.6	4.3	970	4.1	47	16	9.9	4.4	1050	4.1	50	17	10.2	4.6
200	800	4.4	35	13	9.9	4.6	900	4.5	38	14	10.4	4.7	1000	4.5	41	15	10.7	4.9	1120	4.5	45	17	11.1	5.1
250	870	5.2	39	15	11.5	5.5	970	5.2	42	16	11.8	5.7	1070	5.2	45	17	12.1	5.8	1230	5.3	50	19	12.8	6.1
300	920	6.0	42	17	13.0	6.4	1020	6.0	45	17	13.3	6.6	1120	6.0	48	18	13.6	6.7	1300	6.0	54	20	14.2	7.0
350	950	6.7	45	18	14.3	7.3	1050	6.7	48	19	14.6	7.5	1150	6.8	51	20	15.0	7.6	1340	6.8	57	22	15.6	7.9
400	980	7.5	47	19	15.7	8.2	1080	7.5	51	20	16.0	8.3	1180	7.5	54	21	16.3	8.5	1330	7.5	58	22	16.8	8.7
450	990	8.2	49	20	16.9	9.0	1090	8.2	52	21	17.2	9.2	1190	8.2	56	22	17.5	9.4	1280	8.3	59	23	18.0	9.5
500	990	8.9	51	21	18.1	9.9	1090	9.0	54	22	18.6	10.0	1190	9.0	57	23	18.9	10.2	1200	9.0	58	23	18.9	10.2
550	980	9.7	53	22	19.4	10.7	1080	9.7	56	23	19.7	10.8	1180	9.7	59	24	20.0	11.0	1200	9.7	59	24	20.1	11.0

GQ: gain quotidien ; MSI: matière sèche ingérée - les valeurs correspondent à celles du tableau 10.5

Coefficients d'absorption utilisés (selon chapitre 4)

Ca: 0.39 (correspond à une ration herbagère avec une proportion de 10 à 25% de concentrés dans la ration)

Mg: 0.13 (correspond à une ration herbagère avec une teneur en K de 30 g/kg MS)

Tableau 10.13. Apports recommandés en oligo-éléments et en vitamines pour les taurillons, les bœufs et les génisses à l'engrais

Oligo-éléments en mg/kg MS de ration		Vitamines		
Cuivre ¹⁾	10	Vitamine A	UI/100 kg PV et jour	7000
Cobalt	0.1	Vitamine D	UI/100 kg PV et jour	700
Fer	50	Vitamine E	UI/kg de MS	30
Iode ²⁾	0.3			
Manganèse	40			
Sélénium	0.2			
Zinc	40			

MS : matière sèche ; UI : unités internationales ; PV : poids vif

¹⁾ Ration avec >3.0 mg Mo/kg MS ou avec >3.5 g S /kg MS: concentration * 1.5

²⁾ Ration avec forte présence de substances goitrigènes: concentration * 2

Tableau 10.14. Concentration énergétique recommandée (MJ NEV/kg MS) selon la précocité et l'objectif de poids carcasse de l'animal.

		< 280 kg PM	≥ 300 kg PM
Précoce (Angus)	<i>Conc. énergétique [MJ NEV/kg MS]</i>	< 6,5	~ 6,5
	<i>Type de ration</i>	Ensilage herbe / Foin (+ concentrés)	Ensilage herbe et (maïs) / Foin (+ concentrés)
	<i>Sexe</i>	(Génisses)-Boeufs-Taurillons	Taurillons
Mi-tardif (Limousin)	<i>Conc. énergétique [MJ NEV/kg MS]</i>	> 7,5	> 7,0
	<i>Type de ration</i>	Ensilage maïs et (herbe) + concentrés	Ensilages maïs et herbe + concentrés
	<i>Sexe</i>	Génisses-Boeufs	Boeufs-Taurillons
Tardif (Piémontais)	<i>Conc. énergétique [MJ NEV/kg MS]</i>		8,0
	<i>Type de ration</i>		Ensilage maïs + concentrés
	<i>Sexe</i>		Génisses-Boeufs

NEV : Energie nette pour la production de viande ; MS : Matière sèche ; PM : poids mort

Tableau 10.15. Principales caractéristiques de 6 races à viande bovines

	Angus	Simmental	Charolaise	Limousin	Blonde d'Aquitaine	Piémontais
Précocité	+++	++	++	++	+	+
Capacité d'ingestion	+++	++	++	++	++	+
Efficacité alimentaire	+++	+++	+++	++	++	+
Vitesse de croissance	+++	+++	+++	++	++	+
Charnure	+	+	+++	+++	+++	+++
Rendement de carcasse	+	+	++	+++	+++	+++
Type d'engraissement conseillé	Extensif Semi intensif	Extensif Semi intensif	Extensif Semi intensif	Semi intensif Intensif	Intensif	Intensif
Type de production conseillé	Taurillons	Taurillons	Bœufs	Bœufs	Bœufs obligatoirement	Bœufs obligatoirement
Intensité Finition	+	+-(++)	++	++	+++	+++
Degré d'engraissement	TG3	TG3 (+)	TG3	TG3	TG2	TG2 (TG3)

TG2 : tissus gras, couverture partielle ; TG3 : tissus gras, couverture régulière

10.9. Figures

Figure 10.1. Types de production de viande bovine à l'engrais

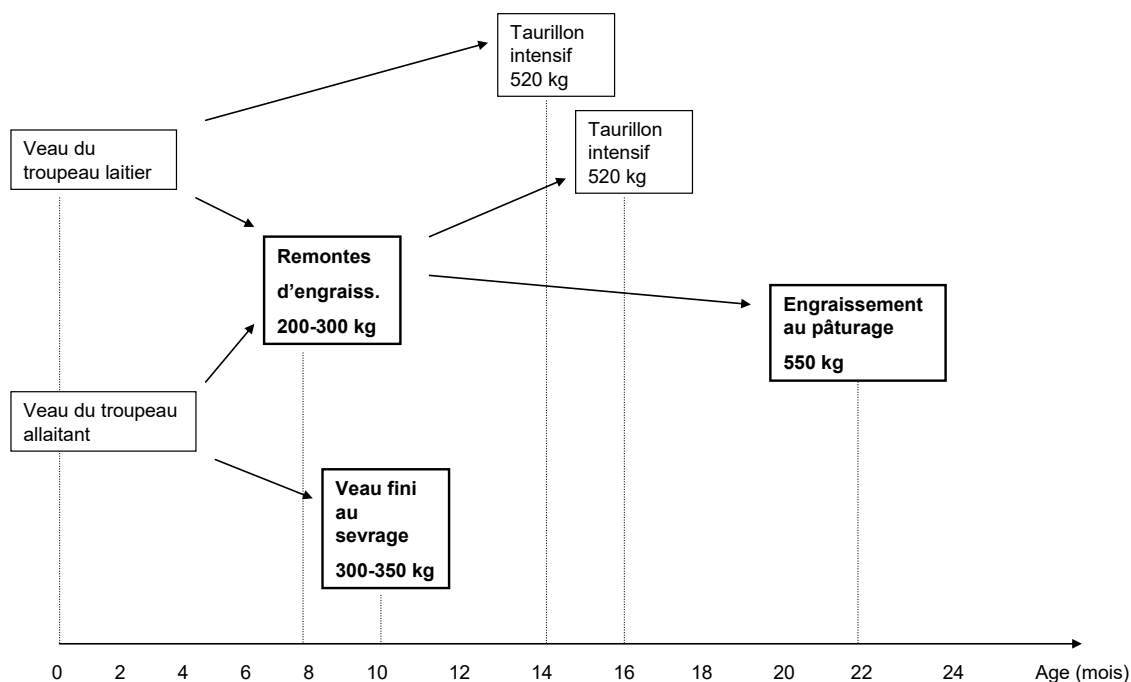
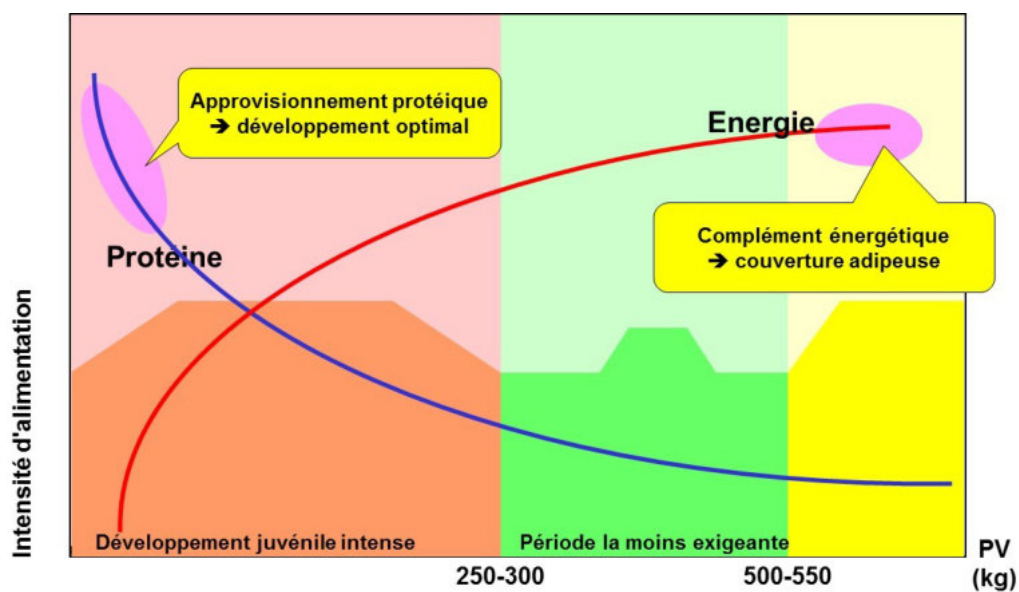


Figure 10.2. Alimentation selon la phase de production



PV = poids vif

Figure 10.3. Ingestion journalière moyenne de matière sèche par tranche de poids vif de bœufs de six races à viande

(AN : Angus, SI : Simmental, CH : Charolais, LI : Limousin, BL : Blonde d'Aquitaine, PI : Piémontais, Livre vert : estimation de l'ingestion de matière sèche)

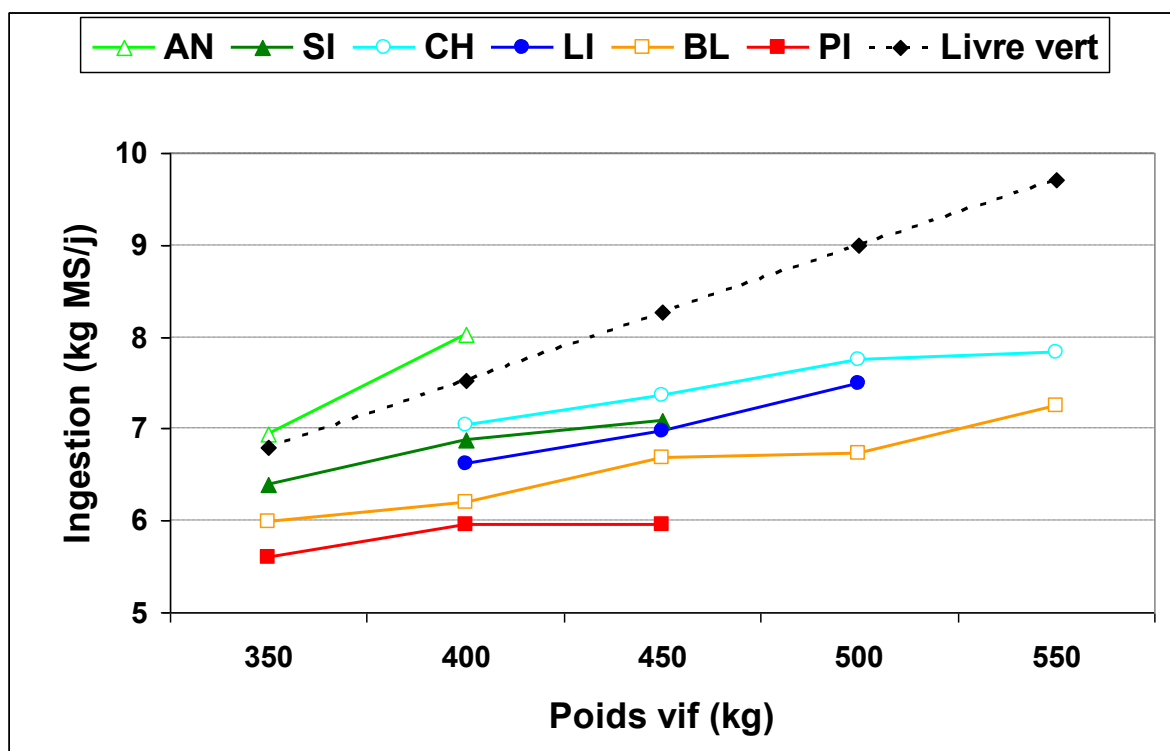
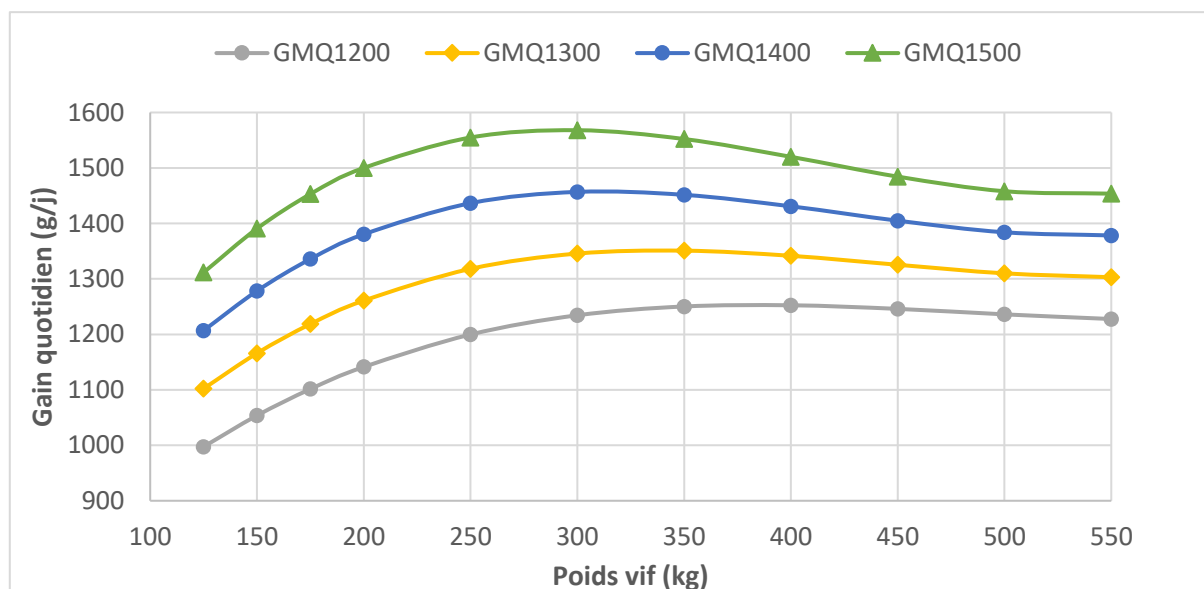


Figure 10.4. Courbes de croissance pour l'engraissement intensif de taurillons en fonction du gain moyen quotidien (GMQ) visé



GMQ : Gain moyen quotidien

Figure 10.5. Différentes formes d'engraissement au pâturage

a) Pâturage durant une seule période de végétation (Variantes 1, 2 et 3)

Variante 1 Production en 17 mois (mieux adaptée pour les taurillons à l'engrais)

Elevage /Sevrage				Elev.-déb.pâturage		Pâturage / Alpage					Finition intensive					
PV : 65 - 150 kg GQ : 650-800g/j				PV: 150-200 kg GQ : 700-800g/j		PV : 200 - 290 kg GQ : 600g/j					PV : 290 kg-fin engraissement GQ : 1200-1300g/j					
Nov	Dec	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fév	Mars

Variante 2 Production en 18 mois

Elevage /Sevrage				Elev. -début pâturage				Pâturage / Alpage					Finition intensive				
PV : 65 - 150 kg GQ : 650-800g/j				PV: 150-250 kg GQ : 700-800g/j				PV : 250 - 340 kg GQ : 600g/j					PV : 340 kg-fin engraissement GQ : 1200-1300g/j				
Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fév

Variante 3 Production en 19 mois (mieux adaptée pour les bœufs et génisses à l'engrais)

Elevage /Sevrage				Elev. - début pâture						Pâture / Alpage					Finition intensive			
PV : 65 - 150 kg GQ : 650-800g/j				PV: 150-250 kg GQ : 700-800g/j						PV : 300 - 390 kg GQ : 600g/j					PV : 390 kg-fin engraissement GQ : 1200g/j			
Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv

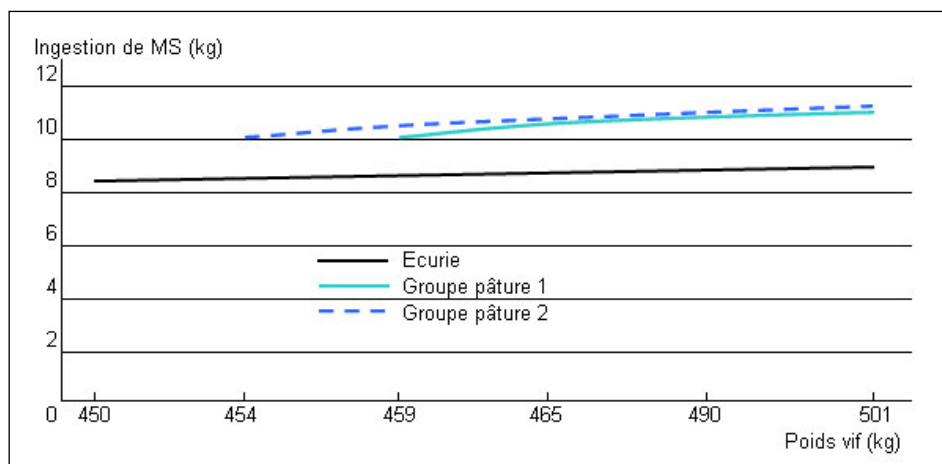
b) Pâturage durant deux périodes de végétation (Variante 4)

Variante 4 Production en 22 à 24 mois (bien adaptée pour les bœufs et génisses)

Elevage /Sevrage				Elev.-déb.pâturage		1ère Pâturage / Alpage					Période hivernale						2ème Pâturage					
PV : 65 - 150 kg GQ : 650-800g/j				PV: 150-200 kg GQ : 700-800g/j		PV : 200 -290 kg GQ : 600g/j					PV : 290-420 kg GQ : 700-750g/j						PV : 420kg-fin engraissement GQ : 700-750g/j					
Nov	Dec	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept

PV = poids vif ; GQ : Gain quotidien

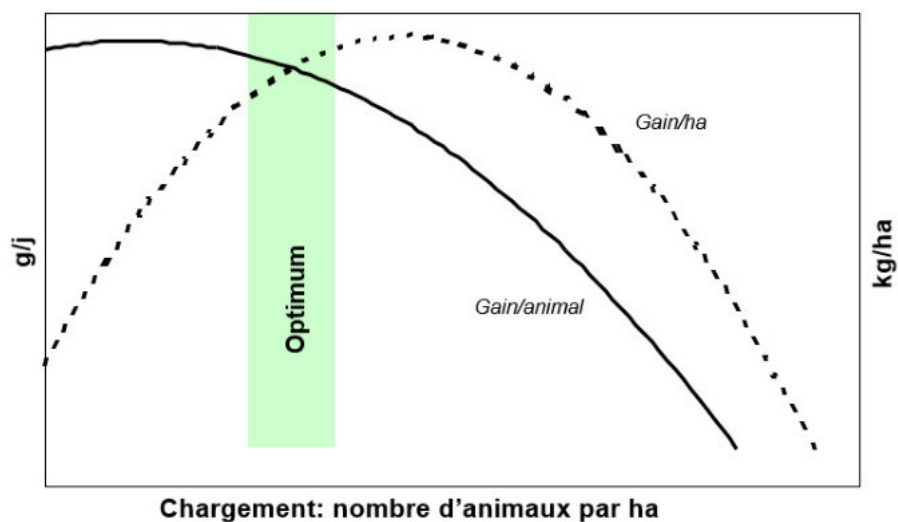
Figure 10.6. Ingestion de matière sèche des bœufs: comparaison entre engraissement à l'écurie et finition après une période de pâture



MS : matière sèche

Figure 10.7. Effet de la pression du pâturage sur la productivité/ha et le GMQ des animaux

Source : Béranger et Micol (1981)



10.10. Annexe : bases pour les calculs

Apports recommandés en énergie

Energie fixée dans le croît (EC MJ/jour) :

Taurillons : $EC = (4.453 + 0.01407 \times PV) \times GQ / (1000 - 0.30 \times GQ)$

Bœufs et génisses : $EC = (1.8893 + 0.02831 \times PV) \times GQ / (1000 - 0.25 \times GQ)$

Métabolisabilité de l'énergie (EM/EB)

Tous les animaux : $q = 0.36 + 0.0002 \times GQ$

Rendement de l'utilisation de l'énergie métabolisable

Tous les animaux : $k = (0.831 + 0.4305 \times q) / (0.283 + 0.9235 \times q)$

Apports recommandés en MJ NEV par jour

Tous les animaux : $NEV = 0.495 \times PV^{0.75} + k \times (EC - 0.165 \times PV^{0.75})$

Ingestion de matière sèche en kg par jour

Taurillons : $MSI = 0.173 + 0.01372 \times PV + 0.00147 \times GQ$

Bœufs et génisses : $MSI = 1.306 + 0.01486 \times PV + 0.000212 \times GQ$

Apports recommandés en PAI

Poids vif corrigé :

$$PVC = EXP (a + b \times \ln(PV))$$

Gain quotidien corrigé:

$$GQC = PVC/PV \times b \times GQ$$

Graisse dans l'organisme :

$$Lip = EXP (c + d \times \ln(PVC))$$

Croît en graisse par jour :

$$LipC = (GQC^{1.78} \times d \times GQC_0 \times Lip) / (GQC_0^{1.78} \times PVC)$$

Croît en protéines par jour :

$$ProC = 1.06 \times h \times (GQC - LipC) \times (PVC - Lip)^{0.06}$$

Apports recommandés en g de protéines (PAI, MA) :

$$PAI = 3.25 \times PV^{0.75} + ProC/0.6$$

$$MA = 19 \times MJ \text{ NEV}$$

Constantes :

	a	b	c	d	h
Taurillons	- 0.2704	1.024	- 5.433	1.5352	0.1541
Bœufs et génisses	- 0.3939	1.045	- 6.311	1.811	0.1616

Abréviations et unités :

PV	en kg	poids vif
GQ	g	gain quotidien
PVC	kg	poids vif corrigé
GQC	g	gain quotidien corrigé
GQC ₀	g	gain standard (taurillons = 1220g, bœufs et génisses = 1000g)
Lip	kg	quantité de graisse dans la carcasse
EC	MJ	énergie fixée dans le croît par jour
LipC	g	graisse fixée dans le croît par jour
ProC	g	protéines fixées dans le croît par jour
PAI	g	apports recommandés en PAI
Exp		exponentiel base e

Version: Novembre 2018

Éditeur: Agroscope

Rédaction: I. Morel, J.-L. Oberson, P. Schlegel, A. Chassot, E. Lehmann, J. Kessler

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence

11. Apports alimentaires recommandés pour le mouton

Roger Daccord, Jürg Kessler ; révision 2009 et 2017 Yves Arrigo, Elise Frioud

Table des matières

11.	Apports alimentaires recommandés pour le mouton	2
	Vérifications des normes d'ingestion de la brebis laitières en lactation	2
	Révision 2009	2
11.1.	Apports énergétiques et azotés	3
11.1.1.	Entretien	3
11.1.2.	Gestation	3
11.1.3.	Lactation	3
11.1.4.	Croissance	4
11.2.	Apports en minéraux et vitamines	4
11.3.	Alimentation de la brebis	4
11.3.1.	Période de récupération	4
11.3.2.	Période de gestation	4
11.3.3.	Période de lactation	4
11.4.	Alimentation de l'agneau	5
11.5.	Alimentation de l'agnelle d'élevage	6
11.6.	Alimentation du bélier	6
11.7.	Bibliographie	6



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

11. Apports alimentaires recommandés pour le mouton

Vérifications des normes d'ingestion de la brebis laitières en lactation

Une vérification des normes d'ingestion des brebis laitières en début de lactation a été réalisée en 2014 et 2015. Les brebis du centre de formation de Viège en début de lactation ont été alimentées selon les recommandations éditées ci-dessous en fonction de leur poids, de leur réserve corporelle et de leur production laitière. Les rations et les restes ont été quantifiés et analysés. En 2014, les concentrés ont été distribués de manière restreinte (200g/j/brebis) alors qu'en 2015 les brebis recevaient 500g/j. Trois régimes ont été considérés : selon les recommandations, ou avec un supplément de fourrage de 10 % et de 20 %. Tous les régimes ont laissé des restes, ceux selon les recommandations de l'ordre de 10 à 12 %. Il ressort que les suppléments en fourrage de 10 et 20 % ont laissés plus de restes non seulement quantitativement (de 13 à 16 %) mais aussi qualitativement par rapport au régime selon les recommandations (matière azotée + 8 % à + 17 % ; énergie nette lait NEL +7 % à +14 %). Par conséquent les recommandations ne nécessitent pas de modifications. Cependant avec des rations pauvres en concentrés un supplément de 10 % de fourrage permettrait une meilleure persistance de la production laitière. Les résultats ont été publiés dans Forum Petits Ruminant 9.2016. Forum [9 2016 d+f Ueberpruefung des Futterverzehr beim Milchschaft.pdf](#)

Agroscope Posieux, Y. Arrigo 14.11.2016

Révision 2009

Ce chapitre consacré à l'alimentation des ovins fait l'objet d'une révision en 2009 en fonction de la réédition du Livre rouge de l'INRA en 2007 (LR2007) car nos recommandations établies par R. Daccord se basent principalement sur les normes françaises. Les recommandations du LR2007 n'ont presque pas changé par rapport à l'édition précédente (1988), seuls les besoins d'entretien en PAI des brebis adultes et des agnelles ont baissé de 2 à 3 g. Par conséquent nos recommandations ne subissent pas de modifications majeures, cependant nous avons ajusté les tableaux 11.1, 11.2, 11.3 et 11.11 pour être en harmonie avec le LR2007. Les minéraux Ca et P sont exprimés dans le LR2007 en calcium et phosphore absorbable Ca_{abs} et P_{ab} , cette modification n'est pas reprise, par conséquent les besoins en minéraux établis par J. Kessler sont inchangés et restent exprimés en minéraux totaux afin d'être cohérents avec nos tables des aliments.

Pour répondre aux remarques faisant état de recommandations trop basses pour l'ingestion des fourrages, rappelons que les valeurs données dans les tableaux sont indicatives et peuvent fortement varier en fonction du type de fourrage distribué (éventuels refus lors de la distribution de fourrages médiocres), de la température de la bergerie et de la conduite en lots des animaux.

Selon sa qualité, le fourrage distribué risque de laisser des refus dans les crèches, dès lors l'apport devrait être majoré de 10 %. Les recommandations ont été établies pour des températures en bergerie de 18-20°C, s'il fait plus chaud les animaux mangeront moins de fourrage et inversement, s'il fait plus froid ils auront tendance à en manger plus pour compenser un besoin énergétique supplémentaire. L'équation ci-dessous donne le facteur de correction (CF_{ovins}) qu'il faut multiplier par la quantité de fourrage.

$$CF_{ovins} = 1,345 - (0,0183 \times \text{température en } ^\circ\text{C}),$$

Après le sevrage des agneaux, les brebis laitières sont conduites en lots dont la constitution se base sur la parité (primipares, multipares) et les performances laitières, or les animaux regroupés ont des productions décalées n'ayant pas agnelés simultanément. Le rationnement en lots doit être raisonné au niveau de la collectivité en prenant en compte la variabilité des individus. La ration n'est pas établie pour un animal moyen car les animaux performants seraient pénalisés. Une première tactique alimentaire consiste à calculer une ration qui couvre 110 % des besoins moyens (poids vif et production moyenne du lot), cette tactique permet de couvrir les besoins des brebis qui contribuent le plus à la production laitière. Par rapport aux besoins moyens cette ration sera excédentaire en matière azotée, mais ce déséquilibre pourra être corrigé chez les animaux performants par la mobilisation de leur réserve adipeuse (énergie).

Si les données individuelles sont connues par le contrôle laitier, on peut déterminer une ration qui couvre les besoins des animaux qui contribuent le plus à la production laitière du lot.

Posieux, le 24.12.2009 Y. Arrigo et Elise Frioud

La production ovine en Suisse est en majeure partie extensive par son niveau de production et par l'attention qui lui est consacrée. Le mouton est souvent gardé pour valoriser des zones herbagères marginales, d'accès difficile. Durant la saison de pâturage, son alimentation est peu contrôlée. Mais pour obtenir un certain revenu de la production ovine, il est important de pouvoir vérifier si le rationnement est adéquat, surtout pendant les périodes de besoins alimentaires élevés. En particulier, la fin de gestation et le début de lactation sont des périodes où les déficits peuvent être excessifs, compromettant la productivité de la brebis.

Le mouton a des besoins pour couvrir ses dépenses physiologiques (entretien, gestation, lactation, croissance). Dans la plupart des cas, les apports alimentaires satisfont ces besoins avec une certaine marge de sécurité. Pendant certaines périodes toutefois, ils sont volontairement abondants ou déficitaires, valorisant au mieux la capacité de la brebis de reconstituer ou de mobiliser ses réserves corporelles. Comme par le passé, les apports recommandés sont basés en majeure partie sur des données françaises (Hassoun et Bocquier 2007). Ils ont été adaptés à des modèles de production simplifiés. L'état sanitaire des animaux est supposé satisfaisant et les apports en eau de bonne qualité en quantité suffisante.

11.1. Apports énergétiques et azotés

Les valeurs de base concernant les besoins en énergie et en PAI sont données dans le tableau 11.1

11.1.1. Entretien

Les besoins énergétiques d'entretien de la brebis représentent 0.228 MJ NEL/kg de poids métabolique. Le besoin d'entretien de la brebis est inférieur de 17 % à celui de la chèvre et de 28% à celui de la vache laitière. Il correspond à une garde en bergerie. Il augmente d'environ 25 % dans des conditions moyennes de pâturage (activité et température normales).

Pour une brebis qui produit une toison d'environ 4 kg par an, les besoins azotés journaliers d'entretien sont de 2.5 g de PAI/kg de poids métabolique (LR 2007). Elle reste plus élevée que la valeur pour la chèvre à cause des besoins pour la production de laine. Dans cette phase, le rendement d'utilisation des PAI est de 0.40.

11.1.2. Gestation

Les besoins de gestation correspondent aux besoins d'entretien auxquels s'ajoutent ceux de l'utérus gravide. Pendant les 3 premiers mois de gestation, la croissance du fœtus reste faible et ses besoins sont négligeables. A la fin de cette période, les fœtus ne pèsent en moyenne que 13 % de leur poids à la naissance. Les apports énergétiques et azotés sont semblables aux besoins d'entretien, pour autant que la brebis ait un état corporel satisfaisant. Durant le 4^e et 5^e mois, les besoins s'accroissent rapidement, tandis que la capacité d'ingestion diminue. Les apports énergétiques sont inférieurs aux besoins stricts parce qu'intervient l'utilisation des réserves corporelles. Les apports énergétiques recommandés d'une brebis portant 2 agneaux augmentent au 4^e mois de 20 % et au 5^e mois de 75 % par rapport aux 3 mois précédents.

L'augmentation des apports azotés en fin de gestation est encore plus forte que celle des apports énergétiques. Au 5^e mois, ils triplent presque chez la brebis portant 2 agneaux. Ce niveau élevé d'apports est nécessaire parce que la brebis, comme la chèvre et la vache, ne dispose que de faibles réserves de protéines corporelles et parce qu'elle se trouve en déficit énergétique.

11.1.3. Lactation

Les besoins de la brebis allaitante sont les plus élevés au cours du cycle de production. Ils varient selon sa production de lait et la composition de celui-ci. Afin de tenir compte au mieux de ces variations et de l'évolution du niveau d'utilisation des réserves corporelles, la lactation est divisée en 4 périodes de 1 mois. Pendant le premier mois, le déficit énergétique quotidien peut atteindre 1.0 fois le besoin d'entretien (Bocquier et al. 1988). Pour les 2 premiers mois, ce facteur a été modulé de 0.50 à 0.05 suivant le nombre d'agneaux allaités. Selon sa teneur en matière grasse (58 à 75 g/kg), la valeur énergétique du lait varie de 4.13 à 5.64 MJ NEL/kg.

Suivant la teneur du lait en protéines, qui varie de 50 à 60 g/kg durant les 4 premiers mois de lactation (Bocquier et al. 1987), les besoins en PAI fluctuent de 75 à 90 g/kg de lait. Le rendement moyen d'utilisation des PAI pour la synthèse des protéines du lait est de 0.58, valeur un peu plus faible que celle retenue pour la chèvre et la vache.

Les besoins de la brebis traite ont les mêmes bases que celles de la brebis allaitante. Les variations des teneurs du lait sont semblables, mais leur évolution est plus lente.

11.1.4. Croissance

Les besoins énergétiques de l'agneau par kg de gain augmentent rapidement avec son poids, parallèlement à l'augmentation de la proportion des tissus adipeux. A même poids, les femelles sont plus grasses que les mâles. De même, les agneaux de race à potentiel modéré de croissance sont plus gras que ceux à potentiel élevé. Ces animaux plus gras ont ainsi des besoins énergétiques plus élevés. Les besoins en PAI par kg de gain restent au contraire presque constants pour une même vitesse de croissance.

11.2. Apports en minéraux et vitamines

Les apports recommandés en éléments majeurs (tab. 11.2 à 11.11) et en oligo-éléments (tab. 11.12) découlent des valeurs de base présentées dans le chapitre 4. Ils sont valables pour des conditions normales d'alimentation et de garde.

Les apports recommandés en vitamines sont présentés dans le tableau 11.12 ils sont basés sur les valeurs publiées par le NRC (1985), qui ont aussi été utilisées par Bocquier et al. (1988). Tandis que l'agneau a besoin d'un apport de vitamines lipo- et hydrosolubles, le mouton avec une panse pleinement fonctionnelle n'est généralement dépendant que d'un apport alimentaire en vitamines A, D et E.

11.3. Alimentation de la brebis

Les besoins de la brebis varient fortement au cours de son cycle de production qui englobe la gestation, la lactation et une période de récupération plus ou moins longue. Les besoins en énergie peuvent tripler, ceux en PAI même quadrupler alors que sa capacité d'ingestion ne peut que doubler. Ces variations impliquent des phases d'excédents et de déficits dont les amplitudes doivent être contrôlées. L'enjeu des réserves est d'aboutir à chaque cycle à un bilan neutre ou légèrement positif, entre le dépôt et la mobilisation, notamment chez les primipares.

L'alimentation économique de la brebis nécessite une bonne gestion de ses réserves corporelles. Une méthode efficace pour apprécier leur état et suivre leur variation est la notation de l'état corporel (Dedieu et al. 1991). Les notes sont définies sur la base de repères anatomiques précis et de caractéristiques de la région lombaire (tab. 11.13). Elles s'échelonnent de 0 (extrêmement émacié) à 5 (épaisse couverture adipeuse). La définition de notes-cible à atteindre et de notes-seuil à ne pas dépasser permet de gérer la conduite alimentaire de la brebis durant les différentes phases de son cycle de production (fig. 11.1).

11.3.1. Période de récupération

La période de récupération s'étend du tarissement jusqu'à la lutte. Durant cette phase, les besoins de la brebis dépendent surtout de son poids et de la nécessité de reconstituer ses réserves corporelles (tab. 11.2). Cette restauration doit être précoce, car la fertilité et la prolificité dépendent fortement du poids et de l'état corporel de la brebis avant la saillie. Si ceux-ci sont insuffisants, un apport supplémentaire en énergie est nécessaire, correspondant à environ 30 % des besoins d'entretien (tab. 11.3). Il doit commencer 3 semaines avant la saillie et se poursuivre 3 semaines après. Les effets de ce "flushing" ne se remarquent pas sur des brebis grasses.

11.3.2. Période de gestation

Pendant les 3 premiers mois de gestation, les besoins de la brebis sont équivalents aux besoins d'entretien (tab. 11.2). Les apports ne devraient pas être inférieurs. Grâce à sa capacité d'ingestion encore élevée, la brebis peut utiliser cette période pour achever de reconstituer ses réserves corporelles (tab. 11.3). La fin de la gestation (4^e et 5^e mois) est une période critique. Les besoins s'accroissent rapidement alors que la capacité d'ingestion diminue (tab. 11.4). Un déficit énergétique trop prononcé cause une réduction du poids des agneaux à la naissance et peut provoquer une toxémie de gestation, induisant, si elle est aiguë, l'avortement et même la mort de la brebis. Les apports recommandés prévoient une mobilisation des réserves corporelles, ce qui implique des brebis en bon état.

11.3.3. Période de lactation

C'est la période durant laquelle la brebis a les besoins les plus élevés (tab. 11.5). Sa capacité d'ingestion n'augmente pas assez rapidement pour pouvoir couvrir ses besoins. Contrairement à la période de gestation, la mobilisation des réserves

corporelles n'entraîne pas de risques pathologiques. Un déficit trop important réduit la production laitière, affectant la croissance des agneaux durant le premier mois. Dans les apports recommandés, le déficit énergétique, limité dans son ampleur (maximum 0.5 fois le besoin d'entretien) et dans le temps (2 mois), n'a pas d'influence négative sur la production laitière. Il faut cependant que les besoins en PAI soient couverts.

La brebis traite n'a pas des besoins différents de ceux de la brebis allaitante pour une même production laitière. Les apports correspondent aux besoins (tab. 11.6). La difficulté est d'estimer ces besoins lorsque les brebis sont en lots. Les animaux les plus productifs risquent d'être sous-alimentés, tandis que les moins productifs gaspillent les aliments.

Comme d'autres femelles laitières, la brebis peut aussi être atteinte de fièvre du lait (hypocalcémie) dans les jours autour de la parturition. Ce trouble est provoqué par une incapacité du métabolisme **calcique** à faire face à la brusque augmentation des besoins en Ca. Il en résulte une hypocalcémie, des mouvements incoordonnés, une paraplégie et le coma. Cette maladie atteint surtout des brebis âgées, prolifiques et ayant une production laitière élevée. Son apparition est favorisée par des situations de stress, comme un changement brutal d'alimentation, la tonte, un long transport et une brusque variation climatique. Il n'est pas certain que les mesures de prévention utilisées avec la vache laitière, comme la distribution de rations pauvres en Ca, l'administration de vitamine D, soient aussi efficaces chez la brebis. Eviter tout stress dans la période de mise bas reste un moyen sûr pour diminuer les risques de fièvre du lait.

En plus des besoins en **soufre** spécifiques pour la production de laine, le mouton doit disposer d'un apport suffisant de cet élément pour assurer une activité optimale des microorganismes de la panse. Le remplacement de protéines alimentaires contenant des acides aminés soufrés par de l'urée nécessite un contrôle des apports en soufre. Avec des rations pauvres en cet élément, McDowell (1992) recommande un apport de 3 g de soufre inorganique par 100 g d'urée.

Une **carence en fer** causée par des apports alimentaires insuffisants est rare. Par contre, une carence peut être provoquée par une infestation importante de vers intestinaux ou de coccidies. Un contrôle de ces parasites permet de prévenir cette forme de carence.

Des **carences en cuivre** se rencontrent sporadiquement dans certaines régions de notre pays. Le facteur responsable est moins une faible teneur en Cu de la ration qu'une teneur élevée en molybdène qui diminue l'absorption du Cu. Un fourrage riche en molybdène peut se trouver dans les endroits marécageux et tourbeux. Une carence en Cu s'extériorise chez l'agneau par une croissance insuffisante, de l'anémie, des troubles de la démarche ou une paralysie des membres. Chez le mouton adulte, on observe un amaigrissement, des diarrhées, le pica, de l'anémie et des troubles de la reproduction. Dans les régions où le fourrage a des teneurs élevées en molybdène, le rapport Cu: Mo de la ration devrait se situer vers 2-4:1. Lors d'un apport complémentaire de Cu, il faut se rappeler que le seuil de toxicité est bas (15 mg/kg de matière sèche ingérée).

Pendant la période de végétation, le mouton a rarement besoin d'un apport complémentaire de vitamines. En hiver par contre, il est nécessaire de contrôler que les apports en **vitamines A, D et E** soient adéquats.

11.4. Alimentation de l'agneau

La production économique de viande d'agneau n'est possible qu'avec des animaux à croissance rapide, provenant de brebis bien nourries pendant la gestation. A partir de l'âge de 2 semaines, les agneaux doivent disposer de foin de bonne qualité et d'aliment concentré dont l'accès leur est réservé. La teneur en PAI de la ration doit être voisine de 135 g par kg de MS pour des agneaux sevrés jusqu'au poids de 25 kg et 95 g au-delà. Elle peut être maintenue à 100 g pour les agneaux qui restent sous la mère (tab. 11.7 à 11.10).

Des **carences en Ca, P et en vitamine D** peuvent provoquer le rachitisme (déformations osseuses) chez les agneaux élevés de manière intensive en stabulation. Le rachitisme se manifeste par des troubles de la démarche et par des membres arqués. Des apports adéquats en Ca, P et en vitamine D représentent la meilleure solution pour sa prévention.

Les rations à fortes proportions d'aliments concentrés (en particulier riches en son et en tourteaux) peuvent apporter un **excédent de P** à l'agneau à l'engrais. Les risques de formation de calculs urinaires (urolithiase) sont alors élevés. Ils sont encore augmentés lorsque la ration est pauvre en calcium et en vitamine A et riche en magnésium. Les animaux atteints ont de la peine à uriner, crissent des dents, présentent des œdèmes sous le ventre et entre les cuisses. Un rapport Ca : P de la ration supérieur à 2.5 :1 peut prévenir ces troubles. L'adjonction de chlorure d'ammonium (0.5-1 % de la MS ingérée) est aussi un moyen efficace de prévention.

La **carence en sélénium et en vitamine E** peut provoquer chez l'agneau des troubles du système musculaire, en particulier la maladie du muscle blanc. Dans les exploitations à risque, ces carences sont prévenues par une administration de sélénium et de vitamine E sous forme d'injection ou de pâte gélatineuse administrée par voie orale (drench).

La **carence en vitamine B1** peut causer la nécrose du cortex cérébral. Elle risque de se manifester lorsque la ration est très riche en glucides rapidement fermentescibles ou lorsqu'elle est fortement souillée par des moisissures. Les animaux atteints sont apathiques et présentent des troubles de la démarche et de la vue. Cette carence peut être évitée par un apport complémentaire en vitamine B1 de 10 mg par jour.

11.5. Alimentation de l'agnelle d'élevage

Les apports recommandés pour les agnelles sont les mêmes que ceux des agneaux d'engraissement jusqu'au poids d'environ 25 kg (tab. 11.8 et 11.10). Ensuite, elles sont nourries de manière à obtenir une croissance régulière de 100 à 150 g/jour. Une croissance trop rapide peut entraîner une réduction de la production laitière ultérieure.

11.6. Alimentation du bélier

Les apports recommandés pour le bélier correspondent aux besoins d'entretien de brebis de même poids, majorés de 10% (tab. 11.11).

11.7. Bibliographie

- Bocquier F., Thériez M., Prache Sophie et Brelurut A., 1988. Alimentation des ovins. Alimentation des bovins, ovins et caprins. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 249-280.
- Bocquier F., Thériez M. et Brelurut A., 1987. Recommandations alimentaires pour la brebis en lactation. Bull. Tech. C.R.V.z. Theix, INRA 70, 199-211.
- ♥ Daccord R. et Kessler J., 1999. Apports alimentaires recommandés pour le mouton, chapitre 11. Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour les ruminants. 4^e édition. LmZ, Zollikofen. 163-184.
- Dedieu B., Gibon A. et Roux M., 1991. Notation d'état corporel des brebis et diagnostic des systèmes d'élevage ovins. Etudes et recherches sur les systèmes agraires et le développement, INRA 22. 48 p.
- Hassoun P. et Bocquier F., 2007. Alimentation des ovins chapitre 6. Alimentation des bovins, ovins et caprins (LR2007). Edition Quae c/o INRA, RD 10, 78026 Versailles Cedex, France. 121-136.
- Mc Dowell L.R., 1992. Minerals in animal and human nutrition. Academic Press, San Diego. 542 p.
- NRC, 1985. Nutrient requirement of sheep. National Academy Press, Washington. 99p.
- Thériez M., Bocquier F. et Brelurut A., 1987. Recommandations alimentaires pour les brebis à l'entretien et en gestation. Bull. Tech. C.R.V.z. Theix, INRA 70, 185-197.

Tableau 11.1. Valeurs de base pour la brebis

Stade physiologique	Energie MJ NEL / PV ^{0.75} ou / kg lait	PAI g / PV ^{0.75} ou / kg lait
Entretien	0.228	2.5
Gestation (besoins d'entretien inclus)		
Prolificité 1.5 : 4 ^e mois	0.264	4.1
5 ^e mois	0.378	5.0
Prolificité 2 et plus : 4 ^e mois	0.274	6.0
5 ^e mois	0.415	7.0
Lactation / kg de lait	4.1 à 5.6	75 à 90

Tableau 11.2. Besoins d'entretien pour la brebis tarie ou en début de gestation (1^{er} au 3^e mois) et besoins pour la reconstitution des réserves

Poids kg	Apports journaliers							Consommation moyenne kg MS/j ¹⁾
	NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	K g	
30	3.1	34	2.5	1.5	1.0	0.5	2.5	0.9
40	3.7	43	2.5	2.0	1.5	1.0	3.0	1.0
50	4.3	50	3.0	2.0	1.5	1.0	3.5	1.1
60	4.9	57	3.0	2.0	2.0	1.0	4.0	1.2
70	5.5	64	3.0	2.5	2.0	1.5	4.5	1.3
80	6.1	71	3.5	2.5	2.5	1.5	5.0	1.4
90	6.7	78	3.5	2.5	2.5	1.5	5.5	1.5
Variation de poids g/j								
+ 50	1.9	11						
+ 100	3.9	22	-	-	-	-	-	-
+ 150	5.6	33						

¹⁾ valeur indicative en kg de matière sèche jour, qui peut fortement varier selon le type de fourrage distribué.

Tableau 11.3. Apports recommandés pour la période de lutte et le début de la gestation (1^{er} au 3^e mois) visant une amélioration de la note d'état corporel

une amélioration de la note d'état corporel.

Poids kg	Apports journaliers							Consommation moyenne kg MS/j
	NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	K g	
Amélioration légère de l'état corporel (+0.25 NEC ¹⁾)								
50	4.9	53	3.0	2.0	1.5	1.0	3.5	1.1
60	5.6	61	3.0	2.0	2.0	1.0	4.0	1.2
70	6.3	68	3.0	2.5	2.0	1.5	4.5	1.3
80	7.0	75	3.5	2.5	2.5	1.5	5.0	1.4
Amélioration marquée de l'état corporel (+1.00 NEC ¹⁾)								
50	6.6	63	3.0	2.0	1.5	1.0	3.5	1.2
60	7.6	72	3.0	2.0	2.0	1.0	4.0	1.4
70	8.6	82	3.0	2.5	2.0	1.5	4.5	1.6
80	9.6	91	3.5	2.5	2.5	1.5	5.0	1.8

¹⁾ voir explication tab. 11.13.

Tableau 11.4. Apports recommandés pour la fin de la gestation (4^e et 5^e mois)

Poids kg	Apports journaliers							Consommatio n moyenne kg MS/j
	NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	K g	
4 ^e mois, prolificité 1.5								
50	5.0	75	4.5	2.5	1.5	1.5	3.5	1.1
60	5.7	86	4.5	2.5	2.0	1.5	4.5	1.2
70	6.4	97	5.0	3.0	2.5	1.5	5.0	1.4
80	7.1	107	5.0	3.0	2.5	2.0	5.5	1.5
4 ^e mois, prolificité 2 et plus								
50	5.2	94	5.0	2.5	1.5	1.5	3.5	1.1
60	5.9	108	5.0	3.0	2.0	1.5	4.5	1.2
70	6.6	120	5.5	3.0	2.5	1.5	5.0	1.4
80	7.3	134	5.5	3.5	2.5	2.0	5.5	1.5
5 ^e mois, prolificité 1.5								
50	7.0	113	7.5	3.5	1.5	1.5	4.0	1.2
60	8.0	129	8.0	3.5	2.0	1.5	4.5	1.3
70	9.0	145	8.0	4.0	2.5	1.5	5.0	1.5
80	10.0	160	8.5	4.5	2.5	2.0	5.5	1.7
5 ^e mois, prolificité 2 et plus								
50	7.8	132	9.5	4.0	1.5	1.5	4.0	1.2
60	8.9	151	10.0	4.5	2.0	1.5	4.5	1.3
70	10.0	170	10.5	4.5	2.5	1.5	5.0	1.5
80	11.0	188	10.5	5.0	2.5	2.0	5.5	1.7

Tableau 11.5. Apports recommandés pour la lactation

Poids kg	Nombre d'agneaux	Apports journaliers							Consommation moyenne en kg MS/j
		NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	K g	
1 ^{er} mois									
50	1	8.1	148	10.5	5.0	3.0	1.5	5.5	1.2
	2	14.6	226	18.5	9.5	4.0	2.5	8.0	2.1
60	1	8.4	155	10.5	5.5	3.0	2.0	6.0	1.3
	2	15.1	233	18.5	9.5	4.5	2.5	8.5	2.2
70	1	8.7	162	10.5	5.5	3.5	2.0	6.5	1.4
	2	15.6	240	18.5	10.0	4.5	2.5	9.0	2.3
80	1	9.0	169	11.0	6.0	3.5	2.0	7.0	1.5
	2	16.1	247	19.0	10.0	5.0	3.0	9.5	2.4
2 ^e mois									
50	1	8.2	124	9.0	5.0	2.5	1.5	5.0	1.4
	2	12.4	182	15.0	8.0	3.5	2.0	7.5	2.1
60	1	8.7	131	9.0	5.0	3.0	1.5	6.0	1.5
	2	13.0	189	15.5	8.5	4.0	2.0	8.0	2.2
70	1	9.2	138	9.0	5.0	3.0	2.0	6.5	1.6
	2	13.6	196	15.5	8.5	4.0	2.5	8.5	2.3
80	1	9.7	145	9.5	5.5	3.5	2.0	7.0	1.7
	2	14.2	203	16.0	8.5	4.5	2.5	9.5	2.4
3 ^e mois									
50	1	7.1	98	6.5	4.0	2.0	1.5	4.5	1.4
	2	9.9	138	10.5	6.0	2.5	1.5	6.0	1.8
60	1	7.7	105	7.0	4.0	2.5	1.5	5.0	1.5
	2	10.5	145	10.5	6.0	3.0	2.0	6.5	1.9
70	1	8.3	112	7.0	4.0	2.5	1.5	5.5	1.6
	2	11.1	152	11.0	6.0	3.5	2.0	7.0	2.0
80	1	8.9	119	7.0	4.5	3.0	2.0	6.5	1.7
	2	11.7	159	11.0	6.5	3.5	2.0	7.5	2.1
4 ^e mois									
50	1	5.7	72	4.0	2.5	1.5	1.0	4.0	1.2
	2	7.2	94	5.5	3.5	2.0	1.0	4.5	1.4
60	1	6.3	79	4.5	3.0	2.0	1.5	4.5	1.3
	2	7.8	101	6.0	3.5	2.0	1.5	5.0	1.5
70	1	6.9	86	4.5	3.0	2.5	1.5	5.0	1.4
	2	8.4	108	6.0	3.5	2.5	1.5	5.5	1.6
80	1	7.5	93	4.5	3.0	2.5	1.5	5.5	1.5
	2	9.0	115	6.0	4.0	2.5	1.5	6.0	1.7

Tableau 11.6. Apports recommandés pour la brebis traite

Poids kg	Lait kg/j	Apports journaliers							Consommation moyenne en kg MS/j
		NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	K g	
début de lactation									
50	1.5	10.5	165	12.0	6.5	3.0	2.0	6.5	1.7
	2.0	12.6	204	15.5	8.5	3.5	2.0	7.5	2.1
	2.5	14.7	242	18.5	9.5	4.0	2.5	8.5	2.3
60	1.5	11.1	172	12.0	6.5	3.5	2.0	7.0	1.8
	2.0	13.2	211	15.5	8.5	4.0	2.0	8.0	2.2
	2.5	15.3	249	18.5	10.0	4.5	2.5	9.0	2.4
	3.0	17.4	288	22.0	11.5	5.0	2.5	10.0	2.6
70	1.5	11.7	179	12.5	7.0	3.5	2.0	7.5	1.9
	2.0	13.8	218	16.0	8.5	4.0	2.5	8.5	2.3
	2.5	15.9	256	19.0	10.0	4.5	2.5	9.5	2.5
	3.0	18.0	295	22.0	11.5	5.0	3.0	10.5	2.7
80	1.5	12.3	186	12.5	7.0	4.0	2.5	8.0	2.0
	2.0	14.4	225	16.0	9.0	4.5	2.5	9.0	2.4
	2.5	16.5	263	19.0	10.5	5.0	3.0	10.0	2.6
	3.0	18.6	302	22.0	12.0	5.5	3.0	11.0	2.8
milieu de lactation									
50	1.5	11.3	179	12.5	7.0	3.0	2.0	6.5	2.0
	2.0	13.7	222	16.0	8.5	3.5	2.0	7.5	2.3
60	1.5	11.9	186	12.5	7.0	3.5	2.0	7.0	2.1
	2.0	14.3	229	16.0	9.0	4.0	2.0	8.0	2.4
	2.5	16.6	272	19.0	10.5	4.5	2.5	9.0	2.6
70	1.5	12.5	193	13.0	7.5	3.5	2.0	7.5	2.2
	2.0	14.9	236	16.0	9.0	4.0	2.5	8.5	2.5
	2.5	17.2	279	19.0	10.5	4.5	2.5	9.5	2.7
80	1.5	13.1	200	13.0	7.5	4.0	2.5	8.0	2.3
	2.0	15.5	243	16.5	9.0	4.5	2.5	9.0	2.6
	2.5	17.8	286	19.5	10.5	5.0	3.0	10.0	2.8
fin de lactation									
50	0.5	7.0	96	6.0	3.5	2.0	1.5	4.5	1.4
	1.0	9.6	143	9.5	5.5	2.5	1.5	5.5	1.7
60	0.5	7.6	103	6.0	4.0	2.5	1.5	5.0	1.5
	1.0	10.2	150	9.5	5.5	3.0	1.5	6.0	1.8
70	0.5	8.2	110	6.5	4.0	2.5	1.5	5.5	1.6
	1.0	10.8	157	9.5	5.5	3.0	2.0	6.5	1.9
80	0.5	8.8	117	6.5	4.0	3.0	2.0	6.0	1.7
	1.0	11.4	164	10.0	6.0	3.5	2.0	7.0	2.0

Tableau 11.7. Apports recommandés pour la croissance et l'engraissement des agneaux mâles à potentiel de croissance modéré

Poids kg	Gain de poids g/j	Apports journaliers						Consommation moyenne en kg MS/j
		NEV MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	
15	150	3.9	65	4.5	2.0	0.5	0.5	0.6
	200	4.0	78	5.5	2.5	0.5	0.5	0.6
	250	4.1	92	6.5	2.5	0.5	0.5	0.6
	300	4.2	108	7.5	3.0	0.5	1.0	0.6
20	150	5.0	69	5.0	2.5	0.5	0.5	0.8
	200	5.2	82	6.0	2.5	0.5	0.5	0.8
	250	5.4	96	7.0	3.0	0.5	1.0	0.8
	300	5.6	110	8.0	3.5	1.0	1.0	0.8
25	150	6.0	71	5.5	2.5	1.0	1.0	1.0
	200	6.4	84	6.5	3.0	1.0	1.0	1.0
	250	6.8	97	8.0	3.5	1.0	1.0	1.0
	300	7.2	110	9.0	4.0	1.0	1.0	1.0
	350	7.6	123	10.0	4.5	1.0	1.0	1.0
30	150	7.0	73	6.0	3.0	1.0	1.0	1.2
	200	7.6	86	7.5	3.5	1.0	1.0	1.2
	250	8.2	98	8.5	4.0	1.5	1.0	1.2
	300	8.7	111	10.0	4.5	1.5	1.0	1.2
	350	9.2	123	11.0	4.5	1.5	1.0	1.2
	400	9.6	136	12.0	5.0	1.5	1.0	1.2
35	200	8.8	87	8.0	4.0	1.5	1.0	1.4
	250	9.5	99	9.5	4.5	1.5	1.0	1.4
	300	10.1	110	10.5	5.0	1.5	1.0	1.4
	350	10.8	122	12.0	5.0	2.0	1.0	1.4
	400	11.4	134	13.5	5.5	2.0	1.0	1.4

Tableau 11.8. Apports recommandés pour la croissance et l'engraissement des agneaux femelles à potentiel de croissance modéré

Poids kg	Gain de poids g/j	Apports journaliers						Consommation moyenne en kg MS/j
		NEV MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	
15	150	4.7	62	4.5	2.0	0.5	0.5	0.6
	200	4.8	75	5.5	2.5	0.5	0.5	0.6
	250	4.9	87	6.5	2.5	0.5	0.5	0.6
20	150	5.5	65	5.0	2.5	0.5	0.5	0.8
	200	5.8	78	6.0	2.5	0.5	0.5	0.8
	250	6.1	90	7.0	3.0	0.5	1.0	0.8
	300	6.3	103	8.0	3.5	1.0	1.0	0.8
25	150	6.4	68	5.5	2.5	1.0	1.0	1.0
	200	6.8	80	6.5	3.0	1.0	1.0	1.0
	250	7.2	91	8.0	3.5	1.0	1.0	1.0
	300	7.6	103	9.0	4.0	1.0	1.0	1.0
30	150	7.2	70	6.0	3.0	1.0	1.0	1.2
	200	7.8	81	7.5	3.5	1.0	1.0	1.2
	250	8.4	93	8.5	4.0	1.5	1.0	1.2
	300	8.9	104	10.0	4.5	1.5	1.0	1.2

Tableau 11.9. Apports recommandés pour la croissance et l'engraissement des agneaux mâles à potentiel de croissance élevé

Poids kg	Gain de poids g/j	Apports journaliers						Consommation moyenne en kg MS/j
		NEV MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	
20	150	4.3	71	5.0	2.5	0.5	0.5	0.8
	200	4.6	85	6.0	2.5	0.5	0.5	0.8
	250	4.9	99	7.0	3.0	0.5	1.0	0.8
	300	5.2	113	8.0	3.5	1.0	1.0	0.8
25	150	5.2	73	5.5	2.5	1.0	1.0	1.0
	200	5.4	86	6.5	3.0	1.0	1.0	1.0
	250	5.6	100	8.0	3.5	1.0	1.0	1.0
	300	5.8	114	9.0	4.0	1.0	1.0	1.0
	350	5.9	127	10.0	4.5	1.0	1.0	1.0
30	150	6.0	75	6.0	3.0	1.0	1.0	1.2
	200	6.3	88	7.5	3.5	1.0	1.0	1.2
	250	6.6	101	8.5	4.0	1.5	1.0	1.2
	300	6.8	114	10.0	4.5	1.5	1.0	1.2
	350	7.0	127	11.0	4.5	1.5	1.0	1.2
	400	7.2	142	12.0	5.0	1.5	1.0	1.2
35	150	6.8	76	7.0	3.5	1.5	1.0	1.4
	200	7.2	89	8.0	4.0	1.5	1.0	1.4
	250	7.6	101	9.5	4.5	1.5	1.0	1.4
	300	7.8	114	10.5	5.0	1.5	1.0	1.4
	350	8.0	126	12.0	5.0	2.0	1.0	1.4
	400	8.2	139	13.5	5.5	2.0	1.0	1.4
	450	8.3	150	14.5	6.0	2.0	1.0	1.4
40	200	8.1	90	9.0	4.5	2.0	1.0	1.6
	250	8.7	102	10.5	5.0	2.0	1.0	1.6
	300	9.1	115	12.0	5.5	2.0	1.0	1.6
	350	9.4	127	13.0	5.5	2.0	1.0	1.6
	400	9.6	140	14.5	6.0	2.5	1.0	1.6
	450	9.8	153	16.0	6.5	2.5	1.5	1.6

Tableau 11.10. Apports recommandés pour la croissance et l'engraissement des agneaux femelles à potentiel de croissance élevé

Poids kg	Gain de poids g/j	Apports journaliers						Consommation moyenne en kg MS/j
		NEV MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	
20	150	5.0	67	5.0	2.5	0.5	0.5	0.8
	200	5.3	80	6.0	2.5	0.5	0.5	0.8
	250	5.5	93	7.0	3.0	0.5	1.0	0.8
	300	5.7	106	8.0	3.5	1.0	1.0	0.8
25	150	5.7	69	5.5	2.5	1.0	1.0	1.0
	200	5.9	82	6.5	3.0	1.0	1.0	1.0
	250	6.1	94	8.0	3.5	1.0	1.0	1.0
	300	6.3	107	9.0	4.0	1.0	1.0	1.0
	350	6.5	119	10.0	4.5	1.0	1.0	1.0
30	150	6.3	72	6.0	3.0	1.0	1.0	1.2
	200	6.6	84	7.5	3.5	1.0	1.0	1.2
	250	6.9	95	8.5	4.0	1.5	1.0	1.2
	300	7.2	107	10.0	4.5	1.5	1.0	1.2
	350	7.4	119	11.0	4.5	1.5	1.0	1.2
35	150	6.9	73	7.0	3.5	1.5	1.0	1.4
	200	7.4	84	8.0	4.0	1.5	1.0	1.4
	250	7.8	96	9.5	4.5	1.5	1.0	1.4
	300	8.1	107	10.5	5.0	1.5	1.0	1.4
	350	8.3	118	12.0	5.0	2.0	1.0	1.4
	400	8.5	130	13.5	5.5	2.0	1.0	1.4
40	200	8.3	76	9.0	4.5	2.0	1.0	1.6
	250	8.9	87	10.5	5.0	2.0	1.0	1.6
	300	9.4	99	12.0	5.5	2.0	1.0	1.6
	350	9.7	110	13.0	5.5	2.0	1.0	1.6
	400	9.9	121	14.5	6.0	2.5	1.5	1.6

Tableau 11.11. Apports recommandés pour le bélier

Poids kg	Apports journaliers						Consommation moyenne en kg MS/j
	NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	
50	4.9	55	3.0	2.0	1.5	1.0	1.1
60	5.5	62	3.0	2.0	2.0	1.0	1.2
70	6.1	69	3.0	2.5	2.0	1.5	1.3
80	6.7	76	3.5	2.5	2.5	1.5	1.4
90	7.3	87	3.5	3.0	2.5	1.5	1.6
100	8.0	94	4.0	3.0	3.0	2.0	1.7

Tableau 11.12. Apports recommandés en oligo-élément et en vitamines pour le mouton

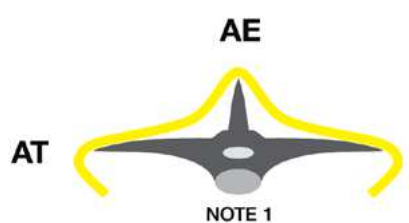
Oligo-éléments mg/kg MS de la ration		Vitamines UI ou mg	
Fe	30	Vitamine A par kg PV Vitamine D par kg PV Vitamine E par jour	50 – 100 ²⁾ 6 ³⁾ 20 – 40 ²⁾
I	0.2 – 0.6 ¹⁾		
Cu	5		
Mn	40		
Zn	50		
Co	0.1		
Mo	0.1		
Se	0.1		

1) Animaux ayant des productions laitières élevées

2) Valeurs inférieures : niveau faible de production (ex. début de gestation) ;

Valeurs supérieures : niveau élevé de production (ex. début de lactation)

3) En bergerie

Figure 11.1. Notation de l'état corporel des brebis NEC (d'après Bocquier et al. 1988)


Note 0 Extrêmement amaigri, sur le point de mourir

Note 1 Apophyses épineuses (AE) saillantes et pointues, apophyses transverses (AT) pointues. Les noix des muscles sont peu épaisses, on ne détecte pas de gras de couverture.



Note 2 AE encore proéminentes, mais ressenties au toucher comme une ondulation; AT arrondies. Les noix des muscles sont d'épaisseur moyenne, avec une faible couverture adipeuse.



Note 3 AE forment de légères ondulations, ne peuvent être individualisées que sous l'effet d'une pression des doigts; AT couvertes, seule une forte pression permet d'en sentir les extrémités. Les noix des muscles sont pleines et la couverture adipeuse.

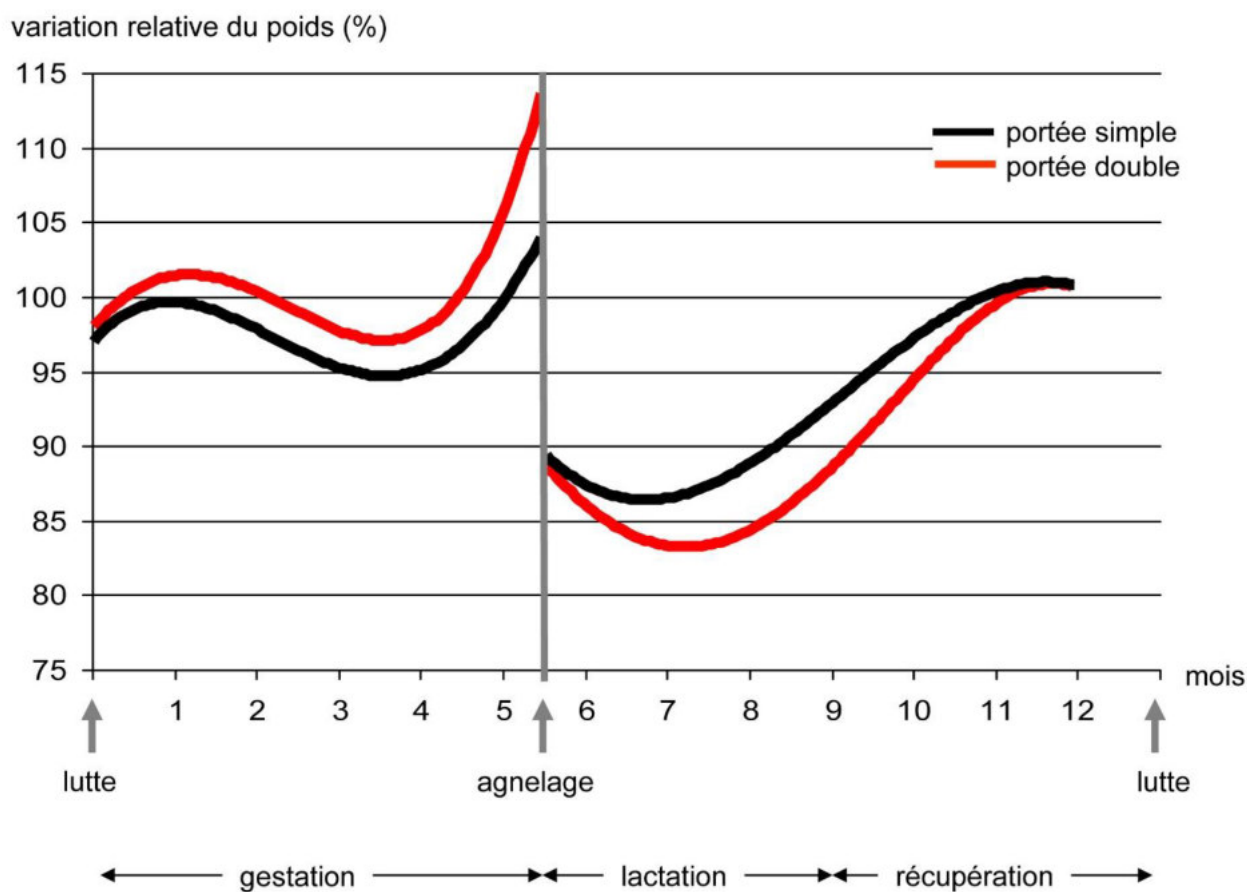


Note 4 Seule une pression permet de détecter les AE sous la forme d'une ligne dure entre les deux muscles qui sont recouverts de gras; on ne peut pas sentir les extrémités des AT. Les noix des muscles sont pleines avec une épaisse couverture adipeuse.



Note 5 ni les AE, ni les AT ne peuvent être détectées, les deux muscles recouverts de graisses sont proéminents et laissent apparaître une dépression sur la ligne médiane du dos. D'importantes masses de graisse se sont déposées sur la croupe et la queue.

Figure 11.2. Variation relative du poids de la brebis durant son cycle de production (d'après Dedieu et al. 1991)



Version: 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: R. Daccord, J. Kessler, révision 2009 et 2017 Y. Arrigo, E. Frioud

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence

12. Apports alimentaires recommandés pour la chèvre

Jürg Kessler, Roger Daccord, Yves Arrigo

Table des matières

12	Apports alimentaires recommandés pour la chèvre	2
12.1	Comportement alimentaire et ingestion.....	2
12.2	Apports alimentaires recommandés.....	3
12.2.1	Énergie et matière azotée	3
12.2.2	Minéraux et vitamines	5
12.3	Rationnement.....	6
12.3.1	Chèvre.....	6
12.3.2	Bouc	7
12.3.3	Chevreaux d'élevage (chevreau et chevrette)	7
12.4	Bibliographie	7
12.5	Tableaux	8
12.6	Figure.....	12



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

12 Apports alimentaires recommandés pour la chèvre

Actualisation 2013 : Dans le but de vérifier les recommandations concernant l'ingestion des chèvres en lactation éditées ci-dessous, un essai a été réalisé en mars 2012 au centre de formation agricole de Viège en collaboration avec Agridea et Agroscope. Il en ressort qu'en suivant les normes d'alimentation éditées qui admettent des restes de l'ordre de 10 à 20 % on constate que les apports supplémentaires de fourrage de 12,5 et 20 % de matière sèche n'ont pas influencé les performances des animaux (poids et production laitière). Si les animaux mangent légèrement plus avec les rations majorées, ils trient moins leur fourrage laissant des restes avec des teneurs encore appréciables, en d'autres termes si on donne trop de fourrage celui-ci n'est plus mis en valeur avec la même efficacité, prévalant un gaspillage.

Il convient d'exploiter au maximum l'efficacité des ruminants pour valoriser les fourrages, tout en trouvant un équilibre entre les fourrages distribués et la part gaspillée. Les résultats obtenus dans cet essai soulignent l'importance du comportement alimentaire de la chèvre et ne remettent pas en question les normes éditées ci-dessous qui ne requièrent pas de révision ([Arrigo et al., 2013](#))

Les connaissances concernant le comportement alimentaire et les besoins en nutriments et en minéraux de la chèvre se sont nettement améliorées depuis la parution de la deuxième édition de ce livre. Toutefois, certaines données de base proviennent encore de résultats obtenus avec des moutons et des bovins. Elles ont été utilisées en tenant compte des particularités physiologiques et comportementales de la chèvre.

12.1 Comportement alimentaire et ingestion

Bien que l'on attribue souvent à la chèvre un comportement alimentaire capricieux, on retrouve chez elle certaines lois fondamentales comme chez les autres ruminants. Ainsi, l'ingestion est influencée par les trois principaux paramètres: l'aliment, l'animal et le milieu.

L'aliment: selon son type, la quantité de restes varie de manière importante. Avec de l'herbe, les restes peuvent atteindre entre 30 % (distribution à l'écurie) et 60 % (pâturage non optimal) de la quantité à disposition. Avec le foin, ces valeurs se situent à environ 20 % et entre 10 et 15 % avec l'ensilage d'herbe. L'ingestion est aussi influencée par la qualité des aliments. Réalisés avec des chèvres de la race Gessenay, nos propres essais ont démontré que l'ingestion d'un foin de mauvaise qualité (4,6 MJ NEL par kg de MS) a été inférieure de 40 % à celle d'un foin de bonne qualité (5,4 MJ). La composition de la ration exerce aussi une influence sur l'ingestion. Par exemple, les restes diminuent proportionnellement à l'augmentation de la quantité d'aliment concentré dans la ration. L'ingestion est également influencée par le goût et la structure des aliments. Les chèvres préfèrent l'orge au maïs, apprécient fortement la mélasse, mais souvent peu la graisse de qualité ordinaire.

L'animal: ce facteur fait ressortir une des particularités de la chèvre qui est capable d'avoir une ingestion très sélective. Elle préfère les feuilles aux tiges et parmi ces dernières, elle choisit celles avec les plus faibles teneurs en parois. Ainsi, suivant la ration et l'importance des restes, la qualité de la ration ingérée peut avoir une teneur en énergie supérieure de 5 à 20 % par rapport à celle de la ration distribuée.

Lors de l'ingestion de la ration, on distingue chez la chèvre les trois phases suivantes:

Phase de reconnaissance:	la chèvre fait l'inventaire des aliments distribués.
Phase d'ingestion:	la chèvre ingère intensivement, pour calmer sa faim.
Phase de sélection:	la chèvre choisit parmi les restes ce qui la tente; cette ingestion est souvent interrompue par la consommation d'eau et de sel

Plus les chèvres ont du temps pour la phase de sélection, plus l'ingestion est importante. La durée permise pour l'ingestion de la ration doit ainsi être suffisamment longue (minimum 6 h par jour) et l'accès à l'eau doit être libre.

L'ingestion de la chèvre est aussi influencée par son âge. En règle générale, l'ingestion augmente d'environ 50 % entre la 1^{re} et la 2^e année et de 15 % entre la 2^e et la 3^e année. Les animaux lourds et de plus grande taille mangent davantage que les animaux légers; on peut compter approximativement avec une ingestion variant de 0.1 kg de MS par 10 kg de différence de poids. La production laitière exerce une grande influence sur l'ingestion de la chèvre. Un accroissement de la production laitière de 1 kg fait augmenter l'ingestion d'environ 0.3 à 0.4 kg de MS. Le stade physiologique est aussi important. Comme

nos propres essais l'ont démontré, l'ingestion diminue progressivement d'environ 20 % durant les quatre semaines avant la mise bas. Après celle-ci, elle augmente de nouveau et atteint son point culminant 6 à 10 semaines plus tard.

Le milieu: la chèvre prend ses principaux repas le matin et en début d'après-midi. Ainsi, une amélioration de l'ingestion peut être obtenue en distribuant la ration assez tôt dans l'après-midi. Si les chevrettes reçoivent dès l'âge de 4 à 10 mois les principaux aliments de leur future ration, des problèmes d'adaptation peuvent être évités, ce qui va diminuer la part des restes.

En regroupant les principaux paramètres qui influencent l'ingestion de la chèvre, il est possible d'estimer l'ingestion maximale journalière avec la formule suivante:

Ingestion de MS en kg par jour = $0.9 + \frac{kg\ PV}{100} + 0.27 \cdot kg\ de\ lait$

- Durant le 1^{er} et le 2^e mois de lactation, la valeur estimée doit être réduite respectivement de 15 et 10 %.
- Durant les quatre semaines précédant la mise-bas, la valeur estimée doit être réduite de 20 %

Les besoins en eau sont étroitement liés à l'ingestion d'aliments chez la chèvre. Sur la base de la teneur en MS de la ration, ils peuvent être calculés avec la formule suivante (Giger-Reverdin et Gihad 1991):

Consommation d'eau (g/kg PV^{0.75}) = $2.98 \cdot ingestion\ MS\ (g/kg\ PV^{0.75}) + 0.854 \cdot teneur\ en\ MS\ de\ la\ ration\ (\%)$
(formule non valable pour les rations ayant une teneur en MS inférieure à 20 %)

Estimation simplifiée = 3.5 litres par kg de MS ingérée

En plus de la teneur en MS de la ration, la production laitière et la température ambiante exercent aussi une influence sur la consommation d'eau.

12.2 Apports alimentaires recommandés

12.2.1 Énergie et matière azotée

Comme pour les autres ruminants, c'est l'énergie qui est le principal facteur limitant la production de la chèvre dans nos conditions. Parce qu'ils englobent les constituants majeurs de la ration, les apports énergétiques sont les apports quantitatifs les plus importants et représentent de ce fait la plus grande part des coûts alimentaires. Pour réaliser une production économique, il est nécessaire de connaître avec suffisamment de précision les besoins de la chèvre. Une stratégie peut alors être élaborée qui aboutit à des apports alimentaires (tab. 12.1 à 12.5). Durant la fin de la gestation et le début de la lactation, ceux-ci s'écartent des besoins stricts; ils prévoient une mobilisation des réserves corporelles qui devront être reconstituées par la suite.

Entretien: La valeur moyenne des besoins d'entretien en énergie nette d'une chèvre adulte est de 0.322 MJ/kg de poids métabolique, selon une récente revue bibliographique (Sauvant et Morand-Fehr 1991). Exprimés en énergie nette pour la production laitière (NEL), ces besoins sont de 0.268 MJ. Cette valeur est un peu supérieure à celle prise en compte auparavant (Kessler 1984). Elle est plus élevée que la valeur retenue pour la brebis, mais plus basse que celle pour la vache laitière.

Les besoins énergétiques d'entretien varient selon les conditions de milieu et l'activité physique. Au pâturage, ils peuvent augmenter de 20 à 50 % et même davantage en zones escarpées ou arides. Calculés à partir de différentes méthodes, les besoins azotés d'entretien de la chèvre sont de 2.3 g de PAI/kg de poids métabolique (Morand-Fehr et al. 1987). Pour les chèvres Angora, produisant environ 5 kg de poils par an, ces besoins augmentent à 2.9 g.

Gestation: Les besoins spécifiques de gestation sont faibles au cours des 3 premiers mois. Les apports énergétiques recommandés sont identiques à ceux pour l'entretien. Au 4^e mois, ils sont majorés en moyenne de 13 % et de 25 % le 5^e mois (Morand-Fehr et al. 1987).

Peu de données expérimentales existent pour préciser les besoins azotés de gestation. Durant le 4^e et le 5^e mois de gestation, l'apport en PAI pour l'entretien est majoré en moyenne de 60 et 120 % respectivement (Morand-Fehr et Sauvant 1988).

Lactation: La teneur en énergie du lait de chèvre ayant 4 % de matière grasse est de 2,97 MJ NEL/kg. Elle peut être corrigée pour des autres teneurs en matière grasse selon la formule suivante (Sauvant et Morand-Fehr 1991):

$$\text{NEL du lait} = 2.97 + 0.047 (\text{MG} - 40)$$

NEL du lait = teneur du lait en énergie nette pour la production laitière, MJ/kg
MG = teneur du lait en matière grasse, g/kg.

Afin d'être proches des normes françaises (Morand-Fehr et Sauvant 1988), les besoins énergétiques pour la lactation sont basés sur un lait ayant 3.5 % de matière grasse. Sa valeur énergétique est de 2.73 MJ NEL/kg. Elle est plus basse que celle du lait de vache (3.14) ou celle du lait de brebis (4.13 à 5.64).

La production laitière des chèvres sélectionnées fait ressortir l'importance des besoins de lactation (fig. 12.1) et la nécessité de les satisfaire. L'évolution de la composition du lait des chèvres constituant le troupeau de notre Station de recherches montre que la teneur en matière grasse dépasse la valeur standard de 3.5 % durant le 1^{er} mois de lactation et à la fin de celle-ci (fig. 12.2). Cette évolution est semblable chez la primipare et chez la multipare. Par contre, l'évolution de la teneur en lactose est différente; elle a des valeurs plus basses chez la primipare.

Comme pour la vache laitière, le rendement d'utilisation des PAI pour la synthèse des protéines du lait est de 0.64. Les apports en PAI pour produire 1 kg de lait contenant en moyenne 29 g de matière azotée s'élèvent ainsi à 45 g. Cette valeur est plus basse que chez la vache (50) ou chez la brebis (75 à 90). L'évolution de la teneur du lait en protéines suit celle de la matière grasse (fig. 12.2). La valeur moyenne de 29 g est dépassée en début et en fin de lactation. Les primipares ont des teneurs supérieures aux multipares.

Durant le 1^{er} mois de lactation, la chèvre peut tolérer de légers déficits journaliers en PAI, de l'ordre de 22 à 45 g pour des productions laitières journalières supérieures à 3 kg. Ces déficits doivent rester faibles à cause des réserves en protéines corporelles très limitées.

Utilisation des réserves corporelles

La valeur énergétique de la perte de poids est de 26 MJ NEL/kg (Sauvant et Morand-Fehr 1991). En supposant une perte moyenne de poids de 1 kg par semaine le premier mois de lactation et de 0.5 kg le 2^e mois, la chèvre peut utiliser pendant cette période pour la production laitière 3.7 et 1.9 MJ NEL par jour. Ces valeurs ont été prises en compte pour des productions journalières de 4 kg de lait et plus. Elles ont été diminuées de 25, 50 et 75 % pour les productions de 3, 2 et 1 kg respectivement.

La valeur énergétique du gain de poids est en moyenne de 28 MJ NEL/kg (Morand-Fehr et Sauvant 1988). Une augmentation de poids après le premier tiers de la lactation a lieu plutôt en fonction du bilan énergétique de la chèvre que de son stade de lactation. Cette augmentation n'est pas prise en compte dans les apports recommandés à partir du 3^e mois de lactation. Mais si l'état corporel des chèvres est insuffisant, il est nécessaire d'augmenter ces apports. En se basant sur une augmentation moyenne de poids de 1.2 kg par mois pour la chèvre multipare, il faut majorer ses apports de 1.1 MJ NEL par jour à partir du 4^e mois de lactation. Avec un gain de poids moyen de 1.4 kg par mois, correspondant en partie à la continuation de sa croissance, la chèvre primipare doit recevoir un apport supplémentaire de 2.9 MJ NEL par jour. Dans le troupeau de chèvres de notre Station de recherches, les primipares commencent leur première lactation avec un poids vif d'environ 20 kg inférieur à celui des chèvres adultes (fig. 12.3). Cette différence était encore de 16 kg à la fin de la lactation. C'est au cours de la 2^e lactation que les animaux avaient le gain de poids le plus élevé. En pratique, la prise en compte d'apports complémentaires pour la croissance n'est souvent pas nécessaire lorsque la ration est composée de fourrage de bonne qualité. Dans ces conditions, les chèvres consomment des quantités supérieures aux besoins stricts pour leur production laitière.

Croissance

Les besoins de croissance sont calculés à partir des besoins d'entretien et de la teneur en énergie du gain de poids. Ces deux paramètres sont encore peu précis. Après le sevrage, le chevreau a des besoins d'entretien semblables à ceux de la chèvre adulte (Sanz Sampelayo et al. 1991).

Les besoins journaliers en PAI du chevreau diminuent de 70 à 56 g du 1^{er} au 7^e mois de vie, parallèlement à la baisse de la proportion de protéines dans le croît. Le rendement d'utilisation des PAI pour la croissance est en moyenne de 0.65.

12.2.2 Minéraux et vitamines

Les données de base nécessaires pour le calcul des apports recommandés en Ca, P, Mg, Na et K figurent dans le chapitre 4.1. Les coefficients d'utilisation utilisés dans les apports recommandés en macro-éléments étaient 40 % et 20 % pour respectivement Ca et Mg. Les apports recommandés en oligo-éléments sont donnés dans le tableau 12.8.

Dans le tableau 12.8 figurent les apports recommandés en vitamines pour la chèvre. Les connaissances concernant le métabolisme des vitamines chez la chèvre et en particulier ses besoins sont très lacunaires. Les résultats obtenus avec les bovins et les ovins servent ainsi souvent de référence. Lorsqu'ils ont été extrapolés à la chèvre, on a veillé à tenir compte des caractéristiques physiologiques et comportementales spécifiques à cet animal. Il ne faut pas l'oublier lors de l'interprétation des apports recommandés en vitamines.

Actuellement, on ne sait pas si la chèvre a un besoin spécifique en **β-carotène** comme la vache. Aucune recommandation ne peut ainsi être faite concernant une éventuelle complémentation de la ration avec cette substance. Les comparaisons entre la chèvre et la vache ne sont pas possibles puisque d'importantes différences existent entre leur métabolisme du β-carotène.

Riche en provitamine A, le fourrage vert peut couvrir les besoins en **vitamine A** de la chèvre. En hiver par contre, un apport complémentaire de vitamine A est en général nécessaire. De grandes différences existent dans la littérature sur l'importance de cet apport. Les valeurs extrêmes sont données dans le tableau 12.8.

Chez les chèvres gardées constamment en stabulation et lorsque les fourrages séchés au soleil ne constituent qu'une faible proportion de la ration, une carence en **vitamine D** peut apparaître. Une complémentation en cette vitamine est alors nécessaire. Comme pour la vitamine A, seule une fourchette peut être donnée.

Les rations habituellement distribuées aux chèvres durant l'hiver sont pauvres en **vitamine E**, rendant une complémentation nécessaire. Souvent la ration contient des substances qui font augmenter les besoins en vitamine E, comme les acides gras insaturés, un excès en vitamine A, les toxines de moisissures. En été par contre, le fourrage vert couvre les besoins en vitamine E de la chèvre. Les données concernant l'apport recommandé en vitamine E sont assez vagues. Suivant les auteurs, 5 à 100 mg de vitamine E par jour suffisent à satisfaire les besoins.

Une carence en **vitamine B1** peut être observée de temps en temps chez la chèvre (nécrose du cortex cérébral). Elle est provoquée entre autres par certaines bactéries et champignons (particulièrement les moisissures) qui détruisent la vitamine. Il est connu que les rations riches en glucides rapidement fermentescibles font augmenter les besoins en vitamine B1. Cette carence peut être évitée en ajoutant à la ration environ 10 mg par jour de vitamine B1.

12.3 Rationnement

12.3.1 Chèvre

Le cycle de production de la chèvre se divise en trois phases:

Début de lactation: intervalle mise bas jusqu'au 2^e mois de lactation

Pleine lactation: 3^e mois de lactation jusqu'au 3^e mois de gestation

Reproduction et préparation: 4^e et 5^e mois de gestation

Les principales caractéristiques de ces phases et quelques règles d'alimentation les concernant sont décrites ci-dessous.

Début de lactation: cette phase est caractérisée par une rapide augmentation des besoins en nutriments et en minéraux, liée au commencement de la production laitière. Comme l'ingestion augmente moins vite que la production laitière (maximum atteint 6 à 10 semaines après la mise bas), les chèvres doivent puiser dans leurs réserves corporelles, d'autant plus que leur production est élevée. Ceci est particulièrement valable pour l'énergie (voir chap. 12.2). Durant les deux premiers mois de lactation, la mobilisation des réserves corporelles peut faire diminuer jusqu'à 8 kg le poids de la chèvre. Si les réserves sont insuffisantes, la production laitière peut chuter brusquement. Si les réserves sont suffisantes, mais que l'apport en énergie est trop faible, la mobilisation des réserves lipidiques est très importante et peut provoquer des troubles du métabolisme (acétonémie). En début de lactation, le but de l'alimentation est d'avoir une qualité des aliments et une technique d'alimentation optimales qui permettent d'atteindre une ingestion maximale. Ainsi, il est possible de maintenir le déficit énergétique dans des limites supportables pour l'animal. Les principales règles pour atteindre une ingestion importante sont:

- Distribuer du fourrage de bonne qualité (>5.5 MJ NEL/kg de MS)
- Accepter une certaine quantité de restes
- Prévoir une durée de repas suffisamment longue (min. 6 h par jour)
- Modifier graduellement la ration
- Augmenter progressivement de 200 g par semaine la quantité d'aliment concentré
- Distribuer l'aliment concentré sous forme fractionnée
- Utiliser des aliments qui augmentent l'appétit comme la betterave
- Permettre le libre accès à l'eau.

Pleine lactation: la chèvre atteint sa capacité maximale d'ingestion durant cette phase, qui concorde en général avec la période d'alimentation en vert, tandis que sa production laitière commence à diminuer. La chèvre peut couvrir ses besoins en nutriments et en minéraux et les apports suffisent même à reconstituer les réserves corporelles mobilisées en début de lactation. Cette synthèse de graisse ne doit toutefois pas être trop importante, car un embonpoint prononcé peut causer une ingestion insuffisante durant les dernières semaines de gestation et des difficultés lors de la mise bas. L'utilisation de fourrage de bonne qualité permet aussi dans cette phase d'économiser de l'aliment concentré.

Phase de reproduction et de préparation: cette phase représente une période critique. La chèvre doit être préparée en même temps pour la mise-bas et pour la prochaine période de lactation. Environ 85 % de la croissance du fœtus intervient durant cette période, ce qui engendre une nette augmentation des besoins en nutriments et en minéraux. Cette croissance limite le volume de la panse, ce qui diminue la capacité d'ingestion. Les besoins accrus peuvent être couverts en distribuant en complément à la ration de base, par exemple, 200 g de céréales par jour entre la 6^e et la 4^e semaine avant la parturition et 300 g durant les trois dernières semaines. Ces quantités peuvent varier suivant l'état corporel de la chèvre et la qualité du fourrage. Durant cette période, si la ration ne couvre pas les besoins en énergie, la chèvre peut être atteinte de toxémie de gestation (symptômes: déplacement difficile, diminution des facultés de réaction, paraplégie, coma et mort). Les animaux portant plusieurs fœtus sont forcément plus sensibles à cette maladie. Celle-ci est encore favorisée par de mauvaises conditions de garde et par des stress (comme des changements d'alimentation et de locaux, des luttes hiérarchiques). Un apport énergétique excessif est également à éviter, car il augmente les risques de toxémie de gestation en diminuant la capacité d'ingestion. Un apport adéquat en énergie et la suppression des sources de stress représentent des mesures efficaces pour prévenir ce trouble métabolique.

Un apport énergétique adéquat est également important pour assurer une ingestion élevée. La distribution d'un fourrage de bonne qualité (>5.5 MJ NEL par kg de MS) en fin de gestation permet d'augmenter le niveau d'ingestion de la chèvre et de diminuer l'apport de céréales. Ces mesures vont aussi avoir des effets positifs sur la capacité d'ingestion après la parturition.

12.3.2 Bouc

En dehors de la saison de saillie, le bouc a des besoins en énergie supérieurs d'environ 5 % à ceux d'une chèvre de même poids vif (tab. 12.6). Durant la saison de lutte, ses besoins sont majorés d'environ 15 % par rapport aux besoins d'entretien. Comme son appétit diminue généralement durant cette période, une complémentation de la ration avec 300 à 600 g de céréales est bénéfique.

12.3.3 Chevreux d'élevage (chevreau et chevrette)

Les apports recommandés sont calculés pour que la chevrette d'élevage atteigne un poids vif de 32 kg à 7 mois (tab. 12.7). Elle est alors suffisamment développée pour être saillie. Parce que l'évolution du poids dépend de différents facteurs, comme l'âge au sevrage, l'alimentation, la race, les apports doivent être adaptés aux conditions de chaque exploitation.

Le premier aliment des chevreux doit être le colostrum maternel. Grâce à ses teneurs élevées en protéines, en matière grasse, en minéraux, en vitamines et en anticorps, ce lait peut contribuer à réduire fortement les pertes de chevreux. Ensuite, selon les conditions d'exploitation, les chevreux reçoivent du lait de chèvre, de vache ou un aliment d'allaitement. L'âge au sevrage et la méthode de sevrage sont encore l'objet de discussions. Le tableau 12.1 donne deux exemples de plans d'alimentation jusqu'au sevrage.

12.4 Bibliographie

♥ [Arrigo Y., Python P., Müller M., 2013. Les recommandations d'ingestion pour les chèvres évitent le gaspillage. Forum Petits ruminants, 10, 15-18.](#)

Giger-Reverdin S. and Gihad E. A., 1991. Water metabolism and intake in goats. In: Goat nutrition. Pudoc, Wageningen. 37-45.

I.T.O.V.I.C., 1982. Pratique de l'alimentation des caprins. Fontag Press, Limoges. 104 p.

♥ Kessler J., 1984. Apports recommandés pour les caprins. Dans: Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritives des aliments pour les ruminants, 2^e édition. LmZ, Zollikofen. 89-105.

Morand-Fehr P., Sauviant D. et Brun-Bellut J., 1987. Recommandations alimentaires pour les caprins. Bull. Tech. G.R.Z.V. Theix, INRA 70, 213-222.

Morand-Fehr P. et Sauviant D., 1988. Alimentation des caprins. Dans: Alimentation des bovins, ovins et caprins. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 282-304.

Sanz Sampelayo M. R., Bas P. and Schmidely P., 1991, Energy nutrition in growing goats. In: Goat nutrition. Pudoc, Wageningen. 73-81.

Sauviant D. and Morand-Fehr P., 1991. Energy requirements and allowances of adult goats. In: Goat nutrition. Pudoc, Wageningen. 61-72.

12.5 Tableaux

Tableau 12.1. Plans d'alimentation pour chevrettes d'élevage

Exemple Agroscope	
Période	lait de chèvre ou de vache l/jour
1 ^{er} jour	colostrum
1 ^{re} semaine	jusqu'à 1.0
2 ^e semaine	1.5
3 ^e semaine	2.0
jusqu'à 18 kg PV	2.0
de 18 à 22 kg PV	1.0
23 kg PV	sevrage
foin à volonté à partir de la 3 ^e semaine ; aliment concentré d'élevage à partir de 18 kg PV (max. 0.3 kg par jour)	

Exemple (I.T.O.V.I.C)		
Période	lait de chèvre l/jour	aliment d'allaitement l/jour
jusqu'au 4 ^e jour	max. 1.5	-
5 ^e jour	1.0	0.5
6 ^e jour	0.75	0.75
7 ^e jour	0.50	1.0
8 ^e au 9 ^e jour	-	max. 1.5
10 ^e au 49 ^e jour	-	max. 1.7
50 ^e jour	-	sevrage

L'aliment d'allaitement pour chevreaux d'élevage devrait contenir 150 à 250 g de matière grasse de bonne qualité et 200 à 250 g de matière azotée par kg de MS. La température de la buvée est en général de 35 à 42°C. Parfois du lait froid (14 à 18°C) est aussi distribué.

Tableau 12.2. Valeurs de base pour le calcul des besoins en énergie et en PAI

	Energie MJ NEL	PAI g
Entretien par kg PV ^{0.75}	0.268	2.3
Entretien 4 ^e mois par kg PV ^{0.75}	0.292	3.7
+ gestation 5 ^e mois par kg PV ^{0.75}	0.328	5.0
Lactation par kg lait à 3.5 % MG	2.73	45
Variation de poids: gain de poids par kg	28	100
perte de poids par kg	26	

Tableau 12.5.1 Apports alimentaires recommandés pour la chèvre au début de la lactation: 1^{er} mois

PV kg	Lait kg/j	Apports journaliers							Cons. moy. MS kg/j
		NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	K g	
50	1	6.8	88	6.0	3.5	2.0	1.5	6.0	1.3
	2	8.6	133	10.0	5.0	3.0	2.0	8.5	1.6
	3	10.4	156	13.5	7.0	4.0	2.5	11.0	1.9
	4	12.2	201	17.0	8.5	4.5	2.5	13.5	2.1
	5	14.9	234	20.5	10.5	5.5	3.0	16.5	2.5
	6	17.7	279	24.0	12.0	6.5	3.5	19.0	2.7
60	1	7.6	95	6.5	3.5	2.5	2.0	6.5	1.5
	2	9.4	140	10.0	5.0	3.0	2.5	9.0	1.7
	3	11.2	163	13.5	7.0	4.0	2.5	12.0	2.0
	4	13.0	208	17.5	9.0	5.0	3.0	14.5	2.3
	5	15.7	241	21.0	10.5	6.0	3.5	17.0	2.6
	6	18.4	286	24.5	12.0	6.5	4.0	20.0	2.8
70	1	8.3	101	6.5	4.0	2.5	2.0	7.0	1.6
	2	10.1	146	10.0	5.5	3.3	2.5	10.0	1.8
	3	11.9	169	14.0	7.5	4.0	3.0	12.5	2.1
	4	13.7	214	17.5	9.0	5.0	3.5	15.5	2.4
	5	16.4	247	21.5	11.0	6.0	4.0	18.0	2.7
	6	19.1	292	24.5	12.5	6.5	4.0	21.0	2.9
80	1	9.0	107	7.0	4.0	3.0	2.5	8.0	1.8
	2	10.8	152	10.5	6.0	3.5	3.0	10.5	2.0
	3	12.6	175	14.0	7.5	4.5	3.0	13.5	2.2
	4	14.3	220	17.5	9.1	5.1	3.5	16.5	2.5
	5	17.1	253	21.5	11.0	6.0	4.0	19.0	2.9
	6	19.8	298	25.0	12.5	7.0	4.5	22.0	3.0

Tableau 12.5.2 Apports alimentaires recommandés pour la chèvre au début de la lactation: 2^e mois

PV kg	Lait kg/j	Apports journaliers							Cons. moy. MS kg/j
		NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	K g	
50	1	7.3	88	6.5	3.5	2.5	1.5	6.0	1.4
	2	9.6	133	10.0	5.5	3.0	2.0	8.5	1.7
	3	11.8	178	13.5	7.0	4.0	2.5	11.0	2.0
	4	14.1	223	17.0	9.0	5.0	3.0	13.5	2.3
	5	16.8	268	21.0	10.5	6.0	3.0	16.5	2.6
	6	19.6	313	24.5	12.5	6.5	3.5	19.0	2.9
60	1	8.0	95	6.5	4.0	2.5	2.0	6.5	1.6
	2	10.3	140	10.0	5.5	3.5	2.5	9.0	1.8
	3	12.6	185	13.5	7.0	4.0	2.5	12.0	2.1
	4	14.8	230	17.5	9.0	5.0	3.0	14.5	2.4
	5	17.6	275	21.0	11.0	6.0	3.5	17.0	2.7
	6	20.3	320	25.0	12.5	7.0	4.0	20.0	3.0
70	1	8.8	101	7.0	4.0	2.5	2.0	7.0	1.7
	2	11.0	146	10.5	5.5	3.5	2.5	10.0	1.9
	3	13.3	191	14.0	7.5	4.5	3.0	12.5	2.2
	4	15.6	236	17.5	9.0	5.0	3.5	15.5	2.5
	5	18.3	281	21.5	11.0	6.0	4.0	18.0	2.8
	6	21.0	326	25.0	12.5	7.0	4.0	21.0	3.1
80	1	9.4	107	7.5	4.5	3.0	2.5	8.0	1.9
	2	11.7	152	10.5	6.0	3.5	3.0	10.5	2.0
	3	14.0	197	14.0	7.5	4.5	3.5	13.5	2.3
	4	16.2	242	18.0	9.5	5.5	3.5	16.5	2.6
	5	19.0	287	22.0	11.0	6.5	4.0	19.0	3.0
	6	21.7	332	25.5	12.5	7.0	4.5	22.0	3.2

Tableau 12.5.3 Apports alimentaires recommandés pour la chèvre en lactation: 3^e mois et suivant

PV kg	Lait kg/j	Apports journaliers							Cons. moy. MS kg/j
		NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	K g	
50	1	7.8	88	6.5	3.5	2.5	1.5	6.0	1.5
	2	10.5	133	10.0	5.5	3.5	2.0	8.5	1.8
	3	13.2	178	14.0	7.0	4.0	2.5	11.0	2.1
	4	16.0	223	17.5	9.0	5.0	3.0	13.5	2.4
	5	18.7	268	21.0	11.0	6.0	3.5	16.5	2.7
	6	21.4	313	25.0	12.5	7.0	3.5	19.0	3.0
60	1	8.5	95	7.0	4.0	2.5	2.0	6.5	1.7
	2	11.2	140	10.5	5.5	3.5	2.5	9.0	1.9
	3	14.0	185	14.0	7.5	4.5	2.5	12.0	2.2
	4	16.7	230	17.5	9.0	5.0	3.0	14.5	2.5
	5	19.4	275	21.5	11.0	6.0	3.5	17.0	2.8
	6	22.2	320	25.5	12.5	7.0	4.0	20.0	3.2
70	1	9.2	101	7.0	4.0	3.0	2.0	7.0	1.8
	2	11.9	146	10.5	6.0	3.5	2.5	10.0	2.0
	3	14.7	191	14.0	7.5	4.5	3.0	12.5	2.3
	4	17.4	236	18.0	9.0	5.5	3.5	15.5	2.6
	5	20.1	281	21.5	11.0	6.0	4.0	18.0	2.9
	6	22.9	326	25.5	13.0	7.0	4.0	21.0	3.3
80	1	9.9	107	7.5	4.5	3.0	2.5	8.0	1.9
	2	12.6	152	11.0	6.0	3.5	3.0	10.5	2.1
	3	15.4	197	14.5	7.5	4.5	3.0	13.5	2.4
	4	18.1	242	18.0	9.5	5.5	3.5	16.5	2.7
	5	20.8	287	22.0	11.0	6.5	4.0	19.0	3.0
	6	23.5	332	26.0	13.0	7.5	4.5	22.0	3.4

Tableau 12.6. Apports alimentaires recommandés pour le bouc

PV kg	Apports journaliers						Cons. moy. MS kg/j
	NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	
Entretien							
50	5.2	44	2.5	1.5	1.5	1.0	1.1
60	6.0	50	2.5	2.0	1.5	1.0	1.2
70	6.8	56	3.0	2.0	2.0	1.5	1.4
80	7.6	62	3.5	2.5	2.0	1.5	1.6
90	8.4	68	3.5	3.5	2.0	1.5	1.7
100	9.2	74	4.0	3.0	2.5	2.0	1.9
110	9.9	79	4.5	3.0	2.5	2.0	2.0
Lutte							
50	6.0	50	2.5	1.5	1.5	1.0	1.1
60	6.9	58	2.5	2.0	1.5	1.0	1.2
70	7.8	65	3.0	2.0	2.0	1.5	1.4
80	8.7	72	3.5	2.5	2.0	1.5	1.6
90	9.6	79	3.5	2.5	2.0	1.5	1.7
100	10.5	85	4.0	3.0	2.5	2.0	1.9
110	11.4	91	4.5	3.0	2.5	2.0	2.0

Tableau 12.7. Apports alimentaires recommandés pour les chevreaux d'élevage

Age mois	PV kg	ΔPV g/j	Apports journaliers						Cons. moy. MS kg/j
			NEL MJ	PAI g	Ca g	P g	Mg g	Na g	
2	12	180	3.6	70	5.5	2.0	1.0	0.5	0.5
3	17	180	4.0	68	5.5	2.0	1.0	0.5	0.6
4	21	140	4.3	66	5.0	2.0	1.0	0.5	0.7
5	25	140	4.6	63	5.0	2.0	1.5	0.5	0.8
6	28	110	4.8	60	4.5	2.0	1.5	0.5	0.9
7	30	70	5.0	56	4.0	2.0	1.5	0.5	1.0

Tableau 12.8. Apports recommandés en oligo-éléments et vitamines pour la chèvre

Oligo-éléments en mg/kg MS de ration			Vitamines		
	Lactation	Tarissement			
Co	0.2	0.1	Vitamine A	IU/j	3'500 – 11'000 ³⁾
Cu ¹⁾	8	8	Vitamine D	IU/j	250 – 1'500
Fe	40	40	Vitamine E	IU/j	5 – 100 ³⁾
I ²⁾	0.6	0.4			
Mn	40	40			
Se	0.1	0.2			
Zn	50	40			

¹⁾ Ration avec >3.0 mg Mo /kg MS ou avec >3.5 g S /kg MS: concentration x 1.5
²⁾ Ration avec forte présence de substances goitrigènes: concentration x 2
³⁾ Valeur supérieure pour animaux avec production élevée

12.6 Figure

Figure 12.1. Courbes de lactation standard de la chèvre

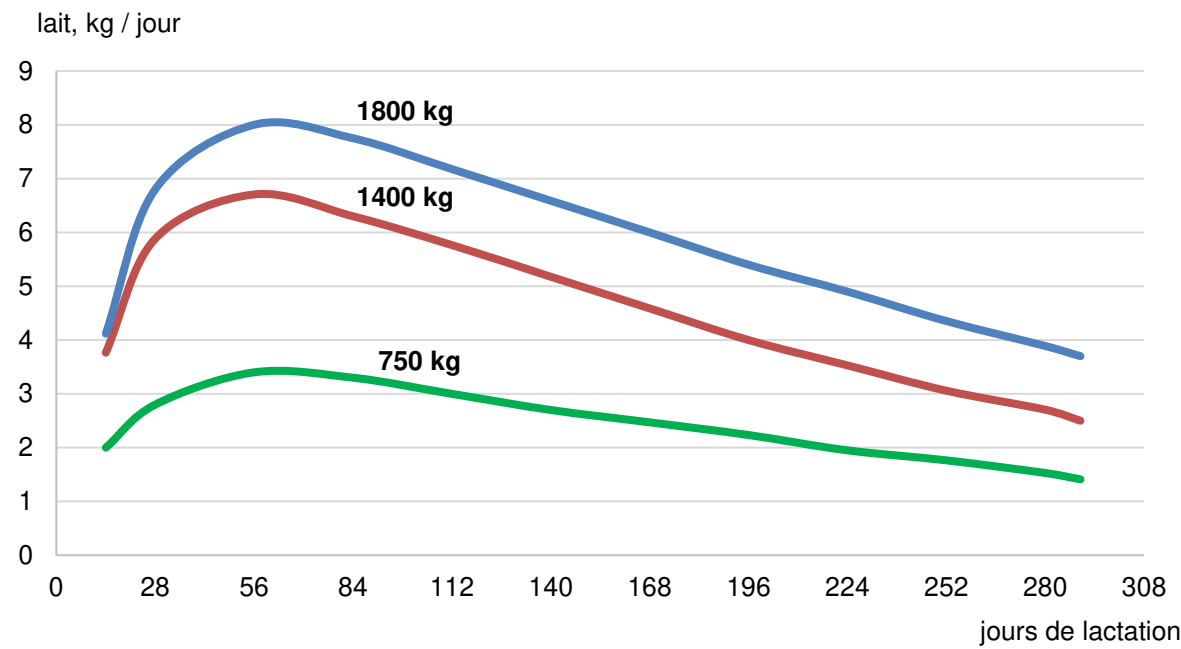


Figure 12.2. Évolution moyenne des teneurs du lait de la chèvre primipare et adulte (résultats de 250 lactations obtenues à la Station de recherche Agroscope à Posieux)

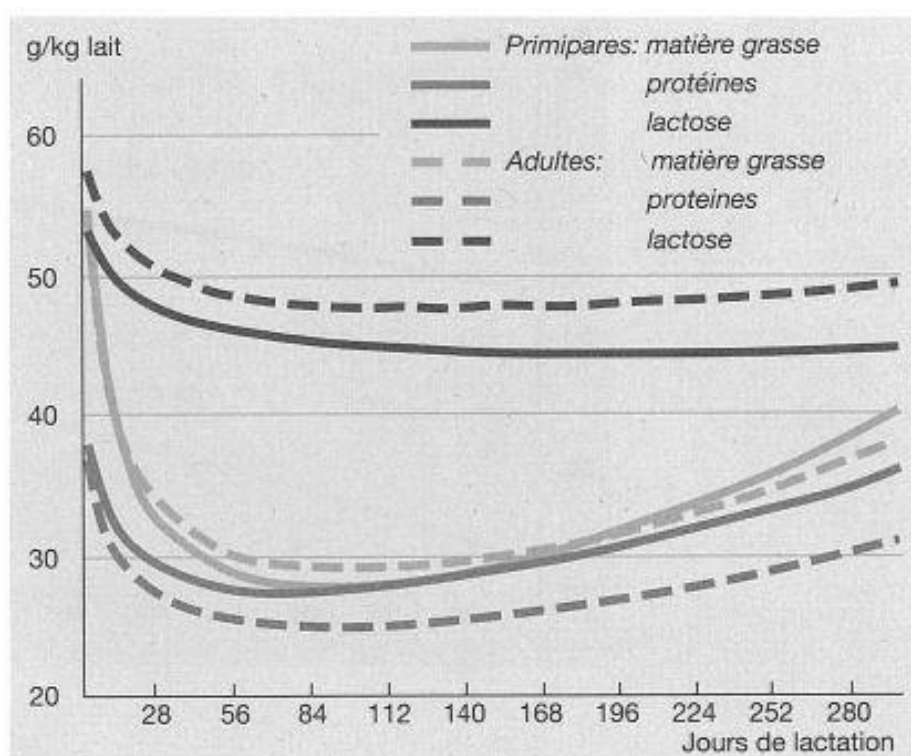
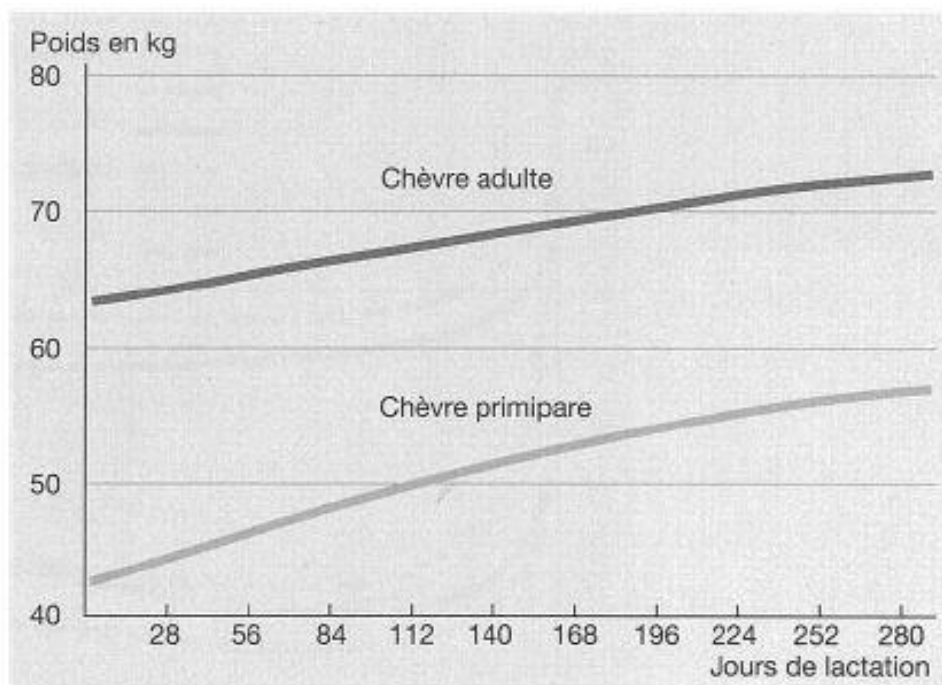


Figure 12.3. Évolution moyenne du poids de la chèvre primipare et adulte (résultats obtenus avec plus de 300 animaux à la Station de recherche Agroscope à Posieux)



Version: Octobre 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: R. Daccord, J. Kessler, révision 2009 Y. Arrigo et Elise Frioud

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence.

13. Valeur nutritive des fourrages

Roger Daccord, Ueli Wyss, Jürg Kessler, Yves Arrigo, Monique Rouel, Josef Lehmann, Bernard Jeangros, Marco Meisser

Table des matières

13.	Valeur nutritive des fourrages	2
13.1.	Actualisation 2006.....	2
13.2.	Typologie des prairies	3
13.3.	Stade de développement	4
13.4.	Valeur nutritive des fourrages	6
13.4.1.	Teneurs en matière azotée et cellulose brute	6
13.4.2.	Digestibilité de la matière organique	6
13.4.3.	Digestibilité de la matière azotée	7
13.4.4.	Valeur énergétique	7
13.4.5.	Valeur azotée.....	8
13.4.6.	Minéraux.....	10
13.5.	Tables de la valeur nutritive des fourrages	10
13.5.1.	Corrections pour tenir compte des conditions de récolte et de conservation	11
13.6.	Bibliographie	13



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

13. Valeur nutritive des fourrages

Les fourrages sont les aliments constitués par l'ensemble des parties aériennes des plantes fourragères provenant des prairies permanentes et temporaires, des cultures fourragères annuelles et des cultures céréalières. On distingue 5 classes:

1. fourrages verts,
2. fourrages ensilés,
3. fourrages secs,
4. fourrages déshydratés artificiellement,
5. pailles et rafles.

13.1. Actualisation 2006

Roger Daccord, Yves Arrigo et Ueli Wyss, Agroscope Liebefeld-Posieux
Bernard Jeangros et Marco Meisser, Agroscope Changins-Wädenswil

Introduction : Les tables de la valeur nutritive du fourrage des prairies et leurs annexes, telles que publiées dans le Livre Vert (ALP 1999) et dans la fiche technique no 3 de l'ADCF (1995), sont un outil efficace pour estimer de manière suffisamment précise la valeur nutritive de l'herbe et de ses conserves. Accompagnant les tables, les équations de régression pour prédire la digestibilité de la matière organique (dMO) du fourrage à partir de paramètres chimiques simples, comme la matière azotée et la cellulose brute, permettent sur la base des résultats d'analyses de calculer une valeur nutritive semblable à celle rapportée dans les tables, pour autant que les critères d'estimation comme la composition botanique et le stade de développement aient été correctement appréciés.

Conduit à la fin des années 90, un grand projet de recherche (Jeangros et al., 2001, Daccord et al., 2001a et b, 2002, 2003, Schubiger et al., 2001) a fourni assez d'éléments pour effectuer une actualisation des tables de la valeur nutritive du fourrage des prairies du Livre Vert et de quelques graminées et légumineuses fourragères.

Principales améliorations

- Les principaux groupes de prairies restent inchangés. Néanmoins, le groupe D (prairie riche en diverses autres plantes) comprend maintenant 2 types :
 - le type **D_F** : prairie riche en autres plantes à **feuilles** et tiges fines, où domine par exemple la dent-de-lion,
 - le type **D_T** : prairie riches en autres plantes à **tiges** grossières, où dominent par exemple les ombellifères.
- Les 7 stades de développement sont plus faciles à évaluer grâce à la prise en compte de nouvelles plantes de référence (vulpin, fléole, renoncule âcre, trèfle violet).
- La composition chimique est complétée par les teneurs en parois (PAR = NDF), en lignocellulose (LC = ADF) et en sucres (SU = glucides hydrosolubles). La teneur en 9 acides aminés est rapportée pour le fourrage vert seulement, les données n'étant pas encore assez nombreuses pour les fourrages conservés.
- Le projet de recherche cité plus haut a démontré que la dMO des stades 1 et 2 (très précoce et précoce) rapportée dans les tables du Livre Vert était souvent un peu surévaluée. Elle est maintenant légèrement plus basse, en particulier pour le type L (riche en légumineuses). En conséquence, les valeurs énergétiques correspondantes baissent légèrement.
- Les équations de régression pour prédire la dMO sont maintenant basées sur la cellulose brute ou sur la lignocellulose (ADF).
- Les équations de prédiction de la dégradabilité de la matière azotée (deMA) et de la digestibilité des acides aminés d'origine alimentaire (dAAA) ont été actualisées sur la base de résultats récemment publiés (Gosselink, 2004; Nozières et al., 2005). L'utilisation de ces nouvelles équations a des conséquences mineures sur les teneurs en protéines absorbables dans l'intestin PAIE et PAIN.

13.2. Typologie des prairies

La typologie complexe des prairies s'appuie sur 4 groupes principaux, différenciés selon la proportion de graminées, de légumineuses et d'autres plantes (tab. 13.1). Suivant les espèces qui dominent la composition botanique, 3 groupes sont encore subdivisés, ce qui permet de distinguer 7 types de prairie. Ceux-ci sont assez différents pour qu'on puisse leur attribuer des valeurs nutritives spécifiques.

Tableau 13.1: Caractéristiques des types de prairie

Groupes de prairie	Principales caractéristiques	Principales espèces	Types
Prairie riche en graminées	Plus de 70 % de graminées	Graminées autres que ray-grass	G
		Ray-grass > 50 %	G_R
Prairie équilibrée	Entre 50 et 70 % de graminées	Graminées autres que ray-grass	E
		Ray-grass > 50 %	E_R
Prairie riche en légumineuses	Plus de 50 % de légumineuses	Trèfle violet Trèfle blanc	L
Prairie riche en autres plantes	Plus de 50 % d'autres plantes	Principalement plantes à feuilles fines comme la dent-de-lion	D_F
		Principalement plantes à tiges grossières comme la grande berce et l'anthriscue	D_T

Type G: prairies riches en graminées. La proportion de graminées dépasse 70 % de la biomasse. Les graminées importantes sont le dactyle, le vulpin, les pâturins, la fléole, le fromental, l'avoine jaunâtre (en altitude). Ce sont des espèces dont la dMO diminue rapidement avec l'avancement du stade de développement. Ainsi, la valeur énergétique du fourrage sec de ce type est la plus faible au stade très tardif (3,8 MJ NEL/kg MS). A ce stade, il a la teneur la plus élevée en constituants pariétaux (cellulose brute, parois et lignocellulose) et la teneur la plus basse en matière azotée (65 g/kg MS). Cette dernière est alors insuffisante pour assurer un apport adéquat d'azote aux micro-organismes de la panse. Le type G a également les teneurs les plus basses en sucres et en minéraux (Ca, P, Mg, K).

Les valeurs nutritives du type G ne sont pas valables lorsque la prairie contient de fortes proportions de graminées de faible valeur, comme le chiendent (*Agropyron repens*), la houlque laineuse (*Holcus lanatus*) ou le nard raide (*Nardus stricta*).

Type GR: prairies riches en graminées dominées par les ray-grass. Le ray-grass anglais est souvent prépondérant. Cette graminée a une dMO qui reste élevée jusqu'à un stade moyen, ce qui confère à ce type une bonne valeur énergétique. Sa teneur élevée en sucres donne à ce type les teneurs en sucres les plus importantes.

Type E: prairies équilibrées. La proportion de graminées se situe entre 50 et 70 %, proportion qui a tendance à augmenter avec l'avancement du stade. Les graminées sont les mêmes que celles indiquées pour le groupe G. Les légumineuses sont souvent représentées par le trèfle blanc, les autres plantes par la dent-de-lion. C'est le type le plus fréquent. Aux stades précoces, les valeurs énergétique et azotée sont élevées. Grâce à la présence du trèfle blanc, ces valeurs diminuent moins rapidement avec l'avancement du stade de développement qu'avec le type G.

Type ER: prairies équilibrées dominées par les ray-grass. Le ray-grass anglais et parfois le ray-grass d'Italie sont les principales graminées. Ils donnent à ce type une valeur énergétique un peu plus élevée et qui diminue moins vite que dans le type E.

Type L: prairies riches en légumineuses. Ces prairies contiennent plus de 50 % de légumineuses. Ce sont souvent des prairies temporaires riches en trèfle violet ou en luzerne. Le trèfle blanc peut aussi jouer un rôle important. Les légumineuses marquent de leurs caractéristiques la valeur nutritive de ce type. Ses valeurs énergétique et azotée sont élevées, ainsi que sa teneur en calcium.

Type DF: prairies riches en autres plantes à feuilles fines. La proportion de ces plantes dépasse 50 % de la biomasse. La dent-de-lion est souvent fortement représentée, mais sa proportion diminue avec l'avancement du stade de développement. Aux stades précoces, la dent-de-lion confère à ce type une dMO élevée et ainsi une haute valeur énergétique, des teneurs faibles en constituants pariétaux et des teneurs élevées en P, Mg et K.

Type DT: prairies riches en autres plantes à tiges grossières. Souvent le résultat d'une fumure trop intensive par rapport à la fréquence d'utilisation, ce type est par exemple dominé par des ombellifères comme la grande berce (*Heracleum sphondylium*) et l'anthriscus sauvage (*Anthriscus sylvestris*). En montagne, d'autres espèces telles que le géranium des bois (*Geranium sylvaticum*) et la renouée bistorte (*Polygonum bistorta*) peuvent occuper une part importante de la composition botanique. Les ombellifères ont des parois dont la proportion et la lignification deviennent importantes avec l'avancement du stade. Déjà moins élevée aux stades précoces, la valeur nutritive de ce type diminue plus rapidement que celle du type DF.

Attention: L'identification de chacun de ces types de prairie est **importante** parce qu'elle permet de leur attribuer une valeur nutritive caractéristique donnée dans les tables ou, lors d'analyses chimiques, d'utiliser les équations spécifiques pour prédire leur dMO et ainsi calculer des valeurs énergétique et azotée proches de la réalité.

Espèces fourragères en culture pure: Parmi les graminées, 4 espèces ont été prises en compte (dactyle, ray-grass anglais, ray-grass d'Italie et vulpin) et parmi les légumineuses, 3 espèces (trèfle blanc, trèfle violet et luzerne). Les valeurs nutritives de ces espèces découlent directement des résultats obtenus dans le projet de recherche cité plus haut. Comme graminée, le maïs plante entière a été inclus parce qu'il est souvent utilisé en complément du fourrage des prairies et des cultures pures. Sa valeur nutritive a été actualisée sur la base de résultats obtenus à la station Agroscope Liebefeld -Posieux et de la synthèse publiée par Andrieu et Baumont (2000).

13.3. Stade de développement

Les 7 stades de développement des prairies et des espèces fourragères en culture pure sont définis à la 1^{ère} utilisation par le stade phénologique de plantes de référence ou, pour les repousses, par l'âge du fourrage (tab. 13.2).

Tableau 13.2 estimation du stade de développement de la prairie suivant le stade phénologique de plantes de référence à la première utilisation ou selon l'âge des repousses

Stade de développement			1 très précoce	2 précoce	3 mi- précoce	4 moyen	5 mi- tardif	6 tardif	7 très- tardif
Intensité d'exploitation			intensif			mi- intensif		peu intensif	
Première utilisation au printemps	Plante de référence	Dactyle et ray-grass anglais	Tallage → début montaison	Montaison (stade pâture)	Début épiaison	Pleine épiaison	Fin épiaison	Floraison	Fructification (formation des graines)
		Vulpin Graminée précoce	Montaison (stade pâture)	Début épiaison	Pleine à fin épiaison	Fin épiaison → début floraison	Floraison → fructification	Fructification	Fructification → dispersion des graines
		Fléole Graminée tardive	Tallage	Tallage → début montaison	Montaison (stade pâture)	Montaison → début épiaison	Début à pleine épiaison	Pleine épiaison	Fin épiaison
		Trèfle violet	Stade végétatif	Boutons floraux visibles	Montaison des boutons floraux	Début floraison	Pleine floraison	Fin floraison	Début fructification
		Dent-de-lion	Boutons floraux visibles	Début floraison (qq. fleurs ouvertes)	Pleine à fin floraison	Hampes avec graines (qq. hampes nues)	Hampes nues, se desséchant	-	
		Renoncule âcre	Boutons floraux visibles	Début montaison des boutons floraux	Début floraison	Pleine floraison	Fin floraison	Fructification → dispersion des graines	Dispersion des graines
	Epoque ¹	Jusqu'à 600 m	Début avril à mi-avril	Mi-avril à fin avril	Fin avril à début mai	Début mai à mi-mai	Mi-mai à fin mai	Fin mai à début juin	Début juin à fin juin
		Au-dessus de 600 m	Retard de 3 à 5 jours pour une élévation de 100 m d'altitude (exposition sud et vallée à föhn: plutôt 3 jours; revers: plutôt 5 jours)						
Age du fourrage en semaines ²									
Repousses	Jusqu'à 600 m: repousses d'été autres repousses	3 3-4	4 5-7	5-6 8-9	7-8 10 et plus	9-10 -	11 et plus -	- -	
	Au-dessus de 600 m: toutes les repousses	3-4	5-7	8-9	10 et plus	-	-	-	

¹ valable pour les prairies permanentes (les prairies temporaires ont un développement phénologique retardé d'une semaine environ)

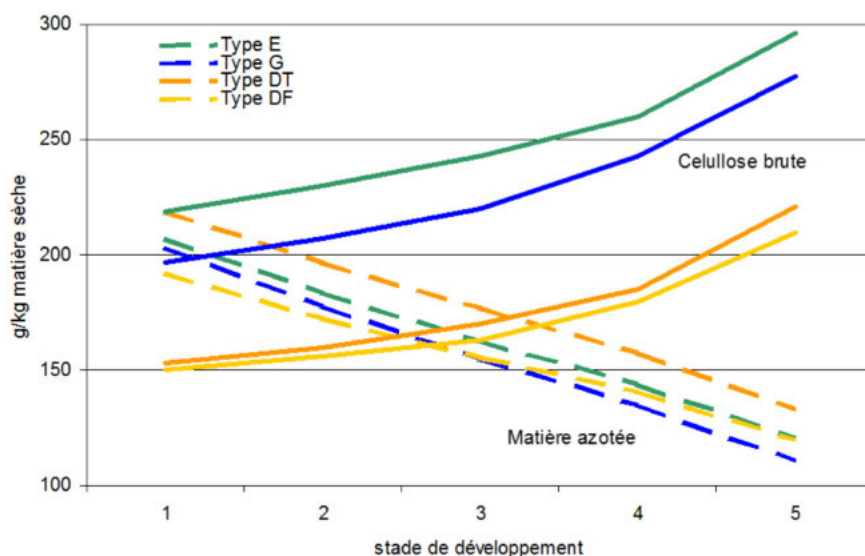
² pour les prairies dominées par le ray-grass d'Italie, se référer pour les repousses au stade de développement de cette graminée et non à l'âge du fourrage.

13.4. Valeur nutritive des fourrages

13.4.1. Teneurs en matière azotée et cellulose brute

L'évolution des teneurs en matière azotée et en cellulose brute de l'herbe avec la progression du stade de développement est bien connue : tandis que la première diminue, la seconde augmente (fig. 13.1). Parmi les types standard de prairies, c'est l'herbe de type G qui a les teneurs les plus élevées en cellulose brute et l'herbe des types D, les teneurs les plus basses. Pour une même teneur en cellulose brute, les équations spécifiques tiennent compte d'une digestibilité de l'herbe de type Df plus élevée et pour DG similaire à celle de l'herbe des autres types.

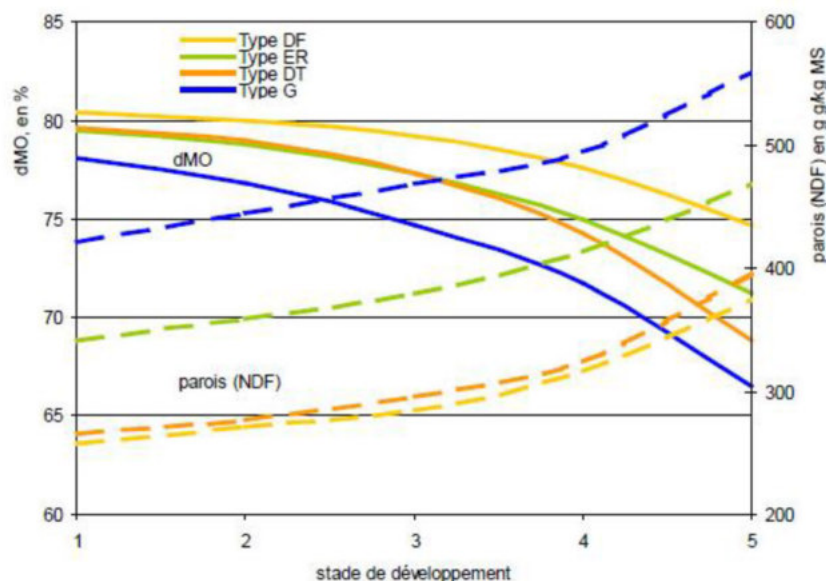
Figure 13.1. Evolution des teneurs en matière azotée et en cellulose brute de l'herbe de différents types botaniques



13.4.2. Digestibilité de la matière organique

La digestibilité de la matière organique (dMO) des fourrages est fortement liée à celle de leurs parois (NDF) (Grenet et Demarquilly 1987, Jarrige 1981). Les parois représentent de 30 à 80 % de la matière sèche de la partie végétative des plantes fourragères. Elles sont dégradées principalement par les microorganismes de la panse. L'importance de cette dégradation conditionne la digestibilité et l'ingestibilité des fourrages. Avec l'herbe, les valeurs les plus élevées de la dMO sont observées dans les types DF, ER et D T, les plus basses dans le type G (fig. 13.2).

Figure 13.2. Evolution de la digestibilité de la matière organique et de la teneur en parois de l'herbe de différents types botaniques



Il est évident que des critères aussi simple que la teneur en cellulose brute ne peuvent pas expliquer avec précision la grande variation de la dMO des fourrages. Développée depuis plus d'un siècle, l'analyse de la cellulose brute reste encore aujourd'hui l'analyse standard des glucides pariétaux. Les analyses plus modernes, comme celles proposées par Van Soest (NDF= parois et ADF=lignocellulose), permettent de mieux définir les divers constituants pariétaux des fourrages ; cependant, elles n'augmentent pas de manière significative la précision pour estimer la dMO des fourrages communément utilisés dans notre pays (Daccord et Arrigo résultats non publiés).

Les équations de régression servant à prédire la dMO des fourrages sont volontairement basées sur un nombre restreint de critères: la teneur en matière azotée, en cellulose brute ou en lignocellulose (voir chap. 15). Les équations ont été développées à partir de l'évolution de ces teneurs selon le stade de développement. Ces évolutions ont été modélisées sur la base de très nombreux résultats d'essais obtenus dans le cadre d'un projet commun mené par Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART et Agroscope Liebefeld-Posieux ALP. Pour chaque type de prairie la dMO est la synthèse des dMO déterminées sur des espèces pures aux différents stades.

Pour les fourrages conservés, soit les ensilages, les fourrages secs (foin comme terme général englobant le regain) et les fourrages déshydratés artificiellement, l'évolution de leurs teneurs est basée sur celle de l'herbe dont ils sont issus. Cette évolution a été corrigée à l'aide de relations reposant sur des données expérimentales d'Agroscope Liebefeld-Posieux ALP qui permettent de comparer les teneurs de l'herbe et de ses conserves. Les ensilages d'herbe ont des teneurs en matière azotée, en cellulose brute, en lignocellulose et en cendres plus importantes que celles de l'herbe dont ils sont issus. Cette augmentation est due à la diminution de la teneur en glucides hydrosolubles qui sont fermentés par les microorganismes et dégradés en acide lactique et en acides gras volatils. Les fourrages secs ont des teneurs légèrement diminuées en matière azotée et en cendres et des teneurs plus élevées en constituants pariétaux. Les causes de ces différences sont les pertes dues à la respiration de la plante qui continue après la fauche et les pertes de feuilles lors du fanage et à la récolte. Ces dernières sont plus élevées aux stades précoces et sur des prairies riches en légumineuses ou en autres plantes (type Df). Les pertes sont de moindre importance avec les fourrages déshydratés artificiellement.

13.4.3. Digestibilité de la matière azotée

La digestibilité de la matière azotée des fourrages n'est plus donnée dans les tables. Elle n'est plus utile dans l'estimation de la valeur azotée des fourrages, mais sa valeur demeure nécessaire dans le calcul de la valeur énergétique (voir chap. 15). Valables pour tous les fourrages sauf le maïs, deux équations de prédiction sont proposées, l'une pour les fourrages verts et ensilés, l'autre pour les fourrages secs.

13.4.4. Valeur énergétique

La valeur énergétique des fourrages dépend fortement de la dMO. L'évolution de cette dernière avec le stade de développement induit une évolution semblable de la valeur énergétique (fig. 13.3). La conservation par ensilage diminue moins la valeur énergétique de l'herbe que la fenaision (fig. 13.4).

Figure 13.3. Evolution de la valeur énergétique de prairie de différents types botaniques

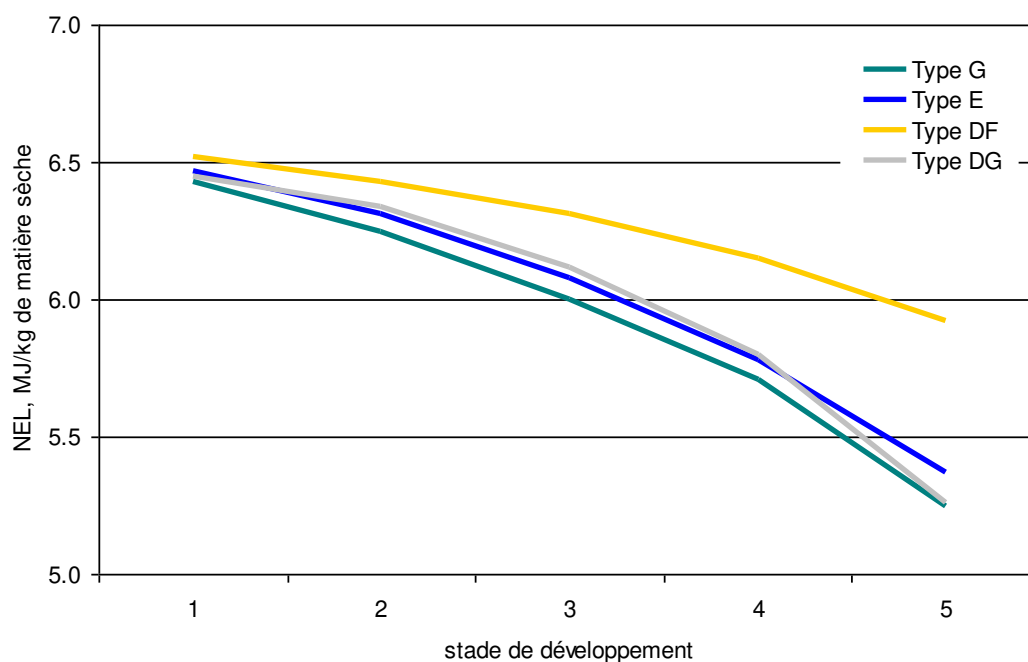
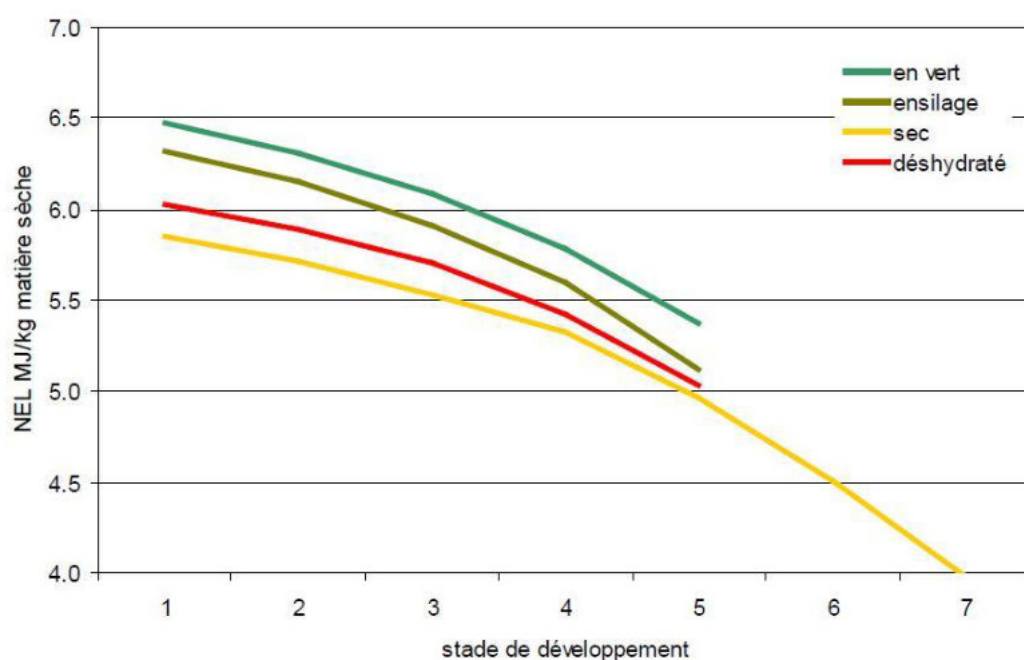


Figure 13.4. Influence du mode de conservation sur l'évolution de la valeur énergétique du fourrage d'une prairie de type E



13.4.5. Valeur azotée

La teneur en PAI des fourrages dépend de 4 critères : la teneur en matière organique fermentescible, la teneur en matière azotée, sa dégradabilité et la digestibilité des acides aminés. Si on considère les prairies standard, c'est l'herbe de type L qui a les teneurs en PAI les plus élevées et l'herbe de type G les teneurs les plus basses (fig. 13.5). La conservation, en particulier par ensilage, diminue fortement les teneurs en PAI de l'herbe (fig. 13.6).

Des équations de prédiction de la dégradabilité de la matière azotée de l'herbe et de ses conserves sont proposées. Elles sont basées sur des résultats suisses (Daccord résultats non publiés), français (Le Goffe, 1991; Ould-Bah, 1989) et hollandais (CVB, 1991). Le niveau de précision de cette prédiction est moyen ($R^2 = 0.50$ à 0.80). Il ne permet pas encore de moduler la dégradabilité selon la composition botanique, bien que les effets de celle-ci aient été observés.

Basée sur des résultats hollandais (CVB, 1991) et la thèse de Gosselink (2004), des équations de prédiction de la digestibilité des acides aminés ont été développées pour l'herbe et ses conserves. Pour le maïs plante entière une valeur de 72 % est retenue alors que pour tous les autres fourrages une valeur de 70 % est utilisée, en attendant des résultats plus précis.

Figure 13.5. Evolution de la teneur en PAIE de l'herbe de prairies de différents types botaniques

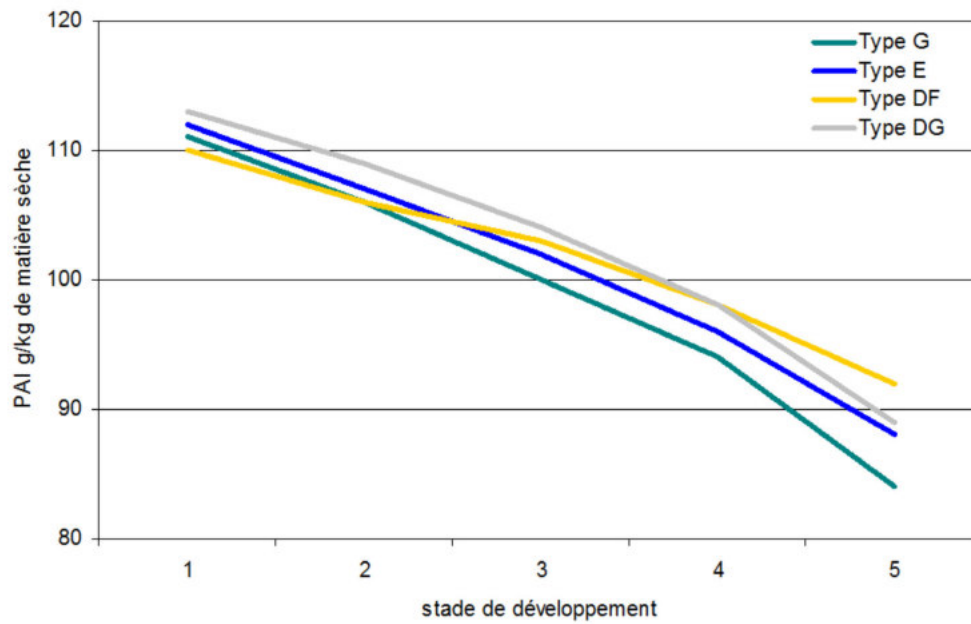
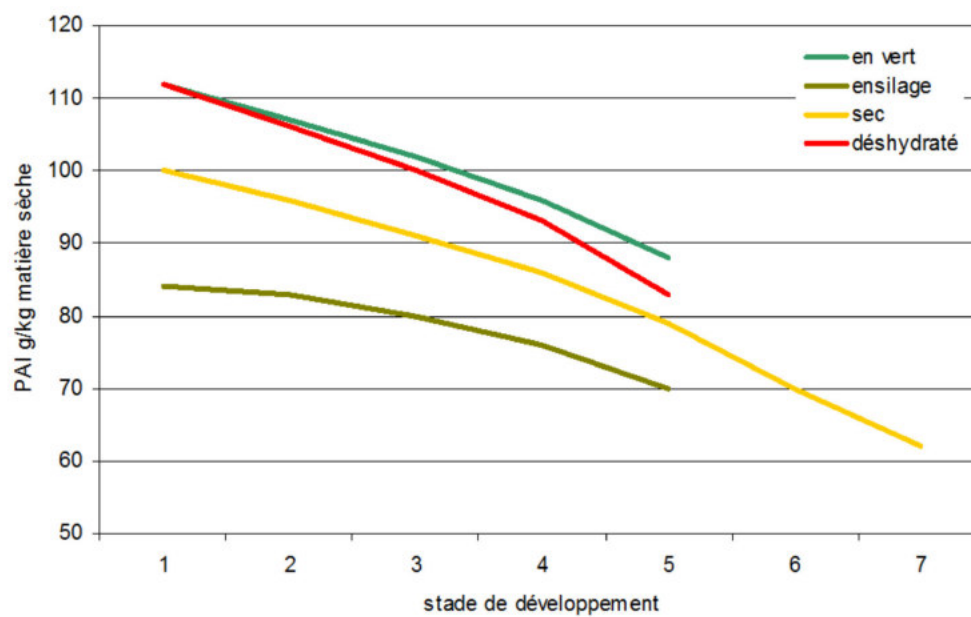


Figure 13.6. Influence du mode de conservation sur l'évolution de la teneur en PAIE du fourrage d'une prairie du type E



13.4.6. Minéraux

La teneur en minéraux des fourrages est influencée par de nombreux facteurs (tab. 13.3). Parmi ceux-ci, la composition botanique, le cycle et le stade de développement jouent un rôle dominant. Ces trois critères sont d'ailleurs utilisés pour caractériser les teneurs en minéraux des fourrages mentionnées dans les tables. D'autres facteurs comme la nature du sol, la fertilisation, la conservation, ont aussi des effets sur la teneur en minéraux, mais les connaissances actuelles ne permettent pas de les intégrer dans les tables ou de proposer des facteurs de correction.

Les teneurs en minéraux des fourrages sont basées principalement sur les résultats suisses (Kessler 1989, Daccord et al. 2001b). Lorsque ceux-ci faisaient défaut, les valeurs des tables allemandes (DLG 1973) ont été utilisées.

Tableau 13.3 Facteurs influençant les teneurs en minéraux des fourrages

Sol:	teneur en minéraux, caractéristiques chimiques et physiques
Climat:	pluviométrie, température, exposition
Fumure:	qualité et quantité des éléments apportés fréquence des apports
Composition botanique:	proportion de graminées, de légumineuses et d'autres plantes; partenaires dans le mélange
Stade de développement:	début épiaison, pleine épiaison
Cycle de végétation:	numéro de la pousse, saison
Mode de conservation:	ensilage direct ou préfané, fourrage sec

Les teneurs des fourrages en **calcium** et en **magnésium** sont peu influencées par le stade de développement. Ainsi, une seule valeur est donnée pour tous les stades. Par contre, le premier cycle se différencie des suivants; les tables en tiennent compte. La teneur en **phosphore** varie selon le stade de développement et peu selon les cycles dont les effets sont moindres que pour le Ca et le Mg; c'est pourquoi les cycles ne sont plus distingués. Sur la base des données existantes, une prise en compte des effets du stade et des cycles sur la teneur en **sodium** ne se justifie pas. Avec le **potassium**, le stade a une influence marquée, tandis que les cycles ne peuvent pas être différenciés avec les données actuelles. Les effets de la fumure sur sa teneur sont plus importants qu'avec les autres éléments majeurs. Ainsi, les valeurs mentionnées dans les tables peuvent être fortement dépassées lors d'une fumure potassique élevée.

Une utilisation adéquate des teneurs en minéraux des tables n'est possible que si les remarques mentionnées dans la dernière colonne sont considérées. Ces teneurs caractérisent des fourrages standard. Pour des fourrages particuliers, des analyses chimiques sont nécessaires.

13.5. Tables de la valeur nutritive des fourrages

Les 4 classes de fourrages (verts, ensilés, secs, déshydratés) sont partiellement subdivisées en:

- prairies permanentes et temporaires (mélanges standard),
- cultures pures de graminées et de légumineuses,
- céréales plantes entières,
- divers (protéagineux et mélanges à base de légumineuses, crucifères, autres plantes).

Les valeurs énergétiques et azotées ainsi que les valeurs nécessaires pour leur estimation sont rapportées dans les tables de référence de la valeur nutritive des fourrages. Celles-ci contiennent également des données sur les teneurs en minéraux majeurs et des références pour des informations supplémentaires données à la fin du chapitre.

Les tables sont éditées dans le fichier annexé en format Excel

Liens. [Valeur nutritive des fourrages](#)

13.5.1. Corrections pour tenir compte des conditions de récolte et de conservation

Les valeurs énergétiques et azotées rapportées dans les tables pour les fourrages ensilés et secs sont valables pour des conditions optimales de récolte et de conservation. Lorsque la réalité a été moins idéale, il est nécessaire de modifier ces valeurs (tab. 13.4 et 13.5). Ces corrections ne peuvent être qu'imprécises, mais elles permettent de se rapprocher des vraies valeurs.

Tableau 13.4. Correction des valeurs énergétiques et azotées des ensilages

Facteurs d'influence	NEL, NEV %	PAIE %	PAIN %
Teneurs en MS: < 20 %	-1	-6	0
Teneurs en MS: > 50 %	-1	+6	0
Qualité fermentaire ¹ : défectueuse mauvaise	-2 -5	-6 -15	0 -3
Attention: des ensilages de mauvaise qualité ne doivent pas être distribués à des vaches laitières.			
Postfermentations: ensilage légèrement échauffé (5 à 10°C de plus que la température ambiante)	-4	-15	-3
Attention: ne pas distribuer des ensilages fortement échauffés et/ou visiblement moisiss.			

¹ voir Wyss U., 2005. Appréciation de la qualité des ensilages. ALP actuel, no 18.

Une qualité défectueuse de l'ensilage a aussi une influence négative importante sur sa consommation.

Tableau 13.5. Correction des valeurs énergétiques et azotées des fourrages secs (foin et regain)

Facteurs d'influence	NEL, NEV %	PAIE %	PAIN %
Mode de séchage: séchage au sol	-4	-3	0
Condition météorologiques: 1 jour de pluie 2 jours de pluie et plus	-5 -8	-8 -15	-2 -3
Fermentation et échauffement excessifs: fourrage légèrement brun Fourrage brun, à odeur de roussi	0 -5	+3 -1	0 -2
Attention: ne pas distribuer un fourrage visiblement moisiss.			

Tableau 13.6. Corrections des teneurs en sucres des espèces pures si le cycle (pousses ou repousses) est connu

Espèces	Stades	Facteurs de correction	
		Pousses	Repousses
Dactyle	1 et 2	40	-15
	2 et 3	30	-15
Ray-grass anglais	1 et 2	130	-60
	2 et 3	70	-35
Ray-grass d'Italie	1 et 2	70	-45
	2 et 3	100	-55
Vulpin	1 et 2	45	-30
	2 et 3	20	-10

Version: Octobre 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: Roger Daccord, Ueli Wyss, Jürg Kessler, Yves Arrigo, Bernard Jeangros, Marco Meisser

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence

13.6. Bibliographie

- ♥ ADCF, 1995. Estimation du fourrage des prairies. Valeur nutritive et production de lait. Fiche technique no 3.
- Andrieu J. et Baumont R., 2000. Digestibilité et ingestibilité du maïs fourrage : facteurs de variation et prévision. *Fourrage*, 163, 239-252.
- Andrieu J., Demarquilly C. et Wegat-Litre E., 1981. Tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages. Dans: *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. INRA, Paris. 345-577.
- Andrieu J., Demarquilly C. et Sauvant D., 1988. Tables de la valeur nutritive des aliments. Dans: *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. R.Jarrige Ed. INRA, Paris. 365-464.
- Barrière Y. et Emile J.C., 2000. La maïs fourrage. III Evaluation et perspectives de progrès génétique sur les caractères de valeur alimentaire. *Fourrage*, 163, 221-238.
- CVB, 1991. Eiwitwaardering voor herkauwers: het DVE-System. Centraal Veevoederbureau, Lelystad. Reeks nr.7.
- ♥ Daccord R., Arrigo Y., Vogel R., 1996. Valeur nutritive de l'ensilage de maïs. *Revue suisse Agric.*, 17-21.
- ♥ Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., 2001a. Valeur nutritive des plantes des prairies. 2. Teneurs en constituants pariétaux. *Revue suisse Agric.* **33**, 81-86.
- ♥ Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., 2001b. Valeur nutritive des plantes des prairies. 3. Teneurs en calcium, phosphore, magnésium et potassium. *Revue suisse Agric.* **33**, 141-146.
- ♥ Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., 2002. Valeur nutritive des plantes des prairies. 6. Valeurs azotées et énergétiques. *Revue suisse Agric.* **34**, 73-78.
- ♥ Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., 2003. Valeur nutritive des plantes des prairies. 7. Teneurs en acides aminés. *Revue suisse Agric.*, **35**, 259-264.
- De Boever J.L., Vanacker J.M., De Brabander D.L., 2002. Rumen degradation characteristics of nutrients in maize silages and evaluation of laboratory measurements and NIRS as predictors. *Animal Feed Science and Technology*, 101, 73-86.
- DLG, 1973, Mineralstoffgehalte in Futtermitteln. Band 62, DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 199 S.
- DLG, 1991. Futterwerttabellen für Wiederkäuer. DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 112
- Gosselink J.M.J., 2004. Alternatives for forage evaluation in ruminants. PhD Thesis, Wageningen University, Institute of Animal Sciences, Wageningen, the Netherlands.
- Grenet E. et Demarquilly C., 1987. Rappels sur la digestion des fourrages dans le rumen (parois) et ses conséquences. Dans: *Les fourrages secs: récolte, traitement, utilisation*. Demarquilly C., Ed. INRA, Paris. 141-162.
- ♥ Herter U., Arnold A., Schubiger F., Menzi M., 1996. Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. *Agrarforschung*, 535-538.
- Jarrige R., 1981. Les constituants glucidiques des fourrages: variations, digestibilité et dosage. Dans: *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. INRA, Paris. 13-40.
- ♥ Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.- X., Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., 2001. Valeur nutritive des plantes des prairies. 1. Teneurs en matière sèche, matière azotée et sucres. *Revue suisse Agric.* **33**, 73-80.
- ♥ Kessler J., 1989. Mineralstoffgehalt von Wiesenfutter: Zusammenfassende Ergebnisse. *Landwirtschaft Schweiz* 9 (2), 523-526.
- Le Goffe Ph., 1991. Méthodes d'étude et facteurs de variation de la dégradabilité de l'azote des fourrages verts dans le rumen. Thèse, E.N.S.A. Rennes.
- Nozières M.O., Dulphy J.P., Peyraud J.L., Poncet C., Baumont R., 2005. Estimation pour les fourrages de la dégradabilité des protéines (DT) dans le rumen de la digestibilité réelle des protéines alimentaires dans l'intestin grêle (dr) : conséquences sur leurs valeurs PDI. *Renc. Rech. Ruminants*, 105-108.
- Ould-Bah M.Y., 1989. Adaptation de la technique in sacco à l'étude de la dégradation dans le rumen de l'azote des fourrages et application à l'étude des fourrages verts et conservés. Thèse, Université de Montpellier.
- Philippeau C., Michalet-Doreau B., 1997. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Animal Feed Science and Technology*, 68, 25-35.
- ♥ RAP, 1999. Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour ruminants, 4e éd., LMZ, Zollikofen, 328 p.
- ♥ Schubiger F.- X., Lehmann J., Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovic J., 2001. Valeur nutritive des plantes des prairies. 5. Digestibilité de la matière organique. *Revue suisse Agric.* **33**, 275-279.
- ♥ Station fédérale de recherches laitière, 1990. Directives pour l'appréciation des ensilages. Liebefeld-Berne. 3 p.

14. Valeur nutritive des aliments simples

Daniel Guidon, Claude Chaubert, Jürg Kessler, Roger Daccord, Isabelle Morel, Andreas Mürger, Annelies Bracher

Table des matières

14.	Valeur nutritive des aliments simples	2
14.1.	Tables de références des aliments simples	2
14.2.	Base suisse des aliments pour animaux, feedbase	2



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

14. Valeur nutritive des aliments simples

14.1. Tables de références des aliments simples

Les valeurs nutritives de références des aliments simples sont fixées pour une période de 4 ans (2017-2020), elles sont éditées dans un fichier de format .xls qui est accessible sous :

<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/themes/animaux-rente/ruminants.html>

14.2. Base suisse des aliments pour animaux, feedbase

Les valeurs individuelles des aliments simples et de différents fourrages sont éditées dans la Base suisse des aliments pour animaux qui est accessibles sous :

<https://www.feedbase.ch/>

La base de données est complétée en permanence en fonction de la disponibilité des résultats d'analyses.

Version: Octobre 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: Daniel Guidon, Claude Chaubert, Jürg Kessler, Roger Daccord, Isabelle Morel, Andreas Mürger Annelies Bracher

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence

15. Formules et équations de prédiction

Roger Daccord, Yves Arrigo et Claude Chaubert

Table des matières

15.	Formules et équations de prédiction	2
15.1	Fourrages.....	2
15.1.1	Equations de prédiction de la digestibilité de la matière organique des fourrages.....	2
15.1.2	Calcul de la valeur énergétique des fourrages.....	10
15.1.3	Calcul de la valeur azotée des fourrages.....	11
15.2	Equations de base pour les aliments simples	13
15.2.1	Calcul de la valeur énergétique des aliments simples	13
15.2.2	Calcul de la valeur azotée des aliments simples	13
15.3	Equation de prédiction pour les aliments composés	14
15.3.1	Calcul de la valeur énergétique des aliments composés	14
15.3.2	Calcul de la valeur azotée des aliments composés	14
15.4	Facteurs de conversion et concordances.....	15
15.5	Bibliographie	16



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

15. Formules et équations de prédiction

15.1 Fourrages

Les équations de régression pour prédire la dMO des fourrages sont maintenant basées sur la cellulose brute ou sur la lignocellulose (ADF).

15.1.1 Equations de prédiction de la digestibilité de la matière organique des fourrages

Fourrages des prairies

dMO : digestibilité de la matière organique, %
MAMO : matière azotée, g/kg matière organique
CBMO : cellulose brute, g/kg matière organique
ADFMO : lignocellulose (ADF), g/kg matière organique

Champ application :

MA, g/kg MS : min. 50, max. 280
CB, g/kg MS : min. 130, max. 400
ADF, g/kg MS : min. 170, max. 420
dMO, % : min. 55, max. 84

Précision : Le modèle mathématique utilisé ne donne pas d'indications sur la précision réelle des équations de prédiction. Celle-ci est du même ordre que celle donnée dans le Livre Vert (RAP 1999), soit un écart-type de 2 avec un coefficient de détermination (R²) variant de 0.70 pour les types G à 0.50 pour les types D (DF et DT).

Attention : les équations de prédiction basées sur une composition botanique indéterminée surestiment la dMO des fourrages provenant de prairies riches en légumineuses (type L) et riches en autres plantes (types DF et DT).

Corrections pour le cycle (pousses et repousses) et le stade : Si l'échantillon d'herbe ou de ses conserves provient d'un cycle de végétation et d'un stade déterminé (1er cycle = pousses ; 2e cycle et suivants = repousses), la dMO estimée à partir des équations de prédiction ci-dessous peut être corrigée selon le tableau 15.1. Pour des stades supérieurs on applique les corrections du stade 5. Ces corrections sont valables aussi bien pour l'herbe que ses conserves.

Tableau 15.1. Correction de la dMO selon le cycle de végétation et le stade de développement

Types		Unités correctives*									
		Pousses					Repousses				
		Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5
G	prairies riches en graminées	5	5	4	3	0	-2	-2	-2	-2	-3
G_R	prairies riches en graminées dominées par les ray-grass	6	6	5	5	3	-1	-1	-2	-4	-4
E	prairies équilibrées	4	4	4	3	0	-2	-2	-3	-3	-3
E_R	prairies équilibrées dominées par les ray-grass	5	5	5	5	2	-1	-1	-2	-3	-3
L	prairies riches en légumineuses	3	4	5	5	3	2	1	0	0	-1
D_F	prairies riches en autres plantes à feuilles fines	3	3	3	3	2	-2	-2	-2	-2	-4
D_T	prairies riches en autres plantes à tiges grossières	2	2	2	-1	-5	1	-1	-4	-6	-11
Ind.	Composition botanique indéterminée	5	5	5	4	4	-3	-3	-4	-3	-3

* unités à ajouter ou à soustraire à la dMO calculée.

Si le stade n'est pas connu on estime un facteur de correction en fonction de l'herbe et de ses conserves. Pour l'herbe, l'ensilage d'herbe et l'herbe déshydratée artificiellement on prendra la moyenne des corrections des stades 2 et 3 ; pour le fourrage sec la moyenne des corrections des stades 3 et 4.

Fourrage vert des prairies

1.1 G : prairies riches en graminées

$$dMO = 34.0 + 0.1654 MA_{MO} + 0.1776 CB_{MO} - 0.000257 MA_{MO}^2 - 0.000391 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 25.7 + 0.1654 MA_{MO} + 0.2169 ADF_{MO} - 0.000256 MA_{MO}^2 - 0.000413 ADF_{MO}^2$$

1.2 GR : prairies riches en graminées dominées par les ray-grass

$$dMO = 21.9 + 0.1209 MA_{MO} + 0.3580 CB_{MO} - 0.000186 MA_{MO}^2 - 0.000794 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 13.3 + 0.1209 MA_{MO} + 0.3823 ADF_{MO} - 0.000186 MA_{MO}^2 - 0.000746 ADF_{MO}^2$$

1.3 E : prairies équilibrées

$$dMO = 40.6 + 0.1599 MA_{MO} + 0.1431 CB_{MO} - 0.000248 MA_{MO}^2 - 0.000351 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 32.3 + 0.1599 MA_{MO} + 0.1866 ADF_{MO} - 0.000248 MA_{MO}^2 - 0.000382 ADF_{MO}^2$$

1.4 ER : prairies équilibrées dominées par les ray-grass

$$dMO = 43.2 + 0.0859 MA_{MO} + 0.2559 CB_{MO} - 0.000132 MA_{MO}^2 - 0.000678 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 34.4 + 0.0863 MA_{MO} + 0.2914 ADF_{MO} - 0.000133 MA_{MO}^2 - 0.000647 ADF_{MO}^2$$

1.5 L : prairies riches en légumineuses

$$dMO = 86.0 - 0.000231 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 87.4 - 0.000179 ADF_{MO}^2$$

1.6 DF : prairies riches en autres plantes à feuilles fines

$$dMO = 58.9 + 0.0792 MA_{MO} + 0.1320 CB_{MO} - 0.000121 MA_{MO}^2 - 0.000428 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 48.6 + 0.0779 MA_{MO} + 0.2008 ADF_{MO} - 0.000118 MA_{MO}^2 - 0.000487 ADF_{MO}^2$$

1.7 DT : prairies riches en autres plantes à tiges grossières

$$dMO = 43.6 + 0.1806 MA_{MO} + 0.1384 CB_{MO} - 0.000298 MA_{MO}^2 - 0.000475 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 35.2 + 0.1813 MA_{MO} + 0.1512 ADF_{MO} - 0.000299 MA_{MO}^2 - 0.000311 ADF_{MO}^2$$

1.8 Ind : prairies dont la composition botanique est indéterminée

$$dMO = 56.7 + 0.1262 MA_{MO} + 0.0939 CB_{MO} - 0.000231 MA_{MO}^2 - 0.000312 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 54.8 + 0.1121 MA_{MO} + 0.1221 ADF_{MO} - 0.000207 MA_{MO}^2 - 0.000335 ADF_{MO}^2$$

Fourrage ensilé des prairies

2.1 G : prairies riches en graminées

$$dMO = 26.3 + 0.1653 MA_{MO} + 0.2041 CB_{MO} - 0.000241 MA_{MO}^2 - 0.000419 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 10.8 + 0.1652 MA_{MO} + 0.2793 ADF_{MO} - 0.000240 MA_{MO}^2 - 0.000484 ADF_{MO}^2$$

2.2 GR : prairies riches en graminées dominées par les ray-grass

$$dMO = 10.4 + 0.1206 MA_{MO} + 0.4102 CB_{MO} - 0.000174 MA_{MO}^2 - 0.000849 CB_{MO}^2$$

$$dMO = -9.4 + 0.1206 MA_{MO} + 0.4916 ADF_{MO} - 0.000174 MA_{MO}^2 - 0.000872 ADF_{MO}^2$$

2.3 E : prairies équilibrées

$$dMO = 34.1 + 0.1596 MA_{MO} + 0.1653 CB_{MO} - 0.000233 MA_{MO}^2 - 0.000376 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 19.4 + 0.1596 MA_{MO} + 0.2424 ADF_{MO} - 0.000232 MA_{MO}^2 - 0.000447 ADF_{MO}^2$$

2.4 ER : prairies équilibrées dominées par les ray-grass

$$dMO = 34.9 + 0.0857 MA_{MO} + 0.2967 CB_{MO} - 0.000124 MA_{MO}^2 - 0.000724 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 16.9 + 0.0864 MA_{MO} + 0.3815 ADF_{MO} - 0.000125 MA_{MO}^2 - 0.000755 ADF_{MO}^2$$

2.5 L : prairies riches en légumineuses

$$dMO = 85.8 - 0.000229 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 88.3 - 0.000181 ADF_{MO}^2$$

2.6 DF : prairies riches en autres plantes à feuilles fines

$$dMO = 54.0 + 0.0780 MA_{MO} + 0.1557 CB_{MO} - 0.000111 MA_{MO}^2 - 0.000457 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 36.1 + 0.0759 MA_{MO} + 0.2680 ADF_{MO} - 0.000107 MA_{MO}^2 - 0.000572 ADF_{MO}^2$$

2.7 DT : prairies riches en autres plantes à tiges grossières

$$dMO = 37.4 + 0.1809 MA_{MO} + 0.1622 CB_{MO} - 0.000280 MA_{MO}^2 - 0.000500 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 24.2 + 0.1819 MA_{MO} + 0.1929 ADF_{MO} - 0.000282 MA_{MO}^2 - 0.000355 ADF_{MO}^2$$

2.8 Ind : prairies dont la composition botanique est indéterminée

$$dMO = 51.8 + 0.1275 MA_{MO} + 0.1116 CB_{MO} - 0.000219 MA_{MO}^2 - 0.000333 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 45.7 + 0.1145 MA_{MO} + 0.1661 ADF_{MO} - 0.000199 MA_{MO}^2 - 0.000390 ADF_{MO}^2$$

Fourrage sec des prairies (foin et regain)

3.1 G : prairies riches en graminées

$$dMO = 28.5 + 0.1769 MA_{MO} + 0.1730 CB_{MO} - 0.000313 MA_{MO}^2 - 0.000351 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 20.4 + 0.1769 MA_{MO} + 0.2090 ADF_{MO} - 0.000312 MA_{MO}^2 - 0.000371 ADF_{MO}^2$$

3.2 GR: prairies riches en graminées dominées par les ray-grass

$$dMO = 14.8 + 0.1292 MA_{MO} + 0.3494 CB_{MO} - 0.000226 MA_{MO}^2 - 0.000713 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 6.6 + 0.1292 MA_{MO} + 0.3694 ADF_{MO} - 0.000226 MA_{MO}^2 - 0.000670 ADF_{MO}^2$$

3.3 E : prairies équilibrées

$$dMO = 35.1 + 0.1710 MA_{MO} + 0.1408 CB_{MO} - 0.000302 MA_{MO}^2 - 0.000315 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 26.9 + 0.1711 MA_{MO} + 0.1809 ADF_{MO} - 0.000302 MA_{MO}^2 - 0.000343 ADF_{MO}^2$$

3.4 ER : prairies équilibrées dominées par les ray-grass

$$dMO = 35.8 + 0.0920 MA_{MO} + 0.2539 CB_{MO} - 0.000162 MA_{MO}^2 - 0.000609 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 27.3 + 0.0924 MA_{MO} + 0.2846 ADF_{MO} - 0.000162 MA_{MO}^2 - 0.000581 ADF_{MO}^2$$

3.5 L : prairies riches en légumineuses

$$dMO = 80.4 - 0.000189 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 81.6 - 0.000149 ADF_{MO}^2$$

3.6 DF : prairies riches en autres plantes à feuilles fines

$$dMO = 52.2 + 0.0845 MA_{MO} + 0.1341 CB_{MO} - 0.000147 MA_{MO}^2 - 0.000385 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 41.7 + 0.0829 MA_{MO} + 0.1981 ADF_{MO} - 0.000143 MA_{MO}^2 - 0.000439 ADF_{MO}^2$$

3.7 DT : prairies riches en autres plantes à tiges grossières

$$dMO = 37.6 + 0.1940 MA_{MO} + 0.1411 CB_{MO} - 0.000363 MA_{MO}^2 - 0.000425 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 29.9 + 0.1947 MA_{MO} + 0.1464 ADF_{MO} - 0.000365 MA_{MO}^2 - 0.000278 ADF_{MO}^2$$

3.8 Ind : prairies dont la composition botanique est indéterminée

$$dMO = 50.6 + 0.1360 MA_{MO} + 0.0952 CB_{MO} - 0.000282 MA_{MO}^2 - 0.000280 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 48.5 + 0.1210 MA_{MO} + 0.1214 ADF_{MO} - 0.000254 MA_{MO}^2 - 0.000300 ADF_{MO}^2$$

Fourrage déshydraté des prairies

4.1 G : prairies riches en graminées

$$dMO = 65.3 + 0.0869 MA_{MO} + 0.0692 CB_{MO} - 0.000175 MA_{MO}^2 - 0.000299 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 57.4 + 0.1132 MA_{MO} + 0.1171 ADF_{MO} - 0.000271 MA_{MO}^2 - 0.000336 ADF_{MO}^2$$

4.2 GR : prairies riches en graminées dominées par les ray-grass

$$dMO = 63.8 + 0.1905 CB_{MO} - 0.000602 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 41.4 + 0.3186 ADF_{MO} - 0.000707 ADF_{MO}^2$$

4.3 E : prairies équilibrées

$$dMO = 80.8 + 0.0383 CB_{MO} - 0.000285 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 66.4 + 0.1432 ADF_{MO} - 0.000404 ADF_{MO}^2$$

4.4 ER : prairies équilibrées dominées par les ray-grass

$$dMO = 63.2 + 0.1888 CB_{MO} - 0.000610 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 42.7 + 0.3090 ADF_{MO} - 0.000697 ADF_{MO}^2$$

4.5 L : prairies riches en légumineuses

$$dMO = 74.8 + 0.0693 CB_{MO} - 0.000363 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 68.3 + 0.1159 ADF_{MO} - 0.000360 ADF_{MO}^2$$

4.6 DF : prairies riches en autres plantes à feuilles fines

$$dMO = 70.2 + 0.1057 CB_{MO} - 0.000414 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 50.21 + 0.2478 ADF_{MO} - 0.000582 ADF_{MO}^2$$

4.7 DT : prairies riches en autres plantes à tiges grossières

$$dMO = 56.6 + 0.1229 MA_{MO} + 0.1021 CB_{MO} - 0.000237 MA_{MO}^2 - 0.000459 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 48.4 + 0.2396 MA_{MO} + 0.0452 ADF_{MO} - 0.000507 MA_{MO}^2 - 0.000200 ADF_{MO}^2$$

4.8 Ind : prairies dont la composition botanique est indéterminée

$$dMO = 48.6 + 0.1603 MA_{MO} + 0.0710 CB_{MO} - 0.000344 MA_{MO}^2 - 0.000250 CB_{MO}^2$$

$$dMO = 42.8 + 0.1450 MA_{MO} + 0.1241 ADF_{MO} - 0.000320 MA_{MO}^2 - 0.000305 ADF_{MO}^2$$

Fourrages des espèces fourragères en culture pure

Champ d'application :

MA, g/kg MS :	min. 50	max. 320
CB, g/kg MS:	min. 130	max. 410
ADF, g/kg MS :	min. 150	max. 450
dMO, % :	min. 45	max. 87

Précision : Comme pour le fourrage des prairies, le modèle mathématique utilisé ne donne pas d'indications sur la précision réelle des équations de prédiction. Celle-ci est de l'ordre de 2 à 4 pour l'écart-type avec un coefficient de détermination (R^2) variant de 0.80 à 0.60 selon les espèces et les cycles.

Attention : les équations de prédiction sont sensibles au rapport entre les teneurs en MA et CB ou ADF. Si ce rapport de l'échantillon à évaluer s'écarte trop de celui des tables, il se peut que l'estimation de la dMO soit incorrecte.

Corrections de la dMO selon le cycle de végétation et le stade de développement (pousses et repousses)

Si l'échantillon de l'espèce fourragère provient d'un cycle de végétation et d'un stade de développement déterminés (1^{er} cycle = pousses ; 2^e cycle et suivants = repousses), la dMO estimée à partir des équations de prédiction ci-dessous peut être corrigée selon le tableau 15.2.

Si le stade n'est pas connu on estime un facteur de correction en fonction de l'herbe et de ses conserves. Pour l'herbe, l'ensilage d'herbe et l'herbe déshydratée artificiellement on prendra la moyenne des corrections des stades 2 et 3 ; pour le fourrage sec la moyenne des corrections des stades 3 et 4. Ces corrections sont valables aussi bien pour le fourrage vert que ses conserves.

Tableau 15.2. Correction de la dMO selon le cycle de végétation et le stade de développement

Types		Unités correctives*									
		Pousses					Repousses				
		Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5
DG	Dactyle	-2	0	3	5	4	1	0	0	-3	-2
LP	Ray-grass anglais	-2	0	3	5	5	-1	-2	-4	-4	-4
LM	Ray-grass italien	-3	-1	3	4	-2	0	3	4	2	-3
AP	Vulpin	0	5	3	2	0	-2	-3	-3	-3	-3
TP	Trèfle blanc	2	3	3	2	1	1	1	1	0	-3
TR	Trèfle violet	0	3	3	2	0	-2	-1	-1	-1	-3
MS	Luzerne	1	1	1	1	1	-3	-2	-1	-2	-1

* unités à ajouter ou à soustraire à la dMO calculée.

Fourrage vert en culture pure

1.9 Dactyle

$$dMO = 93.6 - 0.000221 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 96.3 - 0.000212 ADF^2_{MO}$$

1.10 Ray-grass anglais

$$dMO = 95.5 + 0.0122 MA_{MO} - 0.000316 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 98.3 + 0.0013 MA_{MO} - 0.000279 ADF^2_{MO}$$

1.11 Ray-grass d'Italie

$$dMO = 101.7 - 0.000446 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 101.1 - 0.000339 ADF^2_{MO}$$

1.12 Vulpin

$$dMO = 90.1 + 0.0414 MA_{MO} - 0.000309 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 98.6 + 0.0144 MA_{MO} - 0.000282 ADF^2_{MO}$$

1.13 Trèfle blanc

$$dMO = 58.2 + 0.0732 MA_{MO} - 0.000022 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 61.7 + 0.0642 MA_{MO} - 0.000030 ADF^2_{MO}$$

1.14 Trèfle violet

$$dMO = 78.8 + 0.000047 MA^2_{MO} - 0.000154 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 80.2 + 0.000041 MA^2_{MO} - 0.000118 ADF^2_{MO}$$

1.15 Luzerne

$$dMO = 52.4 + 0.0898 MA_{MO} - 0.000062 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 56.7 + 0.0796 MA_{MO} - 0.000060 ADF^2_{MO}$$

Fourrage ensilé en culture pure

2.9 Dactyle

$$dMO = 94.5 - 0.000225 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 99.2 - 0.000224 ADF^2_{MO}$$

2.10 Ray-grass anglais

$$dMO = 101.5 - 0.000352 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 102.2 - 0.000293 ADF^2_{MO}$$

2.11 Ray-grass d'Italie

$$dMO = 103.8 - 0.000449 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 104.1 - 0.000341 ADF^2_{MO}$$

2.12 Vulpin

$$dMO = 86.1 + 0.0573 MA_{MO} - 0.000291 CB^2_{MO}$$

$$dMO = 101.8 + 0.0173 MA_{MO} - 0.000293 ADF^2_{MO}$$

2.13 Trèfle blanc

$$dMO = 86.5 - 0.000261 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 87.1 - 0.000152 \text{ ADF}_{MO}^2$$

2.14 Trèfle violet

$$dMO = 82.5 - 0.000189 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 84.1 - 0.000141 \text{ ADF}_{MO}^2$$

2.15 Luzerne

$$dMO = 72.3 + 0.0249 \text{ MA}_{MO} - 0.000128 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 65.3 + 0.0517 \text{ MA}_{MO} - 0.000088 \text{ ADF}_{MO}^2$$

Fourrage sec en culture pure (foin et regain)

3.9 Dactyle

$$dMO = 87.6 - 0.000187 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 90.1 - 0.000180 \text{ ADF}_{MO}^2$$

3.10 Ray-grass anglais

$$dMO = 93.5 - 0.000291 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 92.3 - 0.000236 \text{ ADF}_{MO}^2$$

3.11 Ray-grass d'Italie

$$dMO = 95.5 - 0.000370 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 93.9 - 0.000277 \text{ ADF}_{MO}^2$$

3.12 Vulpin

$$dMO = 98.0 - 0.000322 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 95.8 - 0.000249 \text{ ADF}_{MO}^2$$

3.13 Trèfle blanc

$$dMO = 81.0 - 0.000216 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 80.9 - 0.000129 \text{ ADF}_{MO}^2$$

3.14 Trèfle violet

$$dMO = 77.6 - 0.000156 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 78.3 - 0.000116 \text{ ADF}_{MO}^2$$

3.15 Lucerne

$$dMO = 76.8 - 0.000131 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 78.1 - 0.000107 \text{ ADF}_{MO}^2$$

Fourrage déshydraté en culture pure

4.9 Luzerne

$$dMO = 78.7 - 0.000149 \text{ CB}_{MO}^2$$

$$dMO = 80.8 - 0.000118 \text{ ADF}_{MO}^2$$

Maïs plante

Malgré la vaste expansion de la culture du maïs, l'estimation précise de la valeur alimentaire (valeur nutritive et ingestibilité) de la plante entière reste encore problématique. Le plus souvent, on se contente d'utiliser sa valeur énergétique standard (6.5 MJ NEL ou 6.8 MJ NEV par kg de MS pour l'ensilage), alors que la plante (variété et stade de végétation) et les conditions de milieu (lieu et année) sont très hétérogènes.

La valeur énergétique du maïs plante entière dépend fortement de sa dMO. Ses principaux facteurs de variation sont la teneur en amidon dont la digestibilité est élevée et pratiquement constante (> 90 %) et la teneur en constituants pariétaux (CB et NDF) dont la digestibilité peut varier largement (45 à 75 % ; Andrieu et Baumont, 2000 ; Barrière et Emile, 2000 ; Daccord et al. 1996 ; Herter et al. 1996). Comme les parois (NDF) représentent presque la moitié de la MS de la plante, la teneur en parois indigestibles est le principal facteur de variation de sa dMO. Malheureusement, la prévision en laboratoire de la digestibilité de cette fraction est difficile et coûteuse si on ne dispose pas d'une méthode basée sur la spectrophotométrie dans le proche infrarouge (SPIR). Il reste les critères chimiques facilement analysables, mais il faut être conscient que ceux-ci ne permettent pas une estimation précise de la dMO de la plante entière de maïs.

Equations de prédiction de la digestibilité de la matière organique du maïs plante entière ou non plante entière (plante partielle ou enrichie)

Equations de prédiction pour le maïs plante entière

De nombreuses équations pour prédire la dMO ont été publiées. Parmi les plus récentes, on peut citer celles d'Andrieu et Baumont (2000) et de Baumont (2006 communication personnelle) :

(Équation 1) $dMO = 79.4 + 0.0652 MA_{MO} - 0.0591 CB_{MO}$

$R^2 = 0.40$; écart-type résiduel = 2

(Équation 2) $dMO = 75.7 + 0.0701 MA_{MO} + 0.0156 NDF_{MO} - 0.0720 ADF_{MO}$

$R^2 = 0.41$; écart-type résiduel = 2

A cause de leur précision relativement faible, ces équations sont valables aussi bien pour la plante verte que pour la plante ensilée et déshydratée. Elles livrent des valeurs en moyenne voisines de celles résultant des équations pour estimer la dMO de l'ensilage de maïs publiées par Daccord et al. (1996).

Un travail de synthèse réalisé en 2012 sur les déterminations de la dMO *in vivo* étudiées à Agroscope prenant en compte 124 maïs avec 534 valeurs individuelles, laisse envisager une amélioration de l'estimation par la prédiction de la matière organique digestible (MOD= MO x dMO/100) comme suit :

- Soit en corrigeant la MOD calculée avec la dMO estimée par l'équation 1

$$MOD_{\text{corrigée}} = 1.2812 \times (dMO/100 \text{ (équation 1)} \times MO) - 180.35 \quad (R^2 \text{ } 0.69)$$

$$dMO = MOD_{\text{corrigée}}/MO$$

- Soit en corrigeant la MOD calculée avec la dMO estimée par l'équation 2

$$MOD_{\text{corrigée}} = 1.2653 \times (dMO/100 \text{ (équation 2)} \times MO) - 156.12 \quad (R^2 \text{ } 0.69)$$

$$dMO = MOD_{\text{corrigée}}/MO$$

- Soit par une nouvelle équation (ALP12, R^2 0.77) basée sur nos déterminations *in vivo*, qui implique l'analyse des constituants pariétaux selon Van Soest (ADF, NDF) et de la cellulose brute (CB), les teneurs des nutriments sont exprimés en g/kg MS.

$$MOD_{ALP12} = -1016.7 + (MO \times 1.8) + [(MA \times ENA)/1000 \times 1.106] + [(MA_{MO} \times HEM_{MO})/1000 \times -3.01] + [(CB_{MO} \times NDF_{MO})/1000 \times -0.0013] + 10.3$$

$$dMO = MOD_{ALP12}/MO$$

$$HEM = NDF - ADF; \quad ENA = MO - MA - CB - MG \quad (\text{en absence d'analyse de la matière grasse } MG = 35 \text{ g/kg MS})$$

Equation de prédiction pour le maïs non plante entière (plante partielle ou enrichie)

$$MOD_{ALP12} = -1016.7 + (MO \times 1.8) + [(MA \times ENA)/1000 \times 1.106] + [(MA_{MO} \times HEM_{MO})/1000 \times -3.01] + [(CB_{MO} \times NDF_{MO})/1000 \times -0.0013] - 10.3$$

$$dMO = MOD_{ALP12}/MO$$

$$HEM = NDF - ADF; \quad ENA = MO - MA - CB - MG \quad (\text{en absence d'analyse de la matière grasse } MG = 35 \text{ g/kg MS})$$

15.1.2 Calcul de la valeur énergétique des fourrages

Pour calculer la valeur énergétique, les abréviations suivantes sont utilisées :

EB	=	énergie brute, MJ/kg
EM	=	énergie métabolisable, MJ/kg
q	=	métabolisabilité de l'énergie brute
NEL	=	énergie nette pour la production laitière, MJ/kg
NEV	=	énergie nette pour la production de viande, MJ/kg
k _L	=	rendement de l'utilisation de l'EM pour la production laitière
k _V	=	rendement de l'utilisation de l'EM pour la production de viande
k _{En}	=	rendement de l'utilisation de l'EM pour l'entretien
MO	=	matière organique, g/kg
MOD	=	matière organique digestible, g/kg
MA	=	matière azotée, g/kg
MA _{MO}	=	matière azotée, g/kg MO
MAD	=	matière azotée digestible, g/kg

Energie brute

Fourrages (maïs excepté) :	EB = 0.0188 MO + 0.0078 MA
Maïs plante entière :	EB = 0.0196 MO

Energie métabolisable

Fourrages (maïs excepté) :

EM = 0.0142 MOD + 0.0059 MAD,	lorsque MOD/MAD < 7
EM = 0.0151 MOD,	lorsque MOD/MAD ≥ 7

Maïs plante entière :

$$\mathbf{EM} = 0.0155 \text{ MOD}$$

MAD pour les fourrages verts et les fourrages ensilés: **MAD** = MA (0.33 + 0.0033 MA_{MO} – 0.0000061 MA²_{MO})

MAD pour les fourrages secs et déshydratés artificiellement: **MAD** = MA (0.29 + 0.0033 MA_{MO} – 0.0000064 MA²_{MO})

Energie nette

NEL	=	k _L x EM x 0.9752
NEV	=	k _{EnV} x EM

k _L	=	0.463 + 0.24 q
q	=	EM / EB
k _{En}	=	0.554 + 0.287 q
k _V	=	0.006 + 0.78 q
k _{EnV}	=	(1.5 x k _{En} x k _V) / ([0.5 x k _{En}] + k _V)

15.1.3 Calcul de la valeur azotée des fourrages

Pour calculer la valeur azotée, les abréviations suivantes sont utilisées :

PAIE	=	protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible, g/kg
PAIN	=	protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de la matière azotée dégradée, g/kg
MO	=	matière organique, g/kg
dMO	=	digestibilité de la MO, %
MOF	=	matière organique fermentescible, g/kg
MA	=	matière azotée, g/kg
MA _{MO}	=	matière azotée dans la MO, g/kg de MO
deMA	=	dégradabilité de la matière azotée, %
MG	=	matière grasse, g/kg
PF	=	produits de fermentation des ensilages, g/kg
dAAA	=	digestibilité des acides aminés d'origine alimentaire, %
AM	=	amidon, g/kg
deAMI	=	dégradabilité de l'amidon, %

Le champ d'application des équations de prédiction de la deMA et de la dAAA est limité aux fourrages semblables à ceux des tables provenant des prairies de composition botanique standard.

Protéines absorbables dans l'intestin

$$\text{PAIE} = 0.093 \times \text{MOF} + \text{MA} \times (1.11 \times (1 - \text{deMA}/100)) \times \text{dAAA}/100$$

$$\text{PAIN} = \text{MA} \times (\text{deMA}/100 - 0.10) \times 0.64 + \text{MA} \times (1.11 \times [1 - \text{deMA}/100]) \times \text{dAAA}/100$$

MOF, matière organique fermentescible

$$\text{MOF} = \text{MO} \times \text{dMO}/100 - \text{MA} \times (1 - \text{deMA}/100) - \text{MG} - \text{PF} - (\text{AM} \times (1 - \text{deAMI}/100)) \text{ } ^a)$$

^{a)} à ne prendre en considération que pour les fourrages riches en amidon (voir tab. 15.4 deAMI du maïs PE ci-dessous)

deMA, dégradabilité de la matière azotée

Herbe :		$\text{deMA} = 51.2 + 0.126 \text{ MA}_{\text{MO}} - 0.00014 \text{ MA}_{\text{MO}}^2$
Ensilage d'herbe :	MS < 50%	$\text{deMA} = 59.5 + 0.153 \text{ MA}_{\text{MO}} - 0.00020 \text{ MA}_{\text{MO}}^2$
	MS > 50%	$\text{deMA} = 54.5 + 0.153 \text{ MA}_{\text{MO}} - 0.00020 \text{ MA}_{\text{MO}}^2$
Foin et regain :		$\text{deMA} = 48.9 + 0.144 \text{ MA}_{\text{MO}} - 0.00020 \text{ MA}_{\text{MO}}^2$
Herbe déshydratée :		$\text{deMA} = 51.9 + 0.092 \text{ MA}_{\text{MO}} - 0.00015 \text{ MA}_{\text{MO}}^2$
Maïs plante entière		La deMA ne peut pas être estimée sur la base de la teneur en MA. Sa valeur a été actualisée sur la base des publications de De Boever et al. (2002 ; tab. 15.3).
Autres fourrages mentionnés		utiliser la deMA standard correspondante des tables.

Tableau 15.3. Dégradabilité moyenne de la matière azotée (deMA) du maïs plante entière

Etat	Stade	deMA
vert	floraison	70
	laiteux	70
	pâteux-mou	65
	pâteux-dur	65
ensilé	laiteux	72
	pâteux-mou	72
	pâteux-dur	72
déshydraté	pâteux-mou	60
	pâteux-dur	60

MG, en absence d'analyses pour les fourrages 35 g/kg MS

PF, produits de fermentation des ensilages, dans le calcul de la matière organique fermentescible (MOF),
que la moitié des produits de fermentation est soustraite : $PF = (PF_{\text{estimés ou analysés}} \times 0.5)$

Si la valeur des PF n'est pas connue :

Ensilage d'herbe ayant une teneur en MS de 35% : $PF_{\text{estimés}} = 100 \text{ g/kg MS}$

Ensilage de maïs ayant une teneur en MS de 30% : $PF_{\text{estimés}} = 75 \text{ g/kg MS}$

Si les teneurs en MS diffèrent, les PF peuvent être estimées comme suit (exception : MS > 60% ; PF=0)

Ensilage de fourrages (excepté maïs) : $PF_{\text{estimés}} = 205 - (3.0 \times \text{teneur en MS, \%})$

Ensilage de maïs plante entière : $PF_{\text{estimés}} = 150 - (2.5 \times \text{teneur en MS, \%})$

dAAA, digestibilité des acides aminés d'origine alimentaire

Herbe : $dAAA = 65.0 + 0.132 MA_{MO} - 0.00014 MA_{MO}^2$

Ensilage d'herbe : MS < 50% $dAAA = 62.8 + 0.138 MA_{MO} - 0.00016 MA_{MO}^2$

MS > 50% $dAAA = 60.5 + 0.127 MA_{MO} - 0.00018 MA_{MO}^2$

Foin et regain : $dAAA = 58.5 + 0.127 MA_{MO} - 0.00018 MA_{MO}^2$

Herbe déshydratée : $dAAA = 56.4 + 0.141 MA_{MO} - 0.00023 MA_{MO}^2$

Maïs plante entière : Une dAAA moyenne de 72 % a été retenue (De Boever et al. 2002).

Pour les autres fourrages, utiliser par défaut une dAAA de 70 %

Exception pour les ensilages de cultures dérobées prendre 60 %

Dégradabilité de l'amidon (deAMI)

Les données sur la dégradabilité de l'amidon (Philippeau et Michalet-Doreau, 1997) permettent de prendre en compte cette fraction pour corriger la teneur en matière organique fermentescible (tableau 15.4).

Tableau 15.4. Dégradabilité moyenne de l'amidon (deAMI) du maïs plante entière

Etat	Stade	Teneur moyenne en amidon g/kg MS	deAMI %
vert	pâteux-dur	315	60
ensilé			70
déshydraté			50

15.2 Equations de base pour les aliments simples (fourrages exceptés)

15.2.1 Calcul de la valeur énergétique des aliments simples

N'est pas valable pour les aliments simples comme la graisse ou la dextrose

Energie brute

$$EB = 0.0242 MA + 0.0366 MG + 0.0209 CB + 0.0170 ENA - 0.00063 MDS^a)$$

Energie métabolisable

$$EM = 0.0159 MAD + 0.0377 MGD + 0.0138 CBD + 0.0147 ENAD - 0.00063 MDS^a)$$

a) A ne prendre en considération que pour les produits laitiers, lorsque $MDS \geq 80$ g/kg de MS.

MAD	=	matière azotée digestible
MGD	=	matière grasse digestible
CBD	=	cellulose brute digestible
ENAD	=	extractif non azoté digestible
MDS	=	mono- et disaccharides (lactose)

Energie nette

q	=	EM / EB	
k _L	=	0.463 + 0.24 q	→ NEL = 0.9752 x k _L x EM
k _{En}	=	0.554 + 0.287 q	
k _V	=	0.006 + 0.78 q	
k _{EnV}	=	(1.5 x k _{En} x k _V) / [(0.5 x k _{En}] + k _V)	→ NEV = k _{EnV} x EM

Les teneurs en nutriments sont exprimées en g/kg MF ou MS.

Les valeurs énergétiques sont exprimées en MJ/kg MF ou MS.

15.2.2 Calcul de la valeur azotée des aliments simples

Les teneurs en protéines absorbables dans l'intestin PAIE et PAIN sont calculées de la manière suivante:

$$PAIE = 0.093 \times MOF + MA \times (1.11 \times (1 - deMA/100)) \times dAAA/100$$

$$PAIN = MA \times (deMA/100 - 0.10) \times 0.64 + MA \times (1.11 \times [1 - deMA/100]) \times dAAA/100$$

$$MOF = MO \times dMO/100 - MA \times (1 - deMA/100) - MG^a) - AM^b) \times (1 - deAMI/100) - (PF^c) \times 0.5)$$

Les teneurs en MOF, MA, MG, AMI, PF et en PAI sont données en g/kg de MS.

Les valeurs deMA, deAM, deAMI et dAAA sont exprimées en %.

- a) MG valeur analysée, sinon voir les valeurs données dans Feedbase.ch
- b) AM n'est à prendre en considération que pour les aliments riches en amidon, lorsque la dégradabilité est $\leq 85\%$
- c) PF Les produits de fermentation des ensilages sont constitués par l'acide lactique, les acides gras volatils (acide acétique, acide propionique et acide butyrique) et les alcools.

Si les PF ne sont pas connus, on prendra les valeurs suivantes:

PF = 95 g/kg de MS pour la pulpe de betteraves ensilée

PF = 50 g/kg de MS pour les ensilages de maïs grain, d'épis de maïs et de drêches de brasserie.

15.3 Equation de prédiction pour les aliments composés

15.3.1 Calcul de la valeur énergétique des aliments composés

$$\mathbf{NEL_{MO}} = -13.67 + 0.0226 \mathbf{MA_{MO}} + 0.0358 \mathbf{MG_{MO}} + 0.0074 \mathbf{CB_{MO}} + 0.0222 \mathbf{ENA_{MO}}$$

Niveau de précision : $s=0.3$; $R^2=0.88$

$$\mathbf{NEV_{MO}} = -279.43 + 0.2888 \mathbf{MA_{MO}} + 0.3058 \mathbf{MG_{MO}} + 0.2689 \mathbf{CB_{MO}} + 0.2891 \mathbf{ENA_{MO}}$$

Niveau de précision : $s=0.4$; $R^2=0.88$

Les teneurs en MA, MG, CB et ENA sont données en g/kg de MO, les valeurs NEL et NEV en MJ/kg de MO.

Domaine de validité des régressions : cellulose brute maximum 180 g/kg de MO
matière grasse maximum 100 g/kg de MO

15.3.2 Calcul de la valeur azotée des aliments composés

Pour les aliments composés ayant une teneur en matière azotée variant entre 100 et 180 g/kg d'aliment ou entre 110 et 200 g/kg de MS:

$$\mathbf{PAIE_{MO}} = 151 + 0.00229 \mathbf{MA^2_{MO}} - 0.00656 \mathbf{deMA^2} + 0.2766 \mathbf{MG_{MO}} - 0.00066 \mathbf{MG^2_{MO}} - 0.5054 \mathbf{ENA_{MO}} + 0.00054 \mathbf{ENA^2_{MO}}$$

Niveau de précision: $s=4$; $R^2=0.97$

Pour les aliments composés ayant une teneur en matière azotée supérieure à 180 et inférieure à 450 g/kg d'aliment respectivement supérieure à 200 et inférieure à 500 g/kg de MS:

$$\mathbf{PAIE_{MO}} = 560 + 0.00033 \mathbf{MA^2_{MO}} - 5.8230 \mathbf{deMA} - 0.00384 \mathbf{MG^2_{MO}} - 0.4886 \mathbf{CB_{MO}}$$

Niveau de précision: $s=13$; $R^2=0.94$

Les teneurs en MA, MG, CB, ENA et PAI sont données en g/kg de **MO**, la valeur deMA est exprimée en %.

15.4 Facteurs de conversion et concordances

Les systèmes français, hollandais et suisses d'évaluation des aliments ont des structures communes, mais chaque système a des équations de prédiction qui lui sont spécifiques. La méthode la plus précise pour convertir d'un système à un autre les valeurs énergétiques et azotées des aliments est de disposer de leurs valeurs de base et de les utiliser dans les structures de chaque système. Lorsque ces informations manquent, le passage d'un système d'évaluation énergétique à un autre est possible avec l'aide de facteurs de conversion (tab.15.5). Les résultats obtenus n'ont qu'une valeur indicative, peu précise, parce que les facteurs de conversion varient avec les aliments.

Tableau 15.5. Facteurs de conversion moyens pour passer d'un système d'évaluation énergétique à un autre

Systèmes	Facteurs
suisse → français	$UFL = NEL / 6.7^*$ $UFV = NEV / 7.3^*$
suisse → hollandais	$VEM = NEL / 0.0069$ $VEVI = NEV / 0.0069$
français → suisse	$NEL = UFL \times 6.7$ $NEV = UFV \times 7.3$
hollandais → suisse	$NEL = VEM \times 0.0069$ $NEV = VEVI \times 0.0069$

* Les facteurs de conversion 6.7 et 7.3 ne sont valables que pour l'herbe et ses conserves. Pour le maïs plante entière, ces facteurs sont respectivement 6.8 et 7.5.

Avec les aliments concentrés, la variation de ces facteurs est telle que leur emploi n'est pas conseillé.

Afin de faciliter la compréhension des systèmes d'évaluation azotée, des éléments de concordances sont donnés dans le tableau 15.6.

Tableau 15.6. Concordances entre les systèmes d'évaluation azotée

Systèmes	Facteurs
suisse ⇔ français	$PAIE \Rightarrow PDIE$ $PAIN \Rightarrow PDIN$ $PAIA \Rightarrow PDIA$ $PAIM \Rightarrow PDIME$ $PAIMN \Rightarrow PDIMN$
suisse ⇔ hollandais	$PAIE \Rightarrow DVE$ $PAIA \Rightarrow DVBE$ $PAIM \Rightarrow DVME$ $PME \Rightarrow MREE$ $PMN \Rightarrow MREN$

15.5 Bibliographie

Andrieu J. et Baumont R., 2000. Digestibilité et ingestibilité du maïs fourrage : facteurs de variation et prévision. Fourrage, 163, 239-252.

Barrière Y. & Emile J.-C., 2000. Le maïs fourrage: Evaluation et perspectives de progrès génétiques sur les caractères de valeur alimentaire. Fourrage 163, 221–238.

♥ Daccord R., Arrigo Y, Vogel R., 1996. Valeur nutritive de l'ensilage de maïs. Revue suisse Agric. 28 (1), 17-21.

De Boever J.L, Vanacker J.M., De Brabander D.L., 2002. Rumen degradation characteristics of nutriments in maize silages and evaluation of laboratory measurements and NIRS as predictors. Animal Feed Science and Technology, 101, 73-86.

♥ Herter U., Arnold A., Schubiger F., Menzi M., 1996. Verdaulichkeit, das wichtigste Qualitätsmerkmal bei Silomais. Agrarforschung, 535-538.

Philippeau C., Michalet-Doreau B., 1997. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. Animal Feed Science and Technology, 68, 25-35

Version: octobre 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: R. Daccord, Y. Arrigo, C. Chaubert

Copyright: Agroscope

svp reproduire le contenu avec référence

16. Principaux termes techniques français - allemand

A

A tiges grossières	Grobstängelig
A volonté, ad libitum	Zur freien Verfügung (ad libitum)
Absorption	Absorption
Accroissement journalier, gain de poids quotidien	Tageszunahme
Acétonémie, cétose	Azetonämie
Acide acétique	Essigsäure
Acide butyrique	Buttersäure
Acide cyanhydrique	Blausäure
Acide folique	Folsäure
Acide formique	Ameisensäure
Acide lactique	Milchsäure
Acide nicotinique	Nicotinsäure
Acide pantothénique	Pantothensäure
Acide propionique	Propionsäure
Acides aminés	Aminosäuren
Acides gras	Fettsäuren
Acides gras volatils	Flüchtige Fettsäuren
Acidose	Azidose
Acidose	Pansenübersäuerung
Additif	Zusatzstoff
Agent conservateur	Konservierungsmittel
Agent conservateur d'ensilage	Silierzusatz
Agneau d'engraissement	Mastlamm
Agnelle/agneau d'élevage	Aufzucht-lamm
Aliment complémentaire	Ergänzungsfutter
Aliment complet	Alleinfutter
Aliment composé	Mischfutter Aliment composé
Aliment concentré	Kraftfutter
Aliment d'allaitement	Milchaustauschfuttermittel
Aliment d'allaitement	Milchersatzfuttermittel
Aliment de production	Leistungsfutter
Aliment minéral	Mineralfutter
Aliment simple	Einzelfuttermittel



Alimentation	Fütterung
Alimentation d'été	Sommerfütterung
Alimentation hivernale	Winterfütterung
Alpung Estivage	Sömmerung, Alpung
Amidon	Stärke
Ammoniac	Ammoniak
Animal de rente	Nutztier
Animal/bétail de boucherie	Schlachttier/Schlachtvieh
Appétibilité (d'un aliment)	Schmackhaftigkeit
Apport	Angebot
Apport	Zufuhr
Apports alimentaires recommandés,	Fütterungsempfehlungen
Approvisionnement	Versorgung
Aptitude à la conservation	Konservierbarkeit
Aptitude à la conservation	Lagerfähigkeit
Azote ammoniacal	Ammoniakstickstoff
Azote non protéique	Nicht-Protein-Stickstoff

B

Bactéries lactiques	Milchsäurebakterien
β-carotène	β-Carotin
Bélier	Schafbock
Besoins	Bedarf
Besoins d'entretien	Erhaltungsbedarf
Besoins de production	Produktionsbedarf
Bétail laitier	Milchvieh
Bétail/bovin d'engraissement	Mastvieh
Bidon	Eimer
Biotine	Biotin
Boeuf	Ochse
Bouc	Ziegenbock
Bovin à l'engrais	Mastrind
Brebis	Aue (Mutterschaf)
Brebis	Mutterschaf (Aue)
Brisures	Bröckelverluste
Buvée	Tränke

C

Caillebotis (intégral)	Spaltenboden (Voll-)
Caillette	Labmagen
Calcium	Kalzium
Capacité d'ingestion	Aufnahmevermögen
Carcasse	Schlachtkörper
Carence	Mangel
Cellulose brute	Rohfaser
Cendres	Rohasche
Céréales humides	Feuchtgetreide
Céréales immatures	Getreide ganze
Cétose, acétonémie	Ketose
Char mélangeur	Futtermischwagen
Charge pour l'environnement	Umweltbelastung
Charnure	Fleischigkeit

Chef d'exploitation	Betriebsleiter
Chèvre, caprin	Ziege
Chevreau/chevrette	Zicklein
Chlore	Chlor
Choline	Cholin
Chou de Chine	Chinakohl
Chou moellier	Markstammkohl
Cobalt	Kobalt
Coefficient d'utilisation (nutriment, minéral etc.)	Verwertbarkeit
Colostrum	Kolostrum
Complémentation	Ergänzungsfütterung
Composition botanique	Botanische Zusammensetzung
Composition botanique	Pflanzenbestand
Concentration en énergie	Energiekonzentration
Concentré de substances actives	Wirkstoffkonzentrat
conservateur d'ensilage	Silierhilfsmittel
Conservation des fourrages	Futterkonservierung
Constituant	Inhaltsstoff
Constituants pariétaux	Zellwandbestandteile
Corps cétonique	Ketonkörper
Couleur de la viande	Fleischfarbe
Coupe	Schnitt
Courbe de croissance	Wachstumskurve
Courbe de croissance	Zuwachskurve
Couverture des besoins	Bedarfsdeckung
Croissance	Wachstum
Croissance compensatoire	Kompensatorisches Wachstum
Croît	Ansatz
Croît sous forme de graisse, graisse fixée	Fettansatz
Croît sous forme de protéines, protéines fixées	Proteinansatz
Croît, croissance	Zuwachs
Crucifères	Kreuzblütler
Cuivre	Kupfer
Culture dérobée, dérobée	Zwischenfutter
Culture pure	Reinbestand
Cycle des éléments nutritifs	Nährstoffkreislauf

D

Dactyle	Knaulgras
Début de lactation (phase de démarrage)	Beginn Laktation (Startphase)
Début de lactation (phase de démarrage)	Startphase (Beginn Laktation)
Déficit	Defizit
Dégradabilité	Abbaubarkeit
Dégradation, mobilisation	Abbau
Degré de finition, état d'engraissement	Ausmastgrad
Dent-de-lion	Löwenzahn
Dicotylédones fourragères non légumineuses	Kräuter
Digestibilité	Verdaulichkeit
Digestibilité apparente	Scheinbare Verdaulichkeit
Digestibilité réelle	Verdaulichkeit, wahre
Digestion	Verdauung

Distribution (d'aliments)	Verabreichung
Distribution (d'aliments)	Verfütterung
E	
Ecart-type	Standardabweichung
Élément majeur (minéral)	Mengenelement (Mineralstoff)
Elevage, remonte	Aufzucht
Energie	Energie
Energie brute	Bruttoenergie
Energie fixée	Energieansatz
Energie métabolisable	Umsetzbare
Energie métabolisable veau	Umsetzbare Energie Kalb
Energie nette pour la production de viande	Netto-Energie Wachstum (Mast)
Energie nette pour la production laitière	Netto-Energie Laktation (Milch)
Engraissement	Mast
Engraissement au pâturage	Weidemast
Engraissement combiné	Kombimast
Engraissement extensif	Extensivmast
Engraissement intensif	Intensivmast
Ensilage	Silage
Ensilage d'herbe	Grassilage
Entretien	Erhaltung
Enzyme	Enzym
Epiaison	Rispenchieben
Equation de régression	Regressionsgleichung
Essentiel	Lebensnotwendig
Etat corporel	Nährzustand
Etat de santé	Gesundheitszustand
Evaluation (valeur nutritive)	Bewertung
Evaluation de la valeur nutritive des aliments	Futtermittelbewertung
Excès	Überschuss
Excrétion	Ausscheidung
Excrétion endogène	Endogene Ausscheidung
Extractif non azoté	Stickstofffreie Extraktstoffe
F	
Farine pour veaux	Kälbernährmehl
Fèces	Kot
Fer	Eisen
Fermentation	Gärung
Fermentescibilité	Fermentierbarkeit
Feuillu	Blätterreich
Fièvre du lait, hypocalcémie	Gebärparese
Fièvre du lait, hypocalcémie	Milchfieber
Finition	Ausmast
Floraison	Blüte
Foin	Heu
Formation des cosses	Hülsenansatz
Fourrage	Raufutter
Fourrage déshydraté artificiellement	Raufutter, künstlich getrocknet
Fourrage sec	Dürrfutter
Fourrage vert	Grünfutter

Fraîchement vêlée	Frisch laktierend
G	
Gain de poids quotidien, accroissement journalier	Tageszuwachs
Gain moyen de poids quotidien	Durchschnittlicher Tageszuwachs
Gain net	Nettozunahme
Gazon (couverture végétale)	Grasnarbe
Gélatinisation	Verkleisterung
Génisse	Rind
Génisse d'élevage	Aufzuchttrind Génisse d'élevage
Gestation	Trächtigkeit
Glucide	Kohlehydrat
Graisse corporelle	Körperfett
Graisse, lipide	Fett Graisse
Granulé	Würfel
Gros intestin	Dickdarm
H	
Herbe et ses conserves	Wiesenfutter
Herbivore	Pflanzenfresser
Huile de foie de morue	Lebertran
Hydroxyde de soude	Natronlauge
hypomagnésémie	
I	
Indice de consommation	Futtermittelnutzung
Ingestibilité	Verzehrbarekeit
Ingestion, consommation	Aufnahme
Ingestion, consommation	Verzehr
Intensité de production	Produktionsintensität
Intestin grêle	Dünndarm
Iode	Iod
J	
Jeune bétail	Jungvieh
Jus d'écoulement	Sickersaft
L	
Lactation	Laktation
Lactose	Laktose
Lait reconstitué	Ersatzmilch
Laiteux	Milchreif
Légumineuses	Leguminosen
Légumineuses, trèfle	Kleearten
Lignine	Lignin
Litière	Einstreu
Litière profonde	Tiefstreu
Livre des aliments des animaux	Futtermittelbuch
Luzerne	Luzerne
M	
Magnésium	Magnesium
Maïs à ensiler	Silomais
Maïs-grain	Körnermais
Maladie du muscle blanc, myopathie	Weissmuskelkrankheit
Manganèse	Mangan

Matière azotée	Rohprotein
Matière azotée digestible	Verdauliches Rohprotein
Matière grasse	Rohfett
Matière grasse du lait	Milchfett
Matière première	Rohkomponente
Matière sèche	Trockensubstanz
Maturité	Reife
Mauvaise fermentation	Fehlgärung
Mégajoule	Megajoule
Mélange de Landsberger	Landsbergergemenge
Mélange de sels minéraux	Mineralstoffmischung
Mélange vesce-avoine	Wickhafer
Métabolisabilité de l'énergie brute (EM/EB)	Umsetzbarkeit der Bruttoenergie
Métabolisme	Stoffwechsel
Métabolisme de base	Grundumsatz
Microorganismes	Mikroorganismen
Microorganismes de la panse	Pansenmikroorganismen
Minéral	Mineralstoff
Mobilisation	Mobilisierung
Molybdène	Molybdän
Montaison	Im Schossen
Mouton, ovin	Schaf
Navettes	Rübsen
Niveau d'alimentation	Fütterungsintensität
Niveau de production	Leistungsniveau
Nourrisseur automatique géré par ordinateur	Computergesteuerter Tränkeautomat
Nutriment	Nährstoff

O

Oligo-élément	Spurenelement
---------------	---------------

P

Panse, rumen	Pansen
Paraplégie	Festliegen
Paroi cellulaire	Zellwand
Pâteux dur	Gelbreif
Pâteux mou	Teigreif
pâturage	Weide
Peptide	Peptid
Performance	Leistung
Performance d'abattage	Schlachtleistung
Performance d'engraissement	Mastleistung
Période de tarissement	Trockenperiode
Période de végétation	Vegetationsperiode
Pertes de conservation	Konservierungsverluste
Pertes de récolte	Ernteverluste
Pertes de récolte	Feldverluste
pH	pH-Wert
Phase de préparation (au vêlage)	Vorbereitungsphase
Phase de production (pleine lactation)	Produktionsphase (Mitte Laktation)
Phosphore	Phosphor
Pica	Lecksucht

Plan d'alimentation	Fütterungsplan
Plan d'allaitement	Tränkeplan
Pleine floraison	Vollblüte
Pleine lactation (phase de production)	Mitte Laktation (Produktionsphase)
Poids à l'abattage	Mastendgewicht
Poids de carcasse	Schlachtkörpergewicht
Poids métabolique	Metabolisches Körpergewicht
Poids mort, poids de carcasse	Schlachtgewicht
Poids vif	Lebendgewicht
Poids vif vide	Leerkörpergewicht
Post-fermentation	Nachgärung
Potassium	Kalium
Pouvoir tampon	Pufferkapazität
Prairie	Wiese
Prairie équilibrée	Ausgewogener Mischbestand
Prairie maigre	Magerwiese
Prairie permanente	Dauerwiese
Prairie riche en autres plantes	Kräuterreicher Mischbestand
Prairie riche en espèces	Artenreiche Wiese
Prairie riche en graminées	Gräserreicher Mischbestand
Prairie riche en légumineuses	Kleereicher Mischbestand
Prairie temporaire	Kunstwiese
Précoce	Frühreif
Préengraissement	Vormast
Préestomacs	Vormagen
Préfanage	Anwelken
Prémélange	Vormischung
Préruminant	Vorwiederkäuer
Prêt à l'abattage	Schlachtreif
Primipare	Erstlaktierend
Production laitière	Milchleistung
Produits de fermentation	Fermentationsprodukte
Protéine du lait	Milchprotein
Protéines absorbables dans l'intestin	Absorbierbares Protein Darm
Protéines alimentaires	Futterprotein
Protéines microbiennes	Mikroorganismen-Rohprotein
Q	
Qualité de carcasse	Schlachtkörperwert
Qualité de la viande	Fleischqualität
R	
Rafle	Spindel
Rapidité de croissance	Wachstumsgeschwindigkeit
Ration complète	Mischration
Ration de base	Grundfütterration
Ration de base	Grundration
Ration de base, fourrage de base	Grundfutter
Rationné	Rationiert
Rationnement	Rationengestaltung
Ray-grass	Raigras
Réflexe de fermeture de la gouttière oesophagienne	Schlundrinnenreflex

Refus, restes	Resten (Futter-)
Regain	Emd
Régression	Regression
Remonte	Remonte
Remonte d'engraissement	Mastremonte
Rendement (de l'utilisation de l'énergie)	Teilwirkungsgrad
Rendement (de l'utilisation de l'énergie)	Wirkungsgrad
Rendement à l'abattage	Schlachtausbeute
Rendement des protéines	Proteinverwertung
Repousse, cycle, coupe	Aufwuchs
Réserves corporelles	Körperreserven
Rétention azotée	Stickstoffansatz
Rumen, panse	Rumen
Ruminant	Wiederkäuer
Sensation de faim	Hungergefühl
S	
Salive	Speichel
Séchage au sol	Bodentrocknung
Séchage en grange	Heubelüftung
Séché en grange	Belüftet
Sel pour bétail	Viehsalz
Sélénium	Selen
Seuil d'handicap	Handicap-Schwelle
Sevrage	Absetzen
Sevrage	Entwöhnung
Silo-tour	Hochsilo
Silo-tranchée	Fahrsilo
Sodium	Natrium
Solubilité	Löslichkeit
Soufre	Schwefel
Sous-produit laitier	Milchnebenprodukt
Spathes	Lieschen
Spectre des acides gras	Fettsäuremuster
Stabulation libre	Laufstall
Stade	Stadium
Stade d'utilisation	Nutzungsstadium
Stade de développement	Entwicklungsstadium
Stade de lactation	Laktationsstadium
Stimulateur de croissance antimicrobien	Antimikrobieller Wachstumsförderer
Stimulateur de performance antimicrobien	Antimikrobieller Leistungsförderer
Structure	Struktur
Substance active	Wirkstoff
Substances antimicrobiennes	Antimikrobielle Wirkstoffe
Substanz Matière azotée	Stickstoffhaltige Substanz
Substanz Matière organique	Organische Substanz
Substitution (taux de)	Verdrängung
Sucres	Zucker
Surcharge grasseuse	Verfettung
Synthèse	Synthese

T	
Table de la valeur nutritive	Nährwerttabelle
Tardif	Spätreif
Tarissement (période de)	Galtphase
Taureau	Stier
Taurillon	Muni
Teneur en nutriments	Nährstoffgehalt
Tétanie d'herbage et d'étable, hypomagnésémie	Weide- und Stalltetanie
Trèfle blanc	Weissklee
Trèfle violet	Rotklee
Tube digestif	Verdauungstrakt
U	
Urée	Harnstoff
Urine	Harn
Utilisation (nutriment, minéral etc.)	Verwertung
Utilisation (prairie)	Nutzung
V	
Vache à haute performance	Hochleistungskuh
Vache allaitante	Ammen- oder Mutterkuh
Vache laitière	Milchkuh
Vache mère	Mutterkuh
Vache nourrice	Ammenkuh
Vache tarie	Galtkuh
Valeur nutritive	Nährwert
Veau à l'engrais, d'engraissement	Mastkalb
Veau d'élevage	Aufzuchtkalb
Veau de vache allaitante	Mutterkuhkalb
Veau maigre	Tränkekalb
Vêlage	Abkalben
Vitamine	Vitamin
Z	
Zinc	Zink

Version: Octobre 2017

Éditeur: Agroscope

Rédaction: Y. Arrigo

Copyright: Agroscope

Svp reproduire le contenu avec référence