

Savoir
faire

Nutrition et alimentation des chevaux

William Martin-Rosset, coord.



éditions
Quæ

Nutrition et alimentation des chevaux

Nouvelles recommandations
alimentaires de l'Inra

Nutrition et alimentation des chevaux

Nouvelles recommandations
alimentaires de l'Inra

Ouvrage collectif
coordonné par William Martin-Rosset

Collection *Savoir-faire*

Guide pour la description des sols

Denis Baize, Bernard Jabiol

2011, 448 p.

L'ombrine ocellée (*Sciaenops ocellatus*)

Biologie, pêche, aquaculture et marché

Jean-Claude Falguière

2011, 144 p.

Méthodes de création de variétés en amélioration des plantes

André Gallais

2011, 286 p.

Histologie illustrée du poisson

Franck Genten, Eddy Terwinghe, André Danguy

2011, 505 p., édition numérique

Bio-informatique. Principes d'utilisation des outils

Denis Tagu, Jean-Loup Risler, coord.

2010, 280 p.

Nutrition minérale des ruminants

François Meschy

2010, 212 p.

Éditions Quæ

RD 10, 78026 Versailles Cedex, France

© Éditions Quæ, 2012

ISBN : 978-2-7592-1669-7

ISSN : 1952-1251

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Table des matières

Remerciements	7
Avant-propos	9
Chapitre 1. Principes de la nutrition des chevaux	13
Dépenses et besoins énergétiques et azotés	
Capacité d'ingestion et apports recommandés	13
Ingestion et digestion des aliments	28
Nutrition énergétique.....	41
Nutrition azotée	51
Nutrition minérale	63
Alimentation vitaminique.....	71
Troubles majeurs de la santé	77
Pour en savoir plus	79
Chapitre 2. Bases du rationnement	81
Besoins nutritionnels et apports alimentaires recommandés.....	81
Poids vif et état corporel	85
Quantités d'aliments ingérées	92
Apports d'eau	94
Complémentation minérale et vitaminique	94
Principaux accidents dus à l'alimentation et leur prévention	97
Comportements alimentaires particuliers.....	106
Pour en savoir plus	108
Chapitre 3. La jument	111
Cycle annuel de reproduction.....	111
Besoins nutritionnels.....	115
Apports alimentaires recommandés	129
Rationnement pratique	137
Pâturage	145
Prévention des problèmes nutritionnels	147
Pour en savoir plus	148

Chapitre 4. L'étalon	151
Caractéristiques du cycle de reproduction.....	151
Besoins nutritionnels et apports alimentaires recommandés au cours du cycle annuel d'utilisation de l'étalon	155
Rationnement pratique	160
Prévention des problèmes nutritionnels	162
Pour en savoir plus	162
 Chapitre 5. Le jeune cheval	165
Croissance et développement.....	165
Besoins nutritionnels.....	186
Apports alimentaires recommandés	193
Rationnement pratique	207
Pour en savoir plus	217
 Chapitre 6. Le cheval au travail	221
Conséquences physiologiques et métaboliques du travail.....	221
Dépenses nutritionnelles	235
Apports alimentaires recommandés	254
Situations particulières	272
Les suppléments nutritionnels particuliers	274
Les contaminants et le dopage	278
Pour en savoir plus	279
 Chapitre 7. Le cheval de boucherie à l'engrais	283
Les différents types de production	283
Besoins nutritionnels et apports alimentaires recommandés.....	289
Rationnement pratique	289
Conseils pratiques pour la conduite et l'alimentation.....	292
Pour en savoir plus	294
 Chapitre 8. Autres équidés et cas particuliers d'intérêt	297
Alimentation des poneys	297
Le cheval en plein air.....	309
Le cheval âgé	312
Alimentation de l'âne	314
Pour en savoir plus	322

Chapitre 9. Les aliments, les additifs, les contaminants	327
Les aliments grossiers.....	328
Les aliments concentrés	335
Les aliments contaminés par des substances dopantes	356
Les aliments toxiques et les intoxications alimentaires.....	358
Pour en savoir plus	363
Chapitre 10. Pâturage	367
Fonctionnement de l'écosystème prairial pâturé.....	367
Utilisation des ressources pâturées par le cheval	376
Les systèmes d'élevage, d'alimentation et fourragers.....	383
Conduite du pâturage	392
Pour en savoir plus	407
Chapitre 11. Récolte et conservation des fourrages	411
Technique et technologie.....	411
Effets sur la valeur alimentaire	425
Pour en savoir plus	434
Chapitre 12. Valeur alimentaire des aliments	437
La valeur énergétique et azotée	437
Les constituants minéraux et leur détermination	473
Les vitamines.....	478
Quantités ingérées d'aliments	481
Pour en savoir plus	483
Chapitre 13. Calcul des rations	487
Méthodes de calcul de la ration journalière.....	487
Calcul de la complémentation minérale et vitaminée.....	499
Fiche type complète de calculs de ration.....	507
Pour en savoir plus	509
Chapitre 14. Impact environnemental des chevaux	511
L'impact du pâturage équin sur la diversité floristique et faunistique des milieux pâturés	511
Les rejets	523

Pour en savoir plus	535
Chapitre 15. Le comportement et sa gestion au cours de la période d'élevage et à l'écurie.....	541
L'environnement naturel du cheval.....	541
Le développement comportemental.....	542
Le rôle des influences sociales et de l'expérience individuelle sur le développement du comportement alimentaire.....	543
L'impact des pratiques d'élevage sur le développement comportemental ...	544
Le cheval adulte à l'écurie	546
En conclusion	547
Pour en savoir plus	548
Chapitre 16. Tables de la composition chimique et de la valeur nutritive des aliments.....	551
Présentation des tables.....	551
Classement des aliments	552
Signification des abréviations.....	552
Définition des stades de végétation des fourrages.....	553
Traitements technologiques affectant les aliments.....	554
Tableaux de composition chimique et de la valeur nutritive des aliments..	556
Annexes.....	588
Pour en savoir plus	596
Autres ouvrages à consulter	597
Abréviations et unités	598
Lexique.....	601
Index	611
Adresses utiles	617
Liste des auteurs	619

Remerciements

L'élaboration des nouvelles bases de la nutrition et de l'alimentation est non seulement issu du travail des chercheurs cités en tant qu'auteurs, et qui sont actuellement impliqués dans le domaine, mais également de la contribution par le passé d'autres chercheurs : J. Andrieu, Jocelyne Aufrère, J.P. Barlet, Geneviève Bigot, C. Béranger, J.P. Dulphy, R. Jarrige, G. Liénard, D. Macheboeuf, J.L. Tisserand, M. Vermorel et J. Vernet pour l'Inra et M. Jussiaux pour l'IFCE.

Un tel ouvrage repose sur de nombreuses études expérimentales souvent complexes et longues. Elles n'ont pu être réalisées que grâce à un travail technique rigoureux et opiniâtre réalisé par les équipes des installations expérimentales de l'Inra (dirigée à Theix par H. Dubroeuq, avec la contribution de ses collaborateurs, notamment M. Dumont Saint Priest, A. Guittard, J.P. Pezant et M. Pezant) et de la station expérimentale de l'IFCE (dirigée par G. Arnaud puis par L. Wimel).

La réalisation de l'ouvrage doit aussi beaucoup d'une part à la secrétaire de l'Inra qui en a assuré, avec beaucoup de ténacité, le secrétariat éditorial, et d'autre part à Caroline Dandurand et Dominique Bollot des Éditions Quae qui en ont assuré l'édition avec patience et compétence.

À toutes et à tous, Merci.

Avant-propos

Jusque dans les années 1970, l'alimentation du cheval était basée sur des systèmes nutritionnels établis chez les ruminants : pour l'énergie, les systèmes UF (unités fourragères) scandinaves en Europe du Nord et UF Leroy en France, le système EA (équivalent amidon) en Allemagne et dans certains pays d'Europe Centrale, le système TDN (*total digestible nutrient*) en Amérique du Nord, et pour l'azote : les systèmes protéines vraies digestibles (PVD) puis les matières azotées digestibles (MAD) selon les pays. Dès que les recherches ont repris sur le cheval, il a été rapidement établi que ces systèmes n'étaient pas adaptés aux équidés, qui bien qu'herbivores comme les ruminants, sont également monogastriques comme le porc.

L'Institut national de la recherche agronomique (Inra) a donc élaboré dans les années 70-80 des systèmes nutritionnels spécifiques au cheval, originaux en termes de concepts et de démarche.

Ainsi, la valeur énergétique des aliments a été évaluée en énergie nette et exprimée en unité fourragère cheval (UFC) pour des raisons pratiques : possibilité pour les utilisateurs de substituer, au moment du calcul des rations, les aliments entre eux sur des bases simples et surtout très concrètes. La valeur azotée est évaluée en quantité globale d'acides aminés et exprimée en matières azotées digestibles cheval (MADC) pour les mêmes raisons que précédemment. Ces concepts originaux ont été confirmés grâce aux études de digestion et de métabolisme conduites à l'Inra de Theix dans les années 80 et 90. Les travaux réalisés ces dernières années (1990 et 2000) ont permis de développer les méthodes et outils de prévision de la valeur nutritive des aliments fermiers et industriels.

Les besoins nutritionnels des animaux ont été déterminés au centre Inra de Theix/ Clermont-Ferrand (Puy de Dôme) en utilisant les méthodes expérimentales et les outils les plus modernes. Ils ont été validés en parallèle par de nombreux essais d'alimentation sur différentes races de chevaux, utilisant un large éventail d'aliments et de rations, en reliant les apports nutritionnels mesurés aux performances réalisées effectivement par les animaux. Ces essais à long terme ont été réalisés à la station expérimentale de l'IFCE à Chamberet (Corrèze) dans les conditions normales d'élevage, à l'ENE de Saumur (Maine et Loire) et au CEZ de Rambouillet (Yvelines) dans les conditions pratiques de l'utilisation du cheval. On peut toutefois regretter de n'avoir pu effectuer que des observations sur des chevaux de courses.

La démarche utilisée a donc été très lourde en termes de complexité des études et de moyens mis en œuvre, et très longue puisque les travaux de recherche ont été réalisés simultanément pour établir la valeur alimentaire des aliments et leurs conditions d'utilisation en respectant leurs cycles de production, de transformation

et de conservation, et pour évaluer les besoins des animaux en s'insérant dans les cycles normaux d'élevage et/ou d'utilisation des chevaux. Les essais ont été réalisés sur un grand nombre d'animaux et ont été répétés plusieurs années pour tenir compte de la variabilité individuelle des performances des animaux et de l'influence des variations annuelles des conditions d'environnement physique sur la valeur des aliments (fourrages) et les performances des animaux. Cette démarche a permis d'établir des apports alimentaires recommandés moyens pour chaque catégorie d'animaux : jument, étalon, jeunes chevaux et chevaux au travail, de selle, de trait, dans une moindre mesure les poneys et aussi modestement l'âne (l'extrapolation du cheval au poney ou à l'âne étant totalement erronée). Il a été tenu compte ces dernières années et dans la mesure du possible, des différents types d'utilisation des races de selle (course, sport, loisirs) voire des disciplines pour la compétition. Concernant les disciplines pour la compétition, les observations de terrain ont été réalisées par les Écoles nationales vétérinaires (ENV) d'Alfort et de Nantes sur les chevaux de sport en France et par l'Inra dans certains centres d'entraînement pour les chevaux de course, ou rapportées aussi dans les deux cas dans la littérature scientifique et technique. Il faut signaler dans le cas de l'âne, la contribution significative de l'ENESAD et du Cirad pour proposer les premières informations scientifiques sur l'alimentation de cet équidé, dont plusieurs dizaines de millions travaillent dans les pays en voie de développement et que nous ne pouvions oublier dans un tel ouvrage. Les apports alimentaires recommandés ainsi établis correspondent à des stratégies alimentaires propres à chaque catégorie d'animaux et situations pratiques majeures rencontrées sur le terrain.

Les recommandations alimentaires proposées tiennent compte également des conditions de bien-être du cheval : santé et comportement des animaux. Les premières études sur les interactions nutrition et santé ostéoarticulaire, mises en place dans les années 2000 avec le concours de chercheurs vétérinaires des ENV d'Alfort et de Lyon, ont permis d'établir les premiers seuils de risque pour prévenir certaines pathologies telles que l'ostéochondrose chez le jeune cheval. Des modalités de gestion comportementale du cheval, au cours de sa période d'élevage et lorsqu'il est conduit en box, ont été proposées grâce aux études réalisées sur le comportement à l'Inra, au CNRS, à l'IFCE, mais aussi dans d'autres pays.

Les apports alimentaires recommandés optimisent l'efficacité de l'utilisation des aliments et des rations par les animaux. Ils participent ainsi à la réduction des rejets qui ont été évalués par l'Inra pour situer le cheval par rapport aux autres animaux de rente dans la préservation de l'environnement.

Les travaux conduits ces dernières années, conjointement par l'Inra, le CNRS et l'IFCE, ont permis de déterminer les capacités du cheval à utiliser les ressources pâturées et son impact sur les couverts végétaux en vue de préciser son rôle sur la préservation de la biodiversité. Les travaux se poursuivent actuellement pour mieux évaluer la part de l'herbe pâturée dans la couverture des besoins nutritionnels des différents types d'animaux d'élevage dans le cadre de systèmes de conduite étudiés précédemment.

L'ensemble des données scientifiques et techniques publiées dans cet ouvrage est déjà utilisé dans le cadre du réseau national REFERENCEs par les zootechniciens et les économistes de l'Institut de l'élevage (IE), en lien étroit avec l'Inra et l'IFCE, pour décrire puis modéliser le fonctionnement des exploitations agricoles élevant des chevaux ou des centres équestres utilisant des chevaux et ainsi montrer en termes économiques le poids important du poste alimentation dans le bilan annuel d'exploitation et la nécessité d'utiliser ces nouvelles connaissances pour améliorer très significativement la rentabilité de toutes ces structures.

L'Inra avait publié en 1984 les bases scientifiques des nouveaux systèmes nutritionnels et les premières recommandations alimentaires. En 1990, les recommandations ont été développées et leurs conditions d'applications précisées en proposant notamment une méthode et un logiciel de calculs des rations (*ChevalRation*) avec le concours d'enseignants du CEZ. L'ouvrage publié aujourd'hui expose les bases scientifiques actualisées des systèmes nutritionnels Inra, des besoins nutritionnels des animaux et des apports alimentaires recommandés qui en découlent replacés dans le cadre de stratégies alimentaires actuelles. Cet ouvrage est clairement dédié aux enseignants, aux cadres du développement, aux vétérinaires praticiens et aux étudiants voire aux utilisateurs les plus avertis et/ou qui veulent progresser rapidement et durablement. Il est complété par l'ouvrage *Alimentation des chevaux* destiné à tous les utilisateurs, couplé avec un autre guide pratique *Notation de l'état corporel des chevaux* (coédition IE – IFCE – Inra) et d'autre part par un logiciel de calculs des rations, *ÉquInration*. L'ensemble de ces publications est le fruit d'une collaboration intense et de long terme avec les organismes et structures mentionnées précédemment.

Les utilisateurs disposent donc aujourd'hui, pour le cheval, comme pour les autres espèces de rente, des informations et outils nécessaires pour faire face à une compétitivité technico-économique accrue pour ceux qui visent le haut niveau comme pour les autres utilisateurs qui produisent et utilisent des chevaux à un coût plus limité, dans le respect des conditions de bien-être du cheval et de l'environnement dans les deux cas.

Les travaux de recherche dans ce domaine, comme dans ceux des autres sciences équinnes, ont été réalisés depuis les années 70 grâce à la clairvoyance sur l'évolution de la filière équine de H. Blanc pour les Haras Nationaux et P. Mauléon pour l'Inra. L'État a alors financé directement ou indirectement l'essentiel du coût réel des recherches, situation unique en Europe et inverse à ce qui prévaut en Amérique du Nord. Cela a permis, en France, de conduire des programmes de recherche structurés et structurants sur la durée, sous l'impulsion et dans le cadre d'un fort partenariat Inra – IFCE auxquels se sont associés d'autres organismes : CNRS, IE, Cirad, LCH et des établissements d'enseignements supérieurs. Mais cet ouvrage n'est pas une fin en soi. Il faut que ces connaissances et les outils proposés soient transférés rapidement et massivement auprès des utilisateurs dans le cadre de la formation initiale et/ou continue, ce qui est insuffisamment réalisé à ce jour malgré les efforts plus ou moins récents de différents acteurs. Le

cheval doit ainsi bénéficier de l'important effort de recherche réalisé en France pour effectuer les mêmes progrès que les autres espèces de rente dans les mêmes conditions. Enfin, il faut que les recherches se poursuivent. Mais est-ce que l'Inra en aura la volonté et encore les moyens ?

1

Principes de la nutrition des chevaux

William Martin-Rosset, Lucile Martin

Les apports alimentaires recommandés par l'Inra reposent sur une démarche scientifique double et conduite en parallèle. L'étude de la physiologie et du métabolisme du cheval et de la biologie des principales fonctions d'entretien et de productions (gestation, lactation, croissance et travail) a été réalisée en utilisant les méthodes et les outils les plus modernes (calorimétrie, marqueurs, chevaux appareillés, etc.) pour évaluer les besoins nutritionnels et l'utilisation digestive et métabolique des nutriments destinés à couvrir ces besoins. Parallèlement, des essais d'alimentation ont été systématiquement réalisés dans des conditions expérimentales d'élevage ou d'utilisation mais proches de la pratique afin d'une part de valider les phénomènes physiologiques et métaboliques observés précédemment, et d'autre part d'établir des apports alimentaires recommandés pour les différents types de chevaux et fonctions, en tenant compte des effets de différents facteurs de variation. Cette double démarche, originale et conduite simultanément par la même équipe de recherche, a permis d'établir des principes modernes de rationnement appliqués et applicables. Il est bien évident que cette démarche a intégré aussi tous les acquis scientifiques obtenus dans le monde.

Dépenses et besoins énergétiques et azotés Capacité d'ingestion et apports recommandés

Définitions et méthodes

Au cours de leur période d'élevage, les chevaux sont en production pendant la majeure partie du temps. La femelle est successivement en croissance puis gestante et allaitante. Le mâle est en croissance continue ou discontinue de la naissance jusqu'à la mise au travail à 2 ou 4 ans. Au cours de la période d'utilisation, le cheval adulte travaille intensivement en vue et au cours des courses ou des compétitions, ou plus modérément voire occasionnellement dans le cadre de l'équitation de loisirs.

Définitions

Les besoins et les apports alimentaires sont clairement distingués dans la démarche Inra. Les besoins correspondent aux dépenses physiologiques de nutriments mesurées expérimentalement chez le cheval dans les différentes situations physiologiques (repos, productions). Les apports correspondent à la quantité de nutriments qui sont apportés par la ration appropriée pour satisfaire les besoins. Ces apports tiennent compte de la valeur nutritive des aliments évaluée dans les systèmes Inra et de la capacité d'ingestion du cheval, ou quantité de nutriments consommée. Les apports alimentaires recommandés correspondent à la quantité de nutriments apportée par la ration ajustée pour atteindre l'objectif de production ou d'utilisation des chevaux qui peut être inférieure, égale ou supérieure, à celles des besoins à un moment du cycle d'élevage ou d'utilisation selon les objectifs techniques et/ou économiques.

Méthodes d'évaluation

Les besoins sont classiquement mesurés par la méthode factorielle. Pour l'entretien, les besoins sont évalués sur un nombre limité d'animaux (6 par groupe en général) par la mesure des dépenses sur une période relativement courte (plusieurs jours) par calorimétrie pour l'énergie, des bilans pour l'azote et les minéraux, puis en utilisant les rendements de l'utilisation des nutriments pour l'énergie et l'azote, ou les coefficients de digestibilité pour les minéraux et vitamines. Par exemple pour la lactation, les besoins sont évalués à partir de la production laitière mesurée, des quantités de nutriments sécrétés dans le lait et des rendements d'utilisation ou de la digestibilité de ces nutriments.

Les apports sont évalués à l'aide de la méthode globale, dite des essais d'alimentation réalisés avec un grand nombre d'animaux (> à 10 par groupe) pendant une longue période (plusieurs mois correspondant au cycle d'élevage ou d'utilisation) pour prendre en compte la variabilité individuelle, les races, les effets des facteurs environnementaux chez des animaux en bonne santé et bien conduits. Les quantités ingérées de nutriments sont alors reliées aux performances réellement réalisées. Cette relation est spécifique à la fonction biologique considérée : lactation, croissance... Pour chaque fonction biologique la relation est étudiée pour une gamme étendue de performances : différents niveaux de production laitière, de croissance, travail, chez des animaux recevant différents types de régimes alimentaires.

Ces relations sont modélisées pour calculer les besoins et les apports en nutriments pour chaque fonction et dans une gamme de situations étendue correspondant aux principales situations pratiques.

Dépenses d'entretien

Énergie

Les besoins d'entretien correspondent à la quantité d'énergie nécessaire pour couvrir les dépenses correspondantes à la vie et à l'activité d'un cheval qui n'assure

aucune production ou travail et se maintient à poids constant et sans variation de composition corporelle. Le besoin est proportionnel au poids métabolique ($PV^{0,75}$) du cheval.

Le métabolisme de base, qui en est sa composante principale, correspond à la dépense énergétique de l'animal à jeun, au repos dans sa zone de neutralité thermique. Il se compose de deux parties d'importance comparable associées d'une part au fonctionnement des organes vitaux (système nerveux, cœur, poumons, foie, reins, etc.), d'autre part au maintien de l'intégrité des cellules et des tissus (renouvellement des protéines, des lipides, transport des ions, etc.).

Au métabolisme de base s'ajoutent les dépenses liées à l'ingestion et à la digestion des aliments, à l'excrétion des déchets toxiques, à la thermorégulation et à l'activité physique spontanée. Il faut souligner à ce propos que chez les équidés, à la différence de l'homme et des ruminants, la station debout n'entraîne pas d'augmentation de la dépense énergétique par rapport à la position couchée grâce à un système très efficace de ligaments suspenseurs. Le cheval dort aussi confortablement debout que couché.

La dépense a été mesurée par calorimétrie indirecte et par des essais d'alimentation au cours desquels on a déterminé la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir le cheval à poids constant pendant une période assez longue.

Le besoin a été établi chez le hongre à 84 kcal d'énergie nette (EN)/kg $PV^{0,75}$ soit 0,0373 UFC/kg $PV^{0,75}$ à partir des données de la bibliographie et des mesures effectuées par l'Inra. Mais ce besoin est plus élevé chez le mâle, les races de selle et de sang (tableau 1.1), et inférieur de 16 p. 100 chez le poney. La variabilité individuelle est élevée : elle est en moyenne de 8 p. 100 ; ce qui traduit probablement des différences de tonus musculaire et d'activité liées au tempérament des animaux. Elle est également supérieure chez les jeunes chevaux par rapport aux chevaux d'âge (+ 11 p. 100).

La dépense énergétique est affectée par les variations climatiques qu'elles soient élevées ou très basses, bien que le cheval soit capable de s'adapter. Le cheval

Tableau 1.1. Variation des dépenses d'entretien avec le sexe, la race et l'activité.

	Sexe		Races			
	Mâle	Femelle	Trait	Selle	Sang	Poney
Au repos	+ 10	0	0	+ 5	+ 10	- 10 à - 15/selle
Au travail	-	-	+ 5 à + 10	+ 10 à + 25	+ 30 à + 40	+ 5 à + 10
Étalon						
• Repos			+ 5	+ 15	+ 20	+ 5 à + 10
• Monte			+ 10	+ 20	+ 25	+ 10 à + 15

subit les effets de la température ambiante, conduction, convection, radiation et évaporation, mécanismes qui ont pour effet d'augmenter ou de diminuer la quantité de chaleur qu'il doit éliminer ou conserver pour maintenir une température corporelle constante de 38 °C. Une zone de neutralité thermique (ZNT) a été déterminée chez le cheval selon les zones climatiques. En zone tempérée, la ZNT est de + 5 °C à + 25 °C, tandis qu'elle est de - 15 °C à + 10 °C en zone froide chez le cheval adulte acclimaté dans chacune des deux zones climatiques considérées. La durée d'acclimatation aux températures chaudes ou froides est en moyenne de trois semaines chez le cheval adulte au repos. Elle serait seulement de deux semaines chez le cheval adulte au travail. Dans les conditions froides, l'acclimatation du cheval adulte est efficace dans la ZNT car le cheval produit beaucoup d'extra-chaleur au cours de la digestion des aliments, 20 à 40 p. 100 de l'énergie ingérée et d'autant plus élevée que la proportion de foin dans la ration est élevée. Mais la dépense énergétique augmente rapidement en dehors de la ZNT, de 2,5 % par degré Celsius en dessous de la ZNT établie en zone très froide à - 9 à - 15 °C ce qui peut conduire à des augmentations de la dépense d'entretien de 10 à 30 p. 100. La dépense peut être également augmentée de + 8 à 10 p. 100 en été (+ 19 °C) chez le cheval adulte non tondu conduit en box en zone tempérée comparée à celle mesurée en hiver (+ 7 °C). En revanche, la dépense serait légèrement diminuée chez le cheval tondu.

Azote

À l'entretien, 15 g d'azote/kg PV^{0,75} et par jour seraient synthétisés soit 1 600 g de protéines pour un cheval adulte de 500 kg. Le cheval synthétise 3 à 5 fois plus de protéines que d'acides aminés ingérés, comme les autres herbivores. La plupart des acides aminés impliqués dans la synthèse proviennent de la dégradation propre des protéines corporelles comme chez les autres espèces animales.

Dans cette situation physiologique, l'organisme de l'animal subit des pertes d'azote dans l'urine et dans les fèces, même s'il reçoit une ration parfaitement équilibrée, quant à la teneur et à la composition en protéines, comme en constituants énergétiques, minéraux, etc. Ces pertes endogènes sont engendrées par le fonctionnement digestif et métabolique de l'organisme. Les pertes d'azote urinaire endogène sont représentées par les produits (urée, ammoniac, etc.) du catabolisme d'une partie des acides aminés, résultant de leur apport excédentaire lors de l'absorption post-prandiale et du renouvellement des protéines de l'organisme. La perte d'azote fécal endogène provient du fait que l'azote des sécrétions digestives (enzyme, urée, mucus) et des cellules épithéliales desquamées n'est pas intégralement récupéré. Une partie est excrétée dans les fèces directement et, surtout, sous forme de protéines microbiennes. Chez un animal donné, elle augmente avec la quantité de matière sèche ingérée et avec la teneur en parois (cellulose brute) de la ration. Ces pertes endogènes correspondent aux valeurs minimales lorsque l'animal consomme une ration contenant peu de protéines mais qui est correcte à tous les autres points de vue.