

Les aliments enrichis en matière grasse dans l'alimentation du cheval : caractéristiques, appétence et digestibilité

DELOBEL A.¹, CUVELIER C.²

¹ ROCINANTE, Avenue Blonden 54, 4000 Liège, Belgique

² Service de Pharmacologie, Département des Sciences fonctionnelles, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, Boulevard de Colonster, 20, Bât. B41, 4000 Liège, Belgique

Correspondance : Dr Agathe DELOBEL Email : agathe.delobel@rocinante.be

RESUME : Les publications traitant des effets métaboliques des aliments enrichis en matière grasse dans l'alimentation du cheval sont nombreuses. Cet article s'intéresse d'abord au contexte de leur utilisation et à leurs caractéristiques, avant d'envisager leurs effets sur l'appétence et la digestibilité de la ration. Bien que le vocable d'aliment enrichi en matière grasse recouvre des réalités bien différentes en termes de composition, l'examen de la littérature indique qu'ils présentent globalement une bonne appétence et que la digestibilité de la matière grasse est particulièrement élevée. Ils pourraient ainsi constituer une alternative de choix à l'utilisation de quantités importantes de céréales, dont les effets négatifs sont aujourd'hui bien documentés.

1. INTRODUCTION

Le comportement alimentaire naturel du cheval est caractérisé par une ingestion en plusieurs séquences quotidiennes de 2 à 3 heures ; le cheval y consacrant 12 à 18 heures par jour (Duncan, 1980 ; Wolter, 1999 ; Zeitler-Feicht, 2001), selon la valeur nutritive des aliments. Bien que l'ingestion alimentaire soit plus intense le matin et en fin d'après-midi, d'autres petits repas ont lieu, tant au cours de la journée que de la nuit (Collery, 1974). Au box, et avec une ration à base de foin, la durée d'ingestion atteint au moins 7 heures par jour et le cheval a tendance à fractionner sa consommation quotidienne en une dizaine de petits repas. En revanche, il suffit de 10 minutes, en moyenne, pour qu'un cheval consomme 1 kg d'aliments concentrés (c'est-à-dire à teneur énergétique élevée) ; le comportement d'ingestion ne représentant plus, alors, qu'une ou

deux heures par jour (Clarke *et al.*, 1990 ; Wolter, 1999). Cette perturbation du comportement alimentaire naturel du cheval est particulièrement marquée chez le cheval de sport. Les fourrages sont en effet, dans ce cas, en grande partie remplacés par des aliments concentrés riches en céréales, en vue de couvrir leurs besoins énergétiques élevés (Argo *et al.*, 2002), ceux-ci pouvant atteindre le double de ceux nécessaires au même animal au repos (Julliand, 2005). Le tableau I présente l'influence des diverses conduites alimentaires sur les quantités d'aliments ingérées et le temps d'ingestion pour un cheval effectuant, ou pas, un travail d'intensité variable.

Cet article a pour objectif, dans un premier temps, d'envisager les conséquences de ce recours de plus en plus fréquent à des aliments concentrés distribués bi-quotidiennement et en quantités importantes. Les alternatives

à cette pratique sont ensuite envisagées. Les aliments enrichis en matière grasse constituent l'une des solutions proposées. La seconde partie de ce document porte donc sur la composition de ceux-ci et sur leurs effets, *in vivo*, en termes d'appétence et de digestibilité.

2. LES ALIMENTS ENRICHIS EN MATIÈRE GRASSE : CONTEXTE D'UTILISATION

2.1. Les inconvénients liés à la distribution de quantités importantes d'aliments concentrés

Les effets néfastes d'un apport excessif d'aliments concentrés concernent d'abord le comportement des chevaux. En effet, les résultats d'études expérimentales (Willard *et al.*, 1977 ; Board Gillham *et al.*, 1994 ; Redbo *et al.*, 1998 ; Zeyner, 2002 cité par Zeyner *et al.*, 2004) et épidémiologiques (Waters

Tableau I : besoins énergétiques, quantités d'aliment ingérées et temps d'ingestion* pour un cheval de 500 kg à l'entretien ou au travail (Martin-Rosset et al., 1994 ; Zeitler-Feicht, 2001) : valeurs recommandées pour les juments et pour les hongres.

		Pâturage	Ration à base de foin	Ration à base d'aliment concentré
Entretien	Besoins énergétiques (UFC)	4,2	4,2	4,2
	Ingestion (kg de MS)	9-10,5	8,5	7
	Temps d'ingestion (h)	12 – 18	7	1h 15 min
1h/jour de travail léger	Besoins énergétiques (UFC)	6,9	6,9	6,9
	Ingestion (kg de MS)	9 – 10,5	11,5	9,5
	Temps d'ingestion (h)	12 – 18	9,5	1h 45 min
2h/jour de travail lourd	Besoins énergétiques (UFC)	7,2	7,2	7,2
	Ingestion (kg de MS)	9 – 10,5	12,0	10,0
	Temps d'ingestion (h)	12 – 18	10	1h 50 min

UFC = Unité fourragère cheval ; MS = Matière sèche, h = heure

* Le temps d'ingestion est calculé sur base d'une durée unitaire d'ingestion de 50 min/kg MS pour le foin et de 10-12 min/kg MS pour l'aliment concentré (Doreau, 1978).

et al., 2002 ; Bachmann et al., 2003), indiquent que les comportements stéréotypés (coprophagie, tic aérophagique...) ou agressifs sont plus fréquents chez des animaux nourris à base de concentrés que chez ceux recevant un pourcentage plus important de fourrages. Bien que ces comportements soient généralement considérés comme étant d'origine multifactorielle (Redbo et al., 1998), certaines hypothèses causales liées aux modes d'alimentation et d'hébergement des chevaux sont avancées. Il est ainsi possible que ces comportements soient une manifestation de l'ennui des animaux (Redbo et al., 1998) ou, en tout cas pour certains d'entre eux, qu'ils reflètent un apport insuffisant de fibres alimentaires dans la ration (Krzak et al., 1991).

D'autre part, les aliments concentrés utilisés dans l'alimentation du cheval sont principalement basés sur les céréales et donc très riches en amidon. De nombreuses études soulèvent les inconvénients liés à un apport excessif d'amidon. La dénomination « *equine grain-associated disorders* » (EGAD) est utilisée pour regrouper l'ensemble des perturbations digestives liées à la fermentation rapide de ce type d'aliments et à leurs conséquences métaboliques (Kronfeld et Harris, 2003). Une étude épidémiologique réalisée en 1997, aux Etats-Unis, par Tinker et collaborateurs met ainsi en évidence

une incidence accrue de cas de coliques chez des chevaux recevant plus de 2,5 kg de concentrés par jour. De surcroît, les chevaux consommant quotidiennement entre 2,5 et 5 kg d'aliments concentrés présentent un risque de coliques cinq fois plus élevé que ceux recevant uniquement une alimentation à base de fourrages ; ce risque étant six fois plus important au-delà de 5 kg par jour. Ces corrélations sont confirmées par plusieurs essais cliniques, tandis que certaines expériences, réalisées *in vitro*, permettent de confirmer l'existence d'un lien de causalité entre cet excès d'amidon et l'incidence de certains types de coliques (colites, entérites...), d'endotoxémie et de fourbure. Potter et collaborateurs (1992) démontrent ainsi qu'un apport d'amidon supérieur à 3,5-4 g/kg PC (grammes par kilo de poids corporel) par repas (c'est-à-dire environ 3 kg d'orge pour un cheval de 500 kg) dépasse la limite de digestion enzymatique et entraîne une augmentation importante de la quantité d'amidon atteignant l'iléon postérieur. En effet, bien que les sécrétions pancréatiques soient abondantes en termes de volume, l'activité de l' α -amylase est faible dans l'espèce équine (Roberts, 1975 ; Kienzle et al., 1994) ; celle-ci ne jouant qu'un rôle mineur au pâturage. L'amidon excédentaire, non digéré au niveau intestinal grêle, atteint alors

le gros intestin où il est fermenté par la microflore et la microfaune locale, à l'origine de modifications de la composition de celles-ci (Garner et al., 1978 ; Goodson et al., 1988 ; de Fombelle et al., 2001 ; Julliand et al., 2001), notamment d'une prolifération de bactéries productrices d'acide lactique (Garner et al., 1978 ; Goodson et al., 1988) et donc d'une accumulation de celui-ci (Rowe et al., 1994 ; Julliand et al., 2001) et d'une chute de pH (Willard et al., 1977 ; Garner et al., 1978 ; Goodson et al., 1988 ; Julliand et al., 2001). Cette chute de pH résulte en la lyse de certaines bactéries majoritairement Gram négatives, se développant normalement dans un milieu plus alcalin, et à l'origine de la production d'endotoxines (Garner et al., 1978).

Bien que certains aspects de la pathogénie de la fourbure induite par un excès d'amidon demeurent incertains, les conséquences de cette acidose lactique peuvent être à l'origine d'une fourbure aiguë (Bailey et al., 2004). La détérioration de la muqueuse intestinale induite par la présence d'acide lactique et d'endotoxines (Garner et al., 1978) résulte en une augmentation de la perméabilité de la muqueuse intestinale (Weiss et al., 2000) suivie d'une endotoxémie (Sprouse et al., 1987). Ces endotoxines peuvent influencer, de manière directe, sur la vascularisation

de l'extrémité digitée (Bailey *et al.*, 2004) ou agir indirectement, via l'activation de métallo-protéases de matrice (Mungall *et al.*, 2001). De plus, certaines amines, issues de la décarboxylation bactérienne de divers acides aminés au niveau intestinal, sont dotées de propriétés de vasoconstriction (Bailey *et al.*, 2002 ; 2003).

La distribution de quantités importantes de céréales est également invoquée (Hammond *et al.*, 1986 ; Beyer, 1998 ; Pagan, 2001) comme facteur expliquant l'incidence élevée d'ulcères gastriques chez le cheval de sport (Murray *et al.*, 1996 ; Jonsson et Egenvall, 2006). En effet, les longues périodes de jeûne s'écoulant entre les repas de concentrés sont à l'origine d'une exposition prolongée de la muqueuse stomacale à l'acide gastrique ; celui-ci étant produit continuellement, quel que soit l'apport alimentaire. Inversement, une alimentation plus riche en fibres et plus fréquente stimule la mastication et la production de salive, cette dernière intervenant comme facteur de protection de la muqueuse contre l'acidité gastrique (Nadeau *et al.*, 2000).

Certains auteurs relèvent également une résistance à l'insuline chez des chevaux adultes (Hoffman *et al.*, 2003 ; Pratt *et al.*, 2006) et chez des poulains (Treiber *et al.*, 2005) alimentés avec de grandes quantités de concentrés riches en amidon. Celle-ci est invoquée comme facteur de risque ou comme composante de la pathogénie de la fourbure, des hyperlipémies (Jeffcott *et al.*, 1986), des adénomes pituitaires (Garcia et Beech, 1986) et de l'ostéochondrose (Glade *et al.*, 1984 ; Ralston, 1996). Les résultats d'une étude expérimentale récente (Ott *et al.*, 2005) remettent néanmoins en cause l'implication des aliments concentrés riches en amidon dans l'apparition de maladies orthopédiques de développement.

2.2. Les alternatives

De nombreuses études s'intéressent donc aux moyens disponibles pour éviter ces excès d'amidon et leurs conséquences, soit en limitant les effets néfastes de l'amidon au niveau du gros intestin, soit en favorisant la digestion enzymatique de l'amidon au niveau intestinal grêle, ou encore en utilisant d'autres sources énergétiques.

2.2.1. L'utilisation de probiotiques

L'incorporation de certaines levures, telles que *Saccharomyces cerevisiae*, dans des rations riches en amidon semble limiter l'importance de leurs effets indésirables sur l'écosystème intestinal du cheval (Medina *et al.*, 2002). Les travaux de recherche s'y rapportant sont cependant encore peu nombreux.

2.2.2. Alternatives permettant d'augmenter la digestion enzymatique de l'amidon

Le traitement des céréales et l'utilisation d'enzymes exogènes constituent deux moyens d'éviter l'arrivée de l'amidon au niveau du gros intestin en rendant plus efficace la digestion enzymatique au niveau intestinal grêle.

Si dans la première partie de ce document, l'apport excédentaire d'amidon a été considéré comme une entité propre, il convient néanmoins d'y apporter certaines précisions. Outre les différences individuelles liées principalement à l'intensité de la mastication et à l'activité de l'amylase (Meyer *et al.*, 1995), à taux similaire d'ingestion, la digestion enzymatique de l'amidon dépend de l'origine botanique de la céréale et du traitement appliqué à celle-ci (Julliand *et al.*, 2006). Ainsi, la digestibilité enzymatique de l'amidon d'avoine est supérieure à celle de l'amidon du maïs et de l'orge (Meyer *et al.*, 1995). Par ailleurs, il est possible de favoriser la digestion enzymatique de l'amidon au niveau intestinal grêle par un traitement des céréales, ce qui permet d'augmenter l'accessibilité de l'amidon pour les enzymes digestives (Meyer *et al.*, 1995 ; Richards *et al.*, 2006). Un simple traitement mécanique, l'aplatissement (Kienzle *et al.*, 1997) par exemple, mais surtout, des traitements plus complexes utilisant les effets combinés de la chaleur, de la pression et de l'humidité tels que l'extrusion (Ross *et al.*, 1987 ; Granfeldt *et al.*, 1994) permettent d'atteindre cet objectif. Il semble néanmoins que ces traitements soient sans influence sur la dégradation microbienne de l'amidon au niveau du caecum et du colon (Julliand *et al.*, 2006).

Une autre voie possible est l'utilisation d'enzymes exogènes (α -amylase et amyloglucosidase (Richards *et al.*, 2004) ou α -amylase seule (Meyer *et al.*, 1995)), administrées par voie orale,

afin d'assurer une digestion complète de l'amidon au niveau intestinal grêle. Bien que l'objectif escompté soit atteint, des recherches méthodologiques supplémentaires sont nécessaires avant d'envisager leur utilisation pratique (Richards *et al.*, 2004). De plus, ces enzymes ne sont pas autorisées comme additifs alimentaires pour l'espèce équine.

Si ces diverses méthodes permettent d'accroître la digestion enzymatique de l'amidon, à notre connaissance, aucune étude n'a encore évalué spécifiquement leurs effets sur l'incidence des coliques.

2.2.3. La substitution de l'amidon par d'autres sources d'énergie

Un autre moyen d'éviter les inconvénients liés à l'utilisation de quantités trop importantes de céréales est d'en limiter l'apport en substituant une partie de celles-ci par d'autres sources d'énergie. Trois voies sont ainsi possibles : l'utilisation énergétique des fibres, de la protéine et de la matière grasse.

Les fibres alimentaires représentent l'ensemble des hydrates de carbone indigestibles par voie enzymatique (Trowell, 1974). Elles sont principalement représentées par les glucides pariétaux et membranaires des végétaux (cellulose, hémicelluloses, substances pectiques, lignine...). La fraction enzymo-résistante de l'amidon est également reprise sous cette dénomination. Chez les monogastriques herbivores, une partie de ces fibres subit une digestion microbienne au niveau du gros intestin de telle sorte qu'elles permettent un certain apport énergétique. Le rendement digestif et métabolique de ce type de carburant est cependant moindre que celui des sources amylacées. Dans ce contexte, certains auteurs (Crandell *et al.*, 1999 ; Lindberg et Palmgren Karlsson, 2001 ; Palmgren Karlsson *et al.*, 2002 ; Olsman *et al.*, 2004) se penchent sur les pulpes séchées, un aliment riche en fibres hautement fermentescibles, en remplacement de l'amidon chez le cheval de sport. Les résultats obtenus indiquent que les pulpes séchées présentent une bonne appétence (Olsman *et al.*, 2004) et qu'il est possible de fournir 15 % des apports énergétiques du cheval de sport par des pulpes séchées (Crandell *et al.*, 1999). Les résultats relatifs à l'effet des pulpes séchées sur la digestibilité des nutriments sont néanmoins

contradictoires. Lindberg et Palmgren Karlsson (2001) constatent un effet limité sur ces paramètres, tandis que les travaux d'Olsman et collaborateurs (2004) mettent en évidence une diminution significative de la digestibilité de la matière grasse et de l'amidon. En outre, Crandell et collaborateurs (1999) rapportent de moins bonnes performances à l'exercice avec un aliment enrichi en pulpes séchées, par rapport à celles obtenues avec un aliment enrichi en matière grasse.

Fournies en quantités telles qu'elles dépassent les besoins d'entretien, les protéines peuvent constituer une source d'énergie par utilisation de leur squelette carboné et ainsi contribuer à la production énergétique musculaire (Lawrence, 1990). Cependant, l'utilisation de la protéine comme source d'énergie est peu adéquate, particulièrement pour le cheval à l'effort. Il semble en effet que des apports protéiques supérieurs à 2 g/kg PC/j soient pénalisants en raison de leurs effets sur la production de chaleur (Kronfeld, 1996), l'équilibre acide-base (Graham-Thiers *et al.*, 2001) et les besoins en eau (Kronfeld, 1996 ; 2001).

La matière grasse apportant 2 à 3 fois plus d'énergie que les hydrates de carbone ou les protéines (NRC, 1989), le moyen le plus simple d'augmenter la densité énergétique d'un aliment, et donc d'en diminuer les quantités nécessaires, est d'augmenter sa teneur en matière grasse. Dans ce contexte, de nombreux auteurs s'intéressent à la substitution partielle de l'amidon par de la matière grasse, cette substitution étant combinée ou non à un apport supplémentaire en fibres.

La deuxième partie de cet article traite de l'incorporation de matière grasse dans les rations pour chevaux, de son appétence et de ses effets sur la digestibilité des nutriments.

3. LES ALIMENTS ENRICHIS EN MATIÈRE GRASSE : DÉFINITION

Si la littérature abonde quant aux divers intérêts et utilisations possibles des aliments enrichis en matière grasse, paradoxalement, il n'existe pas de définition de cette pratique, tant au niveau de la composition de ce type de ration qu'en ce qui concerne les objectifs escomptés.

De manière générale, les aliments riches en matières grasses sont définis par rapport à un autre aliment, utilisé comme témoin ; la ration enrichie en matière grasse étant pauvre en hydrates de carbone et/ou en protéine (Hallebeek, 2002). Il est ainsi nécessaire de définir au préalable les apports en matières grasses des rations usuelles pour chevaux. L'incorporation de matières grasses permet d'atteindre deux objectifs : l'apport énergétique et l'apport en acides gras. La majorité des études se sont focalisées sur l'aspect énergétique. Néanmoins, d'autres auteurs ont envisagé, en parallèle, les effets liés à une complémentation en acides gras. Le profil en acides gras des principaux aliments pour chevaux et des huiles les plus fréquemment utilisées sera donc également considéré.

3.1. Le contenu en matière grasse et le profil en acides gras des rations pour chevaux

Le tableau II présente la composition en matière grasse et en principaux aci-

des gras des aliments utilisés dans les rations pour chevaux. Les teneurs en matière grasse de ces aliments sont généralement faibles. L'orge est très pauvre en matière grasse, l'avoine et le maïs en contenant à peu près le double. Ces trois céréales présentent des pourcentages relatifs élevés en acide linoléique (C18 : 2). L'herbe contient peu de matière grasse, mais un pourcentage relatif important d'acide α -linoléique (C18 : 3). Le foin présente les mêmes caractéristiques en termes de contenus en matière grasse et en acide α -linoléique. Les rations pour chevaux sont donc naturellement pauvres en matière grasse, quel que soit le rapport fourrage/concentré de la ration. La teneur en matière grasse des céréales excédant celle des fourrages, les rations principalement basées sur des aliments concentrés contiennent légèrement plus de matière grasse que celles basées sur les aliments fourragers. De plus, de faibles quantités d'huile sont ajoutées (Dunnnett, 2005) dans les aliments concentrés commerciaux en vue d'obtenir un aliment peu poussieux ; leurs teneurs atteignant ainsi 3 à 6 % de matière grasse brute dans la matière sèche.

3.2. Les sources de matières grasses utilisées dans la fabrication des aliments enrichis

L'huile de maïs (Kane *et al.*, 1979 ; McCann *et al.*, 1987 ; Harkins *et al.*, 1992 ; Bush *et al.*, 2001 ; Lindberg et Palmgren Karlsson, 2001) et l'huile de soja (Hambleton *et al.*, 1980 ; Orme *et al.*, 1997 ; Crandell *et al.*, 1999 ; Zeyner *et al.*, 2002a ; 2002b) constituent les deux sources de lipides les plus largement utilisées pour la fabrication d'aliments enrichis en matière

Tableau II : teneurs en matière grasse et en principaux acides gras des aliments fréquemment utilisés dans les rations pour chevaux, d'après Sauvant et collaborateurs, 2004.

Aliment	Matière sèche	Matière grasse brute (MGB)	Acides gras	C12 : 0	C16 : 0	C18 : 1	C18 : 2	C18 : 3
	%	g/kg de MS	% de MGB	% des AGT	% des AGT	% des AGT	% des AGT	% des AGT
Orge	87,0	17	70	-	22,2	12,0	55,4	5,6
Avoine	88,5	49	90	-	16,6	37,1	37,5	1,5
Maïs	86,4	38	90	0,08	11,1	26,9	56,5	1,0
Herbe	15,0	5	50	-	16	4	12	60
Foin	89,6	3,4	50	0,2	23,5	6	18,3	40,8

grasse. L'examen de leur composition en acides gras (tableau III) révèle une prédominance d'acide linoléique (C18 : 2), suivie de l'acide oléique (C18 : 1), puis de l'acide palmitique (C16 : 0). L'huile de soja contient également environ 7% d'acide linoléique (C18 : 3), tandis que l'huile de maïs en contient moins de 1 %. L'huile de maïs et l'huile de soja contiennent également de l'acide stéarique (C18 : 0) mais en quantités plus limitées (1,8 et 3,8 %).

Le tableau III présente également la composition d'autres sources de matière grasse, moins usitées. Celles-ci font parfois l'objet de comparaison avec d'autres huiles, d'utilisation plus fréquente. Ainsi, Harris et collaborateurs (1999) et Hallebeek et Beynen (2002) comparent, respectivement, l'huile de coprah et l'huile de palmiste à l'huile de soja, en raison de leur plus grande richesse en acides gras saturés qui leur confère une moindre sensibilité au rancissement oxydatif et donc un avantage pratique. Gatta et collaborateurs (2005) utilisent, quant à eux, de l'huile d'olive et de l'huile de maïs (riche en acides gras poly-insaturés) ;

l'huile d'olive étant plus riche en acide gras saturés et mono-insaturés. En vue de déterminer l'utilisation énergétique de trois sources différentes de matière grasse, McCann et collaborateurs (1987) utilisent de l'huile de maïs, du suif et un mélange de graisses animales et végétales. D'autre part, certaines études visent à modifier le profil en acides gras plasmatiques des chevaux au moyen de l'alimentation, afin de bénéficier de l'une ou l'autre propriété des acides gras polyinsaturés (*n-3*) observés dans d'autres espèces. L'huile de lin (Deem Morris *et al.*, 1991 ; Friberg et Logas, 1999), l'huile de son de riz (Frank *et al.*, 2005), l'huile de poisson (Hall *et al.*, 2004a ; 2004b ; O'Connor *et al.*, 2004 ; 2007) et la graisse de phoque (Khöl-Parisini *et al.*, 2007) sont ainsi parfois utilisées. Enfin, certains travaux sont réalisés avec d'autres sources de matière grasse, sans qu'une justification particulière n'y soit apportée. Les études de Saastamoinen et collaborateurs (1994) et de Hyypä et collaborateurs (1999) sont ainsi effectuées avec de l'huile de colza ; d'autres avec des graisses animales (Hughes *et al.*, 1995). Parfois

même, la nature de la source de matière grasse n'est pas mentionnée (Ropp *et al.*, 2003) ou il s'agit d'un mélange dont la composition exacte n'est pas indiquée (Williams *et al.*, 2001).

3.3. Les taux d'incorporation en matière grasse

Le premier facteur limitant l'incorporation de matière grasse dans les aliments concentrés est lié aux contraintes techniques de leur fabrication. Cette question n'est malheureusement pratiquement jamais abordée dans la littérature (Hallebeek, 2002). Si des taux de 7 % d'incorporation, en moyenne, peuvent être atteints par les techniques traditionnelles de fabrication (mélange, spray), des techniques plus spécifiques sont nécessaires à l'incorporation de quantités plus importantes (Hallebeek, 2002). La fermeté des pellets diminue au fur et à mesure que l'incorporation de matière grasse augmente. À ce sujet, l'huile de palmiste présente un intérêt particulier par rapport aux autres sources végétales ; son point de fusion plus élevé facilite la fabrication de l'ali-

Tableau III : composition en acides gras des différentes sources de matière grasse, teneur exprimée en pourcentage des acides gras totaux.

Acide gras	Huile de maïs	Huile de soja	Huile de lin	Huile de coprah	Suif	Huile de poisson	Huile de palmiste	Huile d'olive
	adapté de National Research Council, 2001 ; O'Connor <i>et al.</i> , 2004	adapté de National Research Council, 2001	adapté de National Research Council, 2001	adapté de Meyer <i>et al.</i> , 1997	adapté de McCann <i>et al.</i> , 1987	adapté de O'Connor <i>et al.</i> , 2004	adapté de Hallebeek et Beynen, 2002	adapté de Gatta <i>et al.</i> , 2005
C6 : 0								
C8 : 0				6				
C10 : 0				5	0,1			
C12 : 0				47	0,2			
C14 : 0	0,0	0,1	-	19	2,5	6,71		
C16 : 0	10,9	10,3	5,3	11	18,07			
C18 : 0	1,8	3,8	4,1	3	9,51			
C18 : 1	24,2	22,8	20,2		44,26			
C18 : 2	58,0	51,0	12,7		20,19	1,7	1,2	0,08
C18 : 3	0,7	6,8	53,3		1,78	1,36	39,2	13,21
C20 : 0	0,344					0,53	11,9	4,17
C20 : 1	0,77					1,73	32,7	68,45
C20 : 2	0,092					1,00	0,2	9,85
C20 : 4	0,0					0,53	3,4	0
C20 : 5	0,048					10,62		
C22 : 0	0,169					0,38		
C22 : 1	0,051					0,38		
C22 : 5	0,1					1,66		0
C22 : 6	0,339					8,00		0

ment en pellets (Hallebeek, 2002). La deuxième question qui se pose, en matière de limite aux taux d'incorporation, concerne l'appétence et sera envisagée plus loin.

Hormis ces deux paramètres limitant, la variabilité des taux d'incorporation de matière grasse est très importante. À notre connaissance, il n'y a d'ailleurs pas de norme établie quant à la teneur minimale en matière grasse que doit contenir un aliment enrichi. Les données disponibles dans la littérature varient également au niveau des moyens d'expression de ces taux d'incorporation. Dans certains cas, un pourcentage d'incorporation de la source de matière grasse est fixé dès le départ, soit au niveau de la ration totale (Schmidt *et al.*, 2001), soit au niveau de l'aliment concentré (Taylor *et al.*, 1995). Dans d'autres, le taux d'incorporation est déterminé en vue de couvrir un certain pourcentage des besoins énergétiques du cheval par de la matière grasse (Orme *et al.*, 1997 ; Marchello *et al.*, 2000). Dans d'autres encore, c'est la teneur en matière grasse finale de l'aliment qui est fixée, soit au niveau de la ration (Pagan *et al.*, 2002 ; Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan *et al.*, 2002), soit au niveau de l'aliment concentré (Saastamoinen *et al.*, 1994).

Dans la majorité des cas (Orme *et al.*, 1997 ; Pagan *et al.*, 2002 ; Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan *et al.*, 2002), des taux d'incorporation de 1 g/kg PC/j d'huile ou de grasse animale ou de l'ordre de 0,5 g/kg PC/j (Hambleton *et al.*, 1980 ; Zeyner *et al.*, 2002b, Frank *et al.*, 2005) sont utilisés. Dans des cas plus rares, ces taux sont plus bas, de l'ordre de 0,25 g/kg PC/j (Bush *et al.*, 2001) ou plus élevés, de l'ordre de 2 g/kg PC/j (Taylor *et al.*, 1995 ; Graham-Thiers *et al.*, 2001) ou même de 3 g/kg PC/j (McCann *et al.*, 1987).

4. LES ALIMENTS ENRICHIS EN MATIÈRE GRASSE : APPÉTENCE

Rares sont les auteurs (Holland *et al.*, 1998) qui s'intéressent spécifiquement à l'appétence des sources de matière grasse dans l'espèce équine. Au moyen de plusieurs essais de préférence, des concentrés contenant 15 % de matière grasse de nature différentes sont comparés, l'huile de maïs servant de référence. Ces essais permettent de déterminer une préférence relative de

80 % environ pour un mélange grasse animale-grasse végétale, de composition exacte inconnue. Viennent ensuite les huiles d'arachide et de carthame, avec une préférence de 50 % par rapport à celle de l'huile de maïs, puis celle de coton qui présente une appétence dix fois moindre que celle de l'huile de maïs. Le suif, par contre, est considéré comme inappétent, avec une préférence relative inférieure à 1 %. Malheureusement, de nombreuses huiles d'utilisation fréquente n'ont pas été testées par Holland et collaborateurs (1998) et l'huile d'arachide, de carthame et de coton sont, à notre connaissance, inusitées.

La grande appétence de l'huile de maïs semble confirmée au regard des nombreuses études l'ayant utilisée en quantités parfois importantes ; McCann et collaborateurs (1987) rapportent des apports de 3 g/kg PC/j d'huile de maïs, sans mentionner un quelconque problème d'appétence. De même, Bush et collaborateurs (2001), Graham-Thiers et collaborateurs (2001) et Hall et collaborateurs (2004b) indiquent une bonne appétence de rations enrichies en huile de maïs.

De nombreux autres auteurs (Kane *et al.*, 1979 ; Lindberg et Palmgren-Karlsson, 2001 ; Gatta *et al.*, 2005...) ne traitent aucunement du sujet, ce qui laisse supposer que l'ingestion des rations enrichies est correcte. Seuls Harkins et collaborateurs (1992) et, dans une moindre mesure, Holland et collaborateurs (1996) font état d'une moins grande appétence de rations contenant de l'huile de maïs.

De manière générale, les rations enrichies en diverses sources de matière grasse sont bien appréciées. L'huile de soja semble bien acceptée (Hambleton *et al.*, 1980 ; Crandell *et al.*, 1999 ; Dunnett *et al.*, 2002 ; Zeyner *et al.*, 2002a). Zeyner et collaborateurs (2002b) mentionnent néanmoins une vitesse d'ingestion moins importante lorsque les apports en huile de soja sont de 1 et de 1,33 g/kg PC/j. Ces éléments sont confirmés par Geelen et collaborateurs (2001) et Hallebeek (2002) qui mentionnent également des diminutions occasionnelles d'ingestion alimentaire avec des apports en huile de soja similaires.

Bien que leur utilisation dans l'alimentation d'une espèce herbivore soit sujette à caution pour des raisons éthiques mais surtout de santé publique, et ce, en vertu du principe de

précaution, l'appétence des graisses animales semble bonne, si l'on s'en réfère à de nombreux résultats d'essais expérimentaux (Oldham *et al.*, 1990 ; Hughes *et al.*, 1995 ; O'Connor *et al.*, 2004 ; Khöl-Parisini *et al.*, 2005). Holland et collaborateurs (1998) relèvent cependant, lors d'un essai de préférence, une moins bonne appétence de la grasse animale par rapport à neuf autres sources de matière grasse. De même, Landes et Meyer (1998) et Hall et collaborateurs (2004a) mentionnent une diminution importante de l'ingestion alimentaire, avec des rations contenant respectivement de la grasse de porc et de l'huile de poisson. Crandell (2005) apporte également des réserves quant à l'utilisation de graisses animales dans l'alimentation des chevaux. Celles-ci concernent leur digestibilité (voir après) mais également leur appétence. En effet, les additifs ajoutés aux aliments commerciaux pour augmenter l'appétence des graisses animales pose question. En outre, le fait que leur utilisation soit responsable, à long terme, d'une certaine accoutumance et que les chevaux refusent par la suite de consommer d'autres aliments ne fait qu'accroître la méfiance de cet auteur à leur égard. Notons simplement que ces critiques ne sont assorties d'aucune référence scientifique et qu'elles émanent d'un centre de recherche qui commercialise des compléments alimentaires enrichis en matière grasse d'origine végétale.

Selon Hallebeek (2002), des taux d'inclusion supérieurs à 10-15 % des apports alimentaires (c'est-à-dire approximativement 2-3 g/kg PC/j) induisent une diminution des ingestions. Dunnett (2005) attire par ailleurs l'attention sur les différences de techniques d'extraction de ces huiles d'un pays par rapport à un autre, qui risquent d'affecter leur caractère plus ou moins acceptable. Finalement, l'oxydation des acides gras insaturés entraîne une odeur rance de l'aliment qui, par conséquent, ne sera plus consommé par les chevaux. C'est pour cette raison que des antioxydants (vitamine E, par exemple) sont ajoutés aux aliments concentrés enrichis en matière grasse, particulièrement si celle-ci est riche en acides gras polyinsaturés (Hallebeek, 2002).

Au vu de l'ensemble de ces éléments, il semble que l'incorporation de diverses sources de matière grasse, principalement d'origine végétale, soit bien acceptée par les chevaux, pour autant

qu'elles soient bien conservées ; et ce même pendant de longues périodes (Pagan *et al.*, 1995 ; Harris *et al.*, 1999 ; Zeyner *et al.*, 2002a).

5. LES ALIMENTS ENRICHIS EN MATIÈRE GRASSE : DIGESTIBILITÉ

La digestibilité d'un aliment ou d'un constituant donné d'un aliment est le rapport entre la quantité digérée et celle ingérée (Martin-Rosset *et al.*, 1984). En pratique, la détermination de la digestibilité des aliments ou rations pour chevaux peut être estimée sur base de la composition chimique des aliments ou mesurée *in vitro* ou *in vivo*. Les méthodes de détermination de la digestibilité *in vivo* nécessitent des moyens humains et financiers plus importants que les techniques *in vitro*. Elles fournissent cependant des informations plus détaillées, ce qui explique leur prépondérance dans la littérature (Miraglia *et al.*, 1999). Celles-ci présentent néanmoins certains inconvénients et la prise en compte des éléments suivants est nécessaire à une interprétation correcte des résultats qu'elles fournissent. Tout d'abord, la détermination de la digestibilité d'un nutriment *in vivo* permet, en réalité, d'obtenir sa digestibilité apparente et non sa digestibilité vraie. En effet, en se basant sur la quantité ingérée du paramètre étudié, d'une part, et, d'autre part, sur celle qui est excrétée, des matières organiques d'origine endogène (enzymes et mucus sécrétés par l'épithélium intestinal...) et microbiennes (matières azotées...) s'ajoutent à la fraction réellement indigestible de l'aliment (Martin-Rosset *et al.*, 1984). S'il existe peu de pertes endogènes pour certains constituants alimentaires, tels que les fibres, et que la digestibilité apparente est alors égale à la digestibilité réelle de ceux-ci, dans d'autres cas (matière azotée, matière grasse, minéraux), les pertes endogènes sont plus importantes et donc responsables d'une sous-estimation de la digestibilité réelle du nutriment étudié.

La deuxième difficulté est liée aux méthodes officielles de dosage des différents constituants d'un aliment. La teneur en matières grasses brutes d'un aliment correspond ainsi à la quantité de produits extraits par un solvant organique. Cette extraction concerne la matière grasse, certes, mais également d'autres substances (pigments,

cires...) non lipidiques, qui sont donc erronément comptabilisées dans la détermination de la teneur en matière grasse de l'aliment en question. Par exemple, la teneur en extrait éthéré des fourrages verts surestime largement la teneur lipidique de ces derniers, en raison de la présence de pigments, qui représente environ un tiers de l'extrait éthéré (Morand-Fehr et Tran, 2001). De la même manière, ces substances non lipidiques sont également comptabilisées dans la détermination de la teneur en matière grasse des matières fécales, ce qui influe donc de deux manières sur l'évaluation de la digestibilité.

Le dernier élément, quoique non spécifique du cheval, est particulièrement important dans cette espèce. En effet, les interactions entre les différents ingrédients incorporés dans la ration sont, chez le cheval, plus importantes que dans d'autres espèces monogastriques, en raison de l'implication des fermentations microbiennes dans la digestion (Palmgren Karlsson *et al.*, 2000 ; Zeyner et Kienzle, 2002). Il est ainsi difficile de généraliser les coefficients de digestibilité obtenus dans le cadre d'une expérimentation à une autre.

5.1. Digestibilité de la matière grasse

Bien qu'ils soient naturellement adaptés à une alimentation très pauvre en matière grasse, les chevaux sont capables de digérer de manière efficiente des aliments présentant une teneur en matière grasse de l'ordre de 20 % (Potter *et al.*, 1992). La digestibilité de la matière grasse varie cependant selon la source de celle-ci ; la matière grasse contenue dans les fourrages présentant des coefficients de digestibilité apparente moindres que celle contenue dans les céréales ; cette dernière étant par ailleurs moins digestible que la matière grasse apportée par l'ajout d'huile ou de graisse, principalement composées de triglycérides (Mc Cann *et al.*, 1987 ; Kronfeld *et al.*, 2004). Trois éléments sont à l'origine de cette variation. Les deux premiers sont d'ordre méthodologique et liés d'une part aux techniques officielles de dosage de la matière grasse dans les aliments et, d'autre part, à la méthode de détermination de la digestibilité (voir chapitre précédent). Ces deux éléments ont pour conséquence une surestimation de la digestibilité de la

matière grasse contenue dans les huiles et les graisses, tandis que la digestibilité apparente de la matière grasse des fourrages est sous-estimée.

Les travaux menés par Kronfeld et collaborateurs (2004) sur base des résultats de nombreuses études de digestibilité indiquent qu'il existe une troisième source de variation. Les résultats de cette étude suggèrent en effet que l'augmentation de la digestibilité de la matière grasse résulte également d'une activité accrue des lipases, suite à l'augmentation des apports de matière grasse.

La grande majorité des études portant sur l'effet de l'incorporation de matière grasse exogène sur la digestibilité apparente de la matière grasse indiquent ainsi clairement une augmentation de la digestibilité apparente de la matière grasse (Kane *et al.*, 1979 ; Mc Cann *et al.*, 1987 ; Julen *et al.*, 1995 ; Jansen *et al.*, 2000 ; Bush *et al.*, 2001 ; Jansen *et al.*, 2002).

La source de matière grasse ne semble pas avoir d'incidence sur sa digestibilité pour la plupart des auteurs (Mc Cann *et al.*, 1987 ; Meyer *et al.*, 1997 ; Hallebeek, 2002). Inversement, Gatta et collaborateurs (2005) mettent en évidence une diminution de la digestibilité apparente de l'extrait éthéré de l'ordre de 3 % en utilisant de l'huile d'olive par rapport à de l'huile de maïs. Ces auteurs attribuent cette différence à la teneur plus importante de l'huile de l'olive en acides gras saturés, sans toutefois en expliquer le mécanisme. En outre, Crandell (2005) mentionne une digestibilité de la matière grasse moins importante en cas d'incorporation de matière grasse d'origine animale par rapport à celle obtenue avec une source végétale, mais malheureusement sans référence à une quelconque base scientifique ou expérimentale.

5.2. Influence de la matière grasse sur la digestibilité des autres composantes de la ration

La question de l'influence de l'incorporation de matière grasse sur la digestibilité apparente de la fibre alimentaire n'est pas tranchée, à la lecture des résultats obtenus par les différents groupes de recherche. Dans certains cas, l'ajout de corps gras dans la ration est sans influence sur la digestibilité apparente des fractions ADF (*acid detergent fibre*) et NDF

(neutral detergent fibre) (Mc Cann *et al.*, 1987), ADF (Kane *et al.*, 1979) ou NDF (Meyers *et al.*, 1989 ; Bush *et al.*, 2001). Par contre, certains auteurs observent une augmentation de la digestibilité apparente de la fibre NDF (Scott *et al.*, 1989 ; Julen *et al.*, 1995 ; Rammerstorfer *et al.*, 1998) ou de la fibre ADF (Lindberg et Palmgren Karlsson, 2001) suite à l'incorporation de matière grasse dans la ration. D'autres (Jansen *et al.*, 2000 ; 2002) indiquent une diminution de la fibre brute et des fractions ADF et

NDF. Cette divergence d'effets observés est sans doute à mettre en relation avec la diversité des protocoles expérimentaux utilisés (tableau IV). Tout d'abord, l'influence de l'incorporation de matière grasse sur la digestibilité de la fibre a été étudiée en utilisant des rations très variables au niveau de leur teneur en fibres. Or, une variation de l'apport en fibres est, en elle-même, à l'origine d'une modification du temps de passage et de la digestibilité de la fibre (Hallebeek, 2002). De plus, l'incorporation de matière grasse

dans la ration peut s'envisager de deux manières : soit comme supplément (Kane *et al.*, 1979), soit en remplacement de l'un (Bush *et al.*, 2001) ou de plusieurs ingrédients de l'aliment concentré (Scott *et al.*, 1989) ou de la ration (Mc Cann *et al.*, 1987) ; ce qui explique probablement aussi la diversité des effets observés (Hallebeek, 2002). D'autres caractéristiques des protocoles, tels que l'ordre de distribution des fourrages et des concentrés, l'intensité de l'exercice et l'évolution du poids corporel des animaux,

Tableau IV : caractéristiques des études traitant de l'effet de l'incorporation de la matière grasse sur la digestibilité apparente de la ration

Références	Caractéristiques de la ration					Caractéristiques des animaux			Effet de la MG sur da (fibre)
	Apports de MG (g/kg PC/j)	Mode d'incorporation de la MG	F/C	Fréquence de distribution	Ordre de distribution	Type et statut physiologique	Intensité de l'exercice	Evolution du poids corporel	
Kane <i>et al.</i> , 1979	NP	MG apporte 15 % ou 30 % de calories additionnelles par rapport aux BE	0/100	2/j	SO	Poneys adultes	entretien	en augmentation	(ADF) =
McCann <i>et al.</i> , 1987	± 3	15 % de MG apportée en remplacement de quantités égales des différents ingrédients de la ration	25/75	2/j	NP	Poneys adultes	entretien	en augmentation	(ADF et NDF) =
Meyers <i>et al.</i> , 1989	± 0,5 ou 1	5 ou 10 % de MG apportée en remplacement de quantités égales des différents ingrédients du concentré	25/75	2/j	NP	Chevaux adultes	exercice intense de courte durée	quantité d'aliment ajustée pour le maintenir	(NDF) =
Scott <i>et al.</i> , 1989	± 0,9 ou 1,4	5 ou 10 % de MG apportée en remplacement de quantités égales des différents ingrédients du concentré	38/62	2/j	NP	Yearlings	SO	SO	(NDF) ↑
Julen <i>et al.</i> , 1995	± 1	10 % de MG apportée en remplacement de quantités égales des céréales	40/60	2/j	NP	Chevaux adultes	exercice intense de courte durée	quantité d'aliment ajustée pour le maintenir	(NDF) ↑
Hughes <i>et al.</i> , 1995	NP	10 % de MG apportée en remplacement de quantités égales des céréales	30/70	NP	simultanée	Chevaux adultes	exercice intense de courte durée	quantité d'aliment ajustée pour le maintenir	(NDF) ↑
Rammerstorfer <i>et al.</i> , 1998	NP	10 % de MG apportée en remplacement de quantités égales des différents ingrédients du concentré	35/65	NP	NP	Chevaux adultes	exercice d'intensité modérée	quantité d'aliment ajustée pour le maintenir	(NDF) ↑
Jansen <i>et al.</i> , 2000	± 0,9	De manière à ce que 37 % des BE soient couverts par la MG incorporée	70/30	2/j	NP	Chevaux adultes	exercice léger	en diminution	(FB, ADF, NDF) ↓
Lindberg et Palmgren Karlsson, 2001	± 0,2	NP	35/65	3/j	Le foin 30 min avant le concentré	Chevaux adultes	exercice léger	quantité d'aliment ajustée pour le maintenir	(FB, NDF, TDF) = (ADF) ↑
Bush <i>et al.</i> , 2001	± 0,25 ou 0,5 ou 0,78	5, 10 ou 15 % de MG apportée en remplacement d'une quantité égale d'une des céréales	60/40	2/j	NP	Chevaux adultes	entretien	NP	(NDF) =
Jansen <i>et al.</i> , 2002	± 0,8	De manière à ce que 63 % des apports énergétiques du concentré provienne de la MG	70/30	2/j	NP	Chevaux adultes	exercice léger	en diminution	(FB, ADF, NDF) ↓
Delobel <i>et al.</i> , 2007	± 0,50	8 % de MG apportée en remplacement d'une quantité égale d'une des céréales	50/50	2/j	Le foin 15 min avant le concentré	Chevaux adultes	entretien	quantité d'aliment ajustée pour le maintenir	(NDF) ↑ (ADF) =

MG = matière grasse; da (fibre) = digestibilité apparente de la fibre alimentaire

F/C = rapport fourrage/concentré sur base du poids ; NP = non précisé par l'auteur et/ou impossible à calculer sur base des informations publiées ; BE = besoins énergétiques ; SO = sans objet ; da (fibre) = digestibilité apparente de la fibre ; ADF = Acid detergent fibre ; NDF = Neutral detergent fibre ; FB = fibre brute ; TDF = Total dietary fibre

influencent sans doute également ces résultats (Delobel *et al.*, 2007).

Les effets de l'incorporation de matière grasse sur la digestibilité de la matière sèche sont limités (Kane *et al.*, 1979 ; Mc Cann *et al.*, 1987 ; Lindberg et Palmgren Karlsson, 2001) ; de même que ceux observés sur la digestibilité de la matière organique (Lindberg et Palmgren Karlsson, 2001 ; Bush *et al.*, 2001 ; Gatta *et al.*, 2005). En outre, l'incorporation de matière grasse dans la ration est, le plus souvent, sans effet sur la digestibilité de la protéine (Meyers *et al.*, 1989 ; Jansen *et al.*, 2000 ; Bush *et al.*, 2001). Dans les rares cas où une augmentation (Scott *et al.*, 1989 ; Julen *et al.*, 1995) ou une diminution (Meyer *et al.*, 1997 ; Jansen *et al.*, 2002) est observée, il semble qu'il ne s'agisse pas d'une influence sur la digestibilité réelle mais bien d'un artefact d'origine méthodologique. Quand l'incorporation de matière grasse est associée à une augmentation des apports protéiques, la dilution de l'azote fécal endogène engendre une surestimation de la digestibilité protéique vraie (Scott *et al.*, 1989). Inversement, en cas d'apport protéique similaire, Meyer et collaborateurs (1997) proposent que la diminution de la digestibilité protéique obtenue soit consécutive à la stimulation des sécré-

tions digestives, qui induisent une augmentation de l'excrétion d'azote fécal d'origine endogène.

6. CONCLUSIONS

Le comportement alimentaire naturel des chevaux indique clairement que les fourrages devraient constituer les aliments principaux de leur ration, quel que soit leur travail ou leur état physiologique. Si cette pratique est usuelle pour les chevaux à l'entretien ou soumis à un exercice de faible intensité, le cas des chevaux de sport pose davantage question, puisqu'il nécessite un apport énergétique complémentaire. L'incorporation de matière grasse constitue à ce titre une alternative à l'utilisation de quantités importantes de céréales, souvent décriée. L'appétence des rations enrichies en diverses huiles ou graisses est bonne et la digestibilité de la matière grasse, particulièrement élevée. Les effets induits par l'incorporation de matière grasse sur la digestibilité de la plupart des autres constituants de la ration sont limités. En ce qui concerne la digestibilité de la fibre alimentaire, les résultats plus ambigus sont vraisemblablement à mettre en relation avec la diversité des protocoles visant à l'étudier.

Fat-supplemented diets for horses: characteristics, palatability and digestibility

Summary

Papers dealing with metabolic effects of fat supplementation in diets for horse are numerous. The first part of this review concerns the context of use of high-fat diets in horses and their characteristics. Then, their effects on palatability and digestibility of the ration are summarized. Although a lack of standardization of their composition, it appears that the palatability of high-fat diet is good and that horses digest fat effectively. They could thus constitute an alternative to the use of high-starch diets, of which the negative effects are well-known today.

REFERENCES

- ARGO C.M., COX J.E., LOCKYER C., FULLER Z. Adaptive changes in the appetite, growth and feeding behaviour of pony mares offered *ad libitum* access to a complete diet in either a pelleted or chaff-based form. *Anim. Sci.*, 2002, **74**, 517-528.
- BACHMANN I., AUDIGE L., STAUFFACHER M. Risk factors associated with behavioural disorders of crib-biting, weaving and box-walking in Swiss horses. *Equine Vet. J.*, 2003, **35**, 158-163.
- BAILEY S.R., RYCROFT A., ELLIOTT J. Production of amines in equine cecal contents in an *in vitro* model of carbohydrate overload. *J. Anim. Sci.*, 2002, **80**, 2656-2662.
- BAILEY S.R., BAILLON M.L., RYCROFT A.N., HARRIS P.A., ELLIOTT J. Identification of equine cecal bacteria producing amines in an *in vitro* model of carbohydrate overload. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2003, **69**, 2087-2093.
- BAILEY S.R., MARR C.M., ELLIOTT J. Current research and theories on the pathogenesis of acute laminitis in the horse. *Vet. J.*, 2004, **167**, 129-142.
- BEYER M. Colic. In : Pagan J.D. (Ed.), *Advances in Equine Nutrition*. Nottingham University Press : Thrumpton, 1998, 483-488.
- BOARD GILLHAM S., DODMAN N.H., SHUSTER L., KREAM R., RAND W. The effect of diet on cribbing behaviour and plasma β -endorphin in horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 1994, **41**, 147-153.
- BUSH J.A., FREEMAN D.E., KLINE K.H., MERCHEN N.R., FAHEY G.C. Dietary fat supplementation effects on *in vitro* nutrient disappearance and *in vivo* nutrient intake and total tract digestibility by horses. *J. Anim. Sci.*, 2001, **79**, 232 - 239.
- CLARKE L.L., ROBERTS M.C., ARGENZIO R.A. Feeding and digestive problems in horses: physiologic responses to a concentrated meal. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, 1990, **6**, 433-450.
- COLLERY L. Observations of equine animals under farm and feral conditions. *Equine Vet. J.*, 1974, **6**, 170-173.
- CRANDELL K.G., PAGAN J.D., HARRIS P., DUREN S.E. A comparison of grain, oil and beet pulp as energy sources for the exercised horse. *Equine Vet. J. Suppl.*, 1999, **30**, 485-490.
- CRANDELL K. Bag o'bones: managing the underweight horse. In : Pagan J.D., Geor R.J. (Eds),

- Advances in Equine Nutrition III. Nottingham University Press : Thrumpton, 2005, 127-137.
- DEEM MORRIS D., HENRY M.M., MOORE J.N., FISCHER J.K. Effect of dietary α -linolenic acid on endotoxin-induced production of tumor necrosis factor by peritoneal macrophages in horses. *Am. J. Vet. Res.*, 1991, **52**, 528-532.
- DE FOMBELLE A., JULLIAND V., DROGOUL C., JACOTOT E. Feeding and microbial disorders in horses : 1-effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. *J. Equine Vet. Sci.*, 2001, **21**, 439-445.
- DELOBEL A., FABRY C., SCHOONHEERE N., ISTASSE L., HORNICK J.L. Linseed oil supplementation in diet for horses: effects on palatability and digestibility. *Livest. Sci.*, 2008, **116**, 15-21.
- DOREAU M. Comportement alimentaire du cheval à l'écurie. *Ann. Zootech.*, 1978, **27**, 291-302.
- DUNCAN P. Time-budgets of Camargue horses. 2. Time-budgets of adult horses and weaned sub-adults. *Behaviour*, 1980, **72**, 26-49.
- DUNNETT C.E., MARLIN D.J., HARRIS R.C. Effect of dietary lipid on response to exercise: relationship to metabolic adaptation. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2002, **34**, 75-80.
- DUNNETT C.E. Dietary lipid form and function. In : Pagan J.D., Geor R.J. (Eds), Advances in Equine Nutrition III. Nottingham University Press : Thrumpton, 2005, 37-54.
- FRANK N., ANDREWS F.M., ELLIOTT S.B., LEW J., BOSTON R.C. Effects of rice bran oil on plasma lipid concentrations, lipoprotein composition, and glucose dynamics in mares. *J. Anim. Sci.*, 2005, **83**, 2509-2518.
- FRIBERG C.A., LOGAS D. Treatment of *Culicoides* hypersensitive horses with high-dose n-3 fatty acids : a double-blinded crossover study. *Vet. Dermatol.*, 1999, **10**, 117-122.
- GARCIA M.C., BEECH J. Equine intravenous glucose tolerance test: glucose and insulin responses of healthy horses fed grain or hay and of horses with pituitary adenoma. *Am. J. Vet. Res.*, 1986, **47**, 570-572.
- GARNER H.E., MOORE J.N., JOHNSON J.H., CLARK L., AMEND J.F., TRITSCHLER L.G., COFFMANN J.R., SPROUSE R.F., HURCHESON D.P., SALEM C.A. Changes in the caecal flora associated with the onset of laminitis. *Equine Vet. J.*, 1978, **10**, 249-252.
- GATTA D., CASINI L., LIPONI G.B., PELLEGRINI O. Effect of oils administration on diets digestibility and haematic fatty acids profile in exercising horses. *Ital. J. Anim. Sci.*, 2005, **4**, 415-417.
- GEELEN S.N.J., BLAZQUEZ C., GEELEN M.J.H., SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN M.M., BEYNEN A.C. High fat intake lowers hepatic fatty acid synthesis and raises fatty acid oxidation in aerobic muscle in Shetland ponies. *Br. J. Nutr.*, 2001, **86**, 31-36.
- GLADE M., GUPTA S., REIMERS T. Hormonal responses to high and low planes of nutrition in weanling Thoroughbreds. *J. Anim. Sci.*, 1984, **59**, 658-665.
- GOODSON J., TYZNIK W.J., CLINE J.H., DEHORITY B.A. Effects of an abrupt diet change from hay to concentrate on microbial numbers and physical environment in the cecum of the pony. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1988, **54**, 1946-1950.
- GRAHAM-THIERS P.M., KRONFELD D.S., KLINE K.A., SKLAN D.J. Dietary protein restriction and fat supplementation diminish the acidogenic effect of exercise during repeated sprints in horses. *J. Nutr.*, 2001, **131**, 1959-1964.
- GRANFELDT Y., LILJEBERG H., DREWS A., NEWMAN R., BJÖRCK I. Glucose and insulin responses to barley products: influence of food structure and amylose-amylopectin ratio. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1994, **59**, 1075-1082.
- HALL J.A., VAN SAUN R.J., TORNQUIST S.J., GRADIN J.L., PEARSON E.G., WANDER R.C. Effect of type of dietary polyunsaturated fatty acid supplement (corn oil or fish oil) on immune responses in healthy horses. *J. Vet. Intern. Med.*, 2004a, **18**, 880-886.
- HALL J.A., VAN SAUN R.J., WANDER R.C. Dietary (n-3) fatty acids from menhaden fish oil alter plasma fatty acids and leukotriene B synthesis in healthy horses. *J. Vet. Intern. Med.*, 2004b, **18**, 871-879.
- HALLEBEEK J.M. Dietary control of equine plasma triacylglycerols (PhD Thesis). University of Utrecht : Utrecht, 2002, 140 p.
- HALLEBEEK J.M., BEYNEN A.C. The plasma level of triacylglycerols in horses fed high-fat diets containing either soybean oil or palm oil. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2002, **86**, 111-116.
- HAMBLETON P.L., SLADE L.M., HAMAR D.W., KIENHOLZ E.W., LEWIS L.D. Dietary fat and exercise conditioning effect on metabolic parameters in the horse. *J. Anim. Sci.*, 1980, **51**, 1330-1339.
- HAMMOND C.J., MASON D.K., WATKINS K.L. Gastric ulceration in mature thoroughbred horses. *Equine Vet. J.*, 1986, **18**, 284-287.
- HARKINS J.D., MORRIS G.S., TULLEY R.T., NELSON A.G., KAMERLING S.G. Effect of added dietary fat on racing performance in thoroughbred horses. *Equine Vet. Sci.*, 1992, **12**, 123-129.
- HARRIS P.A., PAGAN J.D., CRANDELL K.G., DAVIDSON N. Effect of feeding Thoroughbred horses a high unsaturated or saturated vegetable oil supplemented diet for 6 months following a 10 month fat acclimation. *Equine Vet. J. Suppl.*, 1999, **30**, 468-474.
- HUGHES S.J., POTTER G.D., GREENE L.W., ODOM T.W., MURRAY-GERZIK M. Adaptation of Thoroughbred horses in training to a fat supplemented diet. *Equine Vet. J. Suppl.*, 1995, **18**, 349-352.

- HYYPÄ S., SAASTAMOINEN M., REETA PÖSÖ A. Effect of a post exercise fat-supplemented diet on muscle glycogen repletion. *Equine Vet. J.*, 1999, **30**, 493-498.
- HOFFMAN R.M., BOSTON R.C., STEFANOVSKI D., KRONFELD D.S., HARRIS P.A. Obesity and diet affect glucose dynamics and insulin sensitivity in Thoroughbred geldings. *J. Anim. Sci.*, 2003, **81**, 2333-2342.
- HOLLAND J.L., KRONFELD D.S., MEACHAM T.N. Behavior of horses is affected by soy lecithin and corn oil in the diet. *J. Anim. Sci.*, 1996, **74**, 1252-1255.
- HOLLAND J.L., KRONFELD D.S., RICH G.A., KLINE K.A., FONTENOT J.P., MEACHAM T.N., HARRIS P.A. Acceptance of fat and lecithin containing diets by horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 1998, **56**, 91-96.
- HUGHES S.J., POTTER G.D., GREENE L.W., ODOM T.W., MURRAY-GERZIK M. Adaptation of Thoroughbred horses in training to a fat supplemented diet. *Equine Vet. J. Suppl.*, 1995, **18**, 349-352.
- JANSEN W., VANDERKUILEN J., GEELEN S., BEYNEN A. The effect of replacing non-structural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fibre in trotting horses. *Equine Vet. J.*, 2000, **32**, 27-30.
- JANSEN W., GEELEN S., VANDERKUILEN J., BEYNEN A., Dietary soybean oil depresses the apparent digestibility of fibre in trotters when substituted for an iso-energetic amount of corn starch or glucose. *Equine Vet. J.*, 2002, **34**, 302-305.
- JEFFCOT L.B., FIELD J.R., McLEAN J.G., O'DEA K. Glucose tolerance and insulin sensitivity in ponies and Standardbred horses. *Equine Vet. J.*, 1986, **18**, 97-101.
- JONSSON H., EGENVALL A. Prevalence of gastric ulceration in Swedish Standardbreds in race training. *Equine Vet. J.*, 2006, **38**, 209-213.
- JULEN T., POTTER G., GREENE L., STOTT, G. Adaptation to a fat-supplemented diet by cutting horses. *J. Equine Vet. Sci.*, 1995, **15**, 436-440.
- JULLIAND V., DE FOMBELLE A., DROGOUL C., JACOTOT E. Feeding and microbial disorders in horses. Part 3 : effects of three hay :grain ratios on microbial profile and activities. *J. Equine Vet. Sci.*, 2001, **21**, 543-546.
- JULLIAND V. Minimising digestive upsets associated with high starch diets. In : British Society of Animal Science (Ed.), Applying equine science : research into business. Midlothian, 2005, 13-14.
- JULLIAND V., DE FOMBELLE A., VARLOUD M. Starch digestion in horses: the impact of feed processing. *Livest. Sci.*, 2006, **100**, 44-52.
- KANE E., BAKER J.P., BULL L.S. Utilization of a corn oil supplemented diet by the pony. *J. Anim. Sci.*, 1979, **48**, 1379-1384.
- KIENZLE E., RADICKE S., LANDES E., KIEFKEN D., ILLENSEER M., MEYER H. Activity of amylase in the gastrointestinal tract of the horse. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 1994, **72**, 234-241.
- KIENZLE E., POHLENZ J., RADICKE S. Morphology of starch digestion in the horse. *J. Vet. Med. A*, 1997, **44**, 207-221.
- KHÖL-PARISINI A., VAN DEN HOVEN R., LEINKER S., HULAN H.W., ZENTEK J. Effects of feeding sunflower oil or seal blubber oil to horses with recurrent airway obstruction. *Can. J. Vet. Res.*, 2005, **71**, 59-65.
- KRONFELD D. Dietary fat affects heat production and other variables of equine performance, under hot and humid conditions. *Equine Vet. J. Suppl.*, 1996, **22**, 24-34.
- KRONFELD D. Body fluids and exercise: influences of nutrition and feeding management. *J. Equine Vet. Sci.*, 2001, **21**, 417-428.
- KRONFELD D., HARRIS P. Equine grain-associated disorders (EGAD). *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.*, 2003, **25**, 974-982.
- KRONFELD D.S., HOLLAND J.L., RICH G.A., MEACHAM T.N., FONTENOT J.P., SKLAN D.J., HARRIS P.A. Fat digestibility in *Equus caballus* follows increasing first-order kinetics. *J. Anim. Sci.*, 2004, **82**, 1773-1780.
- KRZAK W., GONYOU H., LAWRENCE L. Wood chewing by stabled horses: diurnal pattern and effects of exercise. *J. Anim. Sci.*, 1991, **69**, 1053-1058.
- LANDES E., MEYER H. Influence of fat on feed intake and microbial activity in the stomach and small intestine in the horse. *Pferdeheilkunde*, **14**, 51-58.
- LAWRENCE L. Nutrition and fuel utilization in the athletic horse. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.*, 1990, **6**, 393-418.
- LINDBERG J.E., PALMGREN KARLSSON C. Effect of partial replacement of oats with sugar beet pulp and maize oil on nutrient utilisation in horses. *Equine Vet. J.*, 2001, **33**, 585-590.
- MARCHELLO E.V., SCHURG W.A., MARCHELLO J.A., CUNEO S.P. Changes in lipoprotein composition in horses fed a fat-supplemented diet. *J. Equine Vet. Sci.*, 2000, **20**, 453-458.
- MARTIN-ROSSET W., ANDRIEU J., VERMOREL M., DULPHY J.P. Valeur nutritive des aliments pour le cheval. In : Jarrige R., Martin-Rosset W. (Eds.), Le Cheval : reproduction, sélection, alimentation, exploitation. Institut national de la Recherche agronomique (INRA) : Paris, 1984, 209-238.
- MARTIN-ROSSET W., VERMOREL M., DOREAU M., TISSERAND J.L., ANDRIEU J. The French horse feed evaluation systems and recommended allowances for energy and protein. *Livest. Prod. Sci.*, 1994, **40**, 37-56.
- Mc CANN J.S., MEACHAM T.N., FONTENOT J.P. Energy utilization and blood traits of ponies fed fat-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 1987, **65**, 1019-1026.
- MEDINA B., GIRARD I., JACOTOT E., JULLIAND V. Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. *J. Anim. Sci.*, 2002, **80**, 2600-2609.
- MEYER H., RADICKE S., KIENZLE E., WILKE S., KIEFKEN D., ILLENSEER M. Investigations on preileal digestion of starch grain, potato and manioc in horses. *J. Vet. Med. A*, 1995, **42**, 371-381.

- MEYER H., FLOTHOW C., RADICKE S. Preileal digestibility of coconut fat and soybean oil in horses and their influence on metabolites of microbial origin of the proximal digestive tract. *Arch. Anim. Nutr.*, 1997, **50**, 63-74.
- MEYERS M., POTTER G., EVANS J., GREENE L., CROUSE S. Physiologic and metabolic response of exercising horses to added dietary fat. *J. Equine Vet. Sci.*, 1989, **9**, 218-223.
- MIRAGLIA N., BERGERO D., BASSANO B., TARANTOLA M., LADETTO G. Studies of apparent digestibility in horses and the use of internal markers. *Livest. Prod. Sci.*, 1999, **60**, 21-25.
- MORAND-FEHR P., TRAN G. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *Prod. Anim.*, 2001, **14**, 285-302.
- MUNGALL B.A., KYAW-TANNER M., POLITT C.C. In vitro evidence for a bacterial pathogenesis of equine laminitis. *Vet. Microbiol.*, 2001, **79**, 209-223.
- MURRAY M.J., SCUSSER G.F., PIPERS F.S., GROSS S.J. Factors associated with gastric lesions in Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.*, 1996, **28**, 368-374.
- NADEAU J.A., ANDREWS F.M., MATHEW A.G., ARGENZIO R.A., BLACKFORD J.T., SOHTELL M., SAXTON A.M. Evaluation of diet as a cause of gastric ulcers in horses. *Am. J. Vet. Res.*, 2000, **61**, 784-790.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL Nutrient requirements of horses. 5th revised edition. National Academy Press : Washington, 1989, 101 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL Nutrient requirements of dairy cattle. 7th revised edition. National Academy Press : Washington, 2001, 381 p.
- O'CONNOR C.I., LAWRENCE L.M., LAWRENCE A.C., JANICKI K.M., WARREN L.K., HAYES S. The effect of dietary fish oil supplementation on exercising horses. *J. Anim. Sci.*, 2004, **82**, 2978-2984.
- O'CONNOR C.I., LAWRENCE L.M., HAYES S.H. Dietary fish oil supplementation affects serum fatty acid concentrations in horses. *J. Anim. Sci.*, 2007, **85**, 2183-2189.
- OLDHAM S.L., POTTER G.D., EVANS J.W., SMITH S.B., TAYLOR T.S., BARNES W.S. Storage and mobilization of muscle glycogen in exercising horses fed a fat-supplemented diet. *Equine Vet. Sci.*, 1990, **10**, 353-359.
- OLSMAN A.F., HUURDEMAN C.M., JANSEN W.L., HAAKSMA J., SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN M.M., BEYNEN A.C. Macronutrient digestibility, nitrogen balance, plasma indicators of protein metabolism and mineral absorption in horses fed a ration rich in sugar beet pulp. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2004, **88**, 321-331.
- ORME C.E., HARRIS R.C., MARLIN D.J., HURLEY J. Metabolic adaptation to a fat-supplemented diet by the thoroughbred horse. *Br. J. Nutr.*, 1997, **78**, 443-458.
- OTT E.A., BROWN M.P., ROBERTS G.D., KIVIPELTO J. Influence of starch intake on growth and skeletal development of weanling horses. *J. Anim. Sci.*, 2005, **83**, 1033-1043.
- PAGAN J.D., BURGER I., JACKSON S.G. The long term effects of feeding fat to 2-year-old Thoroughbreds in training. *Equine Vet. J. Suppl.*, 1995, **18**, 343-348.
- PAGAN J.D. Gastric ulcers in horses. In : Pagan J.D., Geor R.J. (Eds), *Advances in Equine Nutrition II*. Nottingham University Press : Thrumpton, 2001, 387-391.
- PAGAN J.D., GEOR R.J., HARRIS P.A., HOEKSTRA K., GARDNER S., HUDSON C., PRINCE A. Effects of fat adaptation on glucose kinetics and substrate oxidation during low-intensity exercise. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2002, **34**, 33-38.
- PALMGREN KARLSSON C., LINDBERG J., RUNDGREN M. Associative effects on total tract digestibility in horses fed different ratios of grass hay and whole oats. *Livest. Prod. Sci.*, 2000, **65**, 143-153.
- PALMGREN KARLSSON C., JANSSON A., ESSEN-GUSTVSSON B., LINDBERG J.E. Effect of molassed sugar beet pulp on nutrient utilisation and metabolic parameters during exercise. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2002, **34**, 44 - 49.
- POTTER G.D., ARNOLD F.F., HOUSEHOLDER D.D., HANSEN D.H., BROWN K.M. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. 1. Europäische Konferenz über die Ernährung des Pferdes : Hannover, 1992, 107-111.
- PRATTS., GEOR R., McCUTCHEON J. Effects of dietary energy source and physical conditioning on insulin sensitivity and glucose tolerance in Standardbred horses. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2006, **36**, 579-584.
- RALSTON S. Hyperglycemia/hyperinsulinemia after feeding a meal of grain to young horses with osteochondritis dissecans (OCD) lesions. *Pferdeheilkunde*, 1996, **12**, 320-322.
- RAMMERSTORFER C., POTTER G., CUDDT., GIBBS P., VARNER D., HOUSEHOLDER D. Physiological responses of mature quarter horses to reining training when fed conventional and fat-supplemented diets. *J. Equine Vet. Sci.*, 1998, **18**, 175-183.
- REDBO I., REDBO-TORSTENSSON P., ODBERG F.O., HEDENDAHL A., HOLM J. Factors affecting behavioural disturbances in racehorses. *Anim. Sci.*, 1998, **66**, 475-481.
- RICHARDS N., CHOCT M., HINCH G.N., ROWE J.B. Examination of the use of exogenous α -amylase and amyloglucosidase to enhance starch digestion in the small intestine of the horse. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2004, **114**, 295-305.
- RICHARDS N., HINCH G.N., ROWE J.B. The effect of current grain feeding practices on hindgut starch fermentation and acidosis in the Australian racing Thoroughbred. *Aust. Vet. J.*, 2006, **84**, 402-407.
- ROBERTS M.C. Carbohydrate digestion and absorption studies in the horse. *Res. Vet. Sci.*, 1975, **18**, 64-69.

- ROPP J.K., RAUB R.H., MINTON J.E. The effect of dietary source on serum concentration of insulin-like growth factor-I, growth hormone, insulin, glucose, and fat metabolites in weanling horses. *J. Anim. Sci.*, 2003, **81**, 1581-1589.
- ROSS S.W., BRAND B.S., THORBURN A.W., TRUSWELL A.S. Glycemic index of processed wheat products. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1987, **46**, 631-635.
- ROWE J.B., LEES M.J., PETHICK D.W. Prevention of acidosis and laminitis associated with grain feeding in horses. *J. Nutr.*, 1994, **124**, 2742S-2744S.
- SAASTAMOINEN M.T., HYYPPÄ S., HUOVINEN K. Effect of dietary-fat supplementation and energy-to-protein ratio on growth and blood metabolites of weanling foals. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 1994, **71**, 179-188.
- SAUVANT D., PEREZ J.-M., TRAN G. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Institut national de la Recherche agronomique (INRA) : Paris, 2004, 301 p.
- SCHMIDT O., DEEGEN E., FUHRMANN H., DÜHLMEIER R., SALLMANN H.P. Effects of fat feeding and energy level on plasma metabolites and hormones in Shetland ponies. *J. Vet. Med. A*, 2001, **48**, 39-49.
- SCOTT B.D., POTTER G.D., EVANS J.W., REAGOR J.C., WEBB G.W., WEBB S.P. Growth and feed utilization by yearling horses fed added dietary fat. *Equine Vet. Sci.*, 1989, **9**, 210-214.
- SLOET VAN OLDRIJTBORGH-OOSTERBAAN M.M., ANNEE M.P., VERDEGAAL J.M.M., LEMMENS A.G., BEYNEN A.C. Exercise- and metabolism-associated blood variables in Standardbreds fed either a low- or high-fat diet. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2002, **34**, 29-32.
- SPOUSE R.F., GARNER H.E., GREEN E.M. Plasma endotoxin levels in horses subjected to carbohydrate induced laminitis. *Equine Vet. J.*, 1987, **19**, 25-28.
- TAYLOR L.E., FERRANTE P.L., KRONFELD D.S., MEACHAM T.N. Acid-base variables during incremental exercise in sprint-trained horses fed a high-fat diet. *J. Anim. Sci.*, 1995, **73**, 2009-2018.
- TINKER M.K., WHITE N.A., LESSARD P., THATCHER C.D., PELZER K.D., DAVIS B., CARMEL D.D. Prospective study of equine colic risk factors. *Equine Vet. J.*, 1997, **29**, 454-458.
- TREIBER K.H., BOSTON R.C., KRONFELD D.S., STANIAR W.B., HARRIS P.A. Insulin resistance and compensation in Thoroughbred weanlings adapted to high-glycemic meals. *J. Anim. Sci.*, 2005, **83**, 2357-2364.
- TROWEL H. Definitions of fibre. *Lancet*, 1974, **1**, 503.
- WATERS A.J., NICOL C.J., FRENCH N.P. Factors influencing the development of stereotypic and redirected behaviours in young horses: findings of a four year prospective epidemiological study. *Equine Vet. J.*, 2002, **34**, 572-579.
- WEISS D.J., EVANSON O.A., GREEN B.T., BROWN D.R. *In vitro* evaluation of intraluminal factors that may alter intestinal permeability in ponies with carbohydrate-induced laminitis. *Am. J. Vet. Res.*, 2000, **61**, 858-861.
- WILLARD J.G., WILLARD J.C., WOLFRAM S.A., BAKER J.P. Effect of diet on cecal pH and feeding behaviour of horses. *J. Anim. Sci.*, 1977, **45**, 87-93.
- WILLIAMS C.A., KRONFELD D.S., STANIAR W.B., HARRIS P.A. Plasma glucose and insulin responses of Thoroughbred mares fed a meal high in starch and sugar or fat and fiber. *J. Anim. Sci.*, 2001, **79**, 2196-2201.
- WOLTER R. Alimentation du cheval. France Agricole : Paris, 1999, 480 P.
- ZEYNER A., KIENZLE E. A method to estimate digestible energy in horse feed. *J. Nutr.*, 2002, **132**, 1771-1773.
- ZEYNER A. Ernährungspysiologische wirkungen eines austausches von stärkereichen komponenten durch sojaöl in der reitpferdeernährung (habilitation thesis). Georg-August-University : Göttingen, 2002.
- ZEYNER A., BESSERT J., GROPP J.M. Effect of feeding exercised horses on high-starch or high-fat diets for 390 days. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2002a, **34**, 50-57.
- ZEYNER A., KIRBACH H., FÜRLL M. Effects of substituting starch with fat on the acid-base and mineral status of female horses. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2002b, **34**, 85-91.
- ZEYNER A., GEIBLER C., DITTRICH A. Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2004, **88**, 7-19.
- ZEITLER-FEICHT M.H. Eating behavior. In : Zeitler-Feicht M.H., Horse behaviour explained: origins, treatment, and prevention of problems. Manson Publishing : London, 2001, 59-66.