

Melle BiAD 060 AGRO

Ag. 26/98
AGRO

060

THE BRITISH LIBRARY



Document Supply Centre

This document has been supplied by, or on behalf of,
The British Library Document Supply Centre
Boston Spa, Wetherby, West Yorkshire LS23 7BQ
UNITED KINGDOM

WARNING: Further copying of this document
(including storage in any medium by electronic
means), other than that allowed under the copyright
law, is not permitted without the permission of the
copyright owner or an authorised licensing body.

Étude comparative de la valorisation des fourrages pauvres chez l'âne et le mouton. Ingestibilité et digestibilité

T Ouedraogo, JL Tisserand *

Unité associée de recherches zootechniques Inra-Enesad, BP 1607, 21036 Dijon cedex, France

(Reçu le 9 décembre 1994 ; accepté le 7 mai 1996)

Résumé — Trois fourrages : un foin (50/50) de luzerne et de dactyle de bonne qualité (FLD), un foin médiocre de prairie naturelle (FP) et une paille de blé mélassée à 10 % (PB) dosant respectivement (en % MS) 17,1, 9,2, 3,1 (MAT), 33,0, 34,1, 40,5 (CB) et 51,4, 66,5, 76,6 (NDF) ont été distribués ad libitum après hachage à six moutons et à trois ânes adultes pesant respectivement 80 ± 6 kg et 280 ± 30 kg. Les quantités ingérées et la digestibilité des trois fourrages ont été déterminées in vivo au cours de trois périodes successives comportant chacune 3 semaines d'adaptation au fourrage suivies de 10 et 6 jours de mesures, respectivement chez les moutons et les ânes. Chez les deux espèces, la matière sèche volontairement ingérée (MSI) a diminué avec la teneur en parois du fourrage mais de manière plus importante chez le mouton. Exprimée par rapport au poids vif (PV), la supériorité des ânes n'est effective qu'avec les fourrages pauvres (FP et PB). Avec FLD en effet, les ânes et les moutons ont ingéré la même quantité de MS, soit respectivement, 20,8 et 20,3 g/kg PV. Sur la base du poids métabolique ($P^{0,75}$) en revanche, la MSI (en g/kg $P^{0,75}$) a été significativement plus élevée ($p < 0,001$) chez les ânes, quel que soit le fourrage considéré: 85,2 (FLD), 81,9 (FP) et 59,3 (PB) chez l'âne, contre 62,8 (FLD), 49,6 (FP) et 29,5 (PB) chez le mouton. Chez les deux espèces, la digestibilité de la matière organique (d MO) a évolué en sens inverse de la teneur en parois du fourrage. Avec FLD, il n'y a eu aucune différence significative de digestibilité entre les deux espèces : 60,1 contre 62,1 %, respectivement pour le mouton et l'âne. Avec FP et PB en revanche, des différences significatives ($p < 0,001$) sont apparues entre les deux espèces avec des écarts de 4 à 6 points de digestibilité en faveur des moutons. Ces écarts sont cependant à relativiser au regard de l'importante baisse d'ingestion observée chez ces derniers. En effet, la matière organique digestible ingérée (MODI) par kg de poids métabolique a été significativement ($p < 0,001$) plus élevée chez les ânes, et ce d'autant plus que le fourrage était riche en parois. Avec FP et PB, ces derniers ont ingéré, respectivement 14,7 et 10,4 g de MOD/kg $P^{0,75}$ par jour de plus que les moutons. Ces observations préliminaires indiquent que l'utilisation digestive des fourrages pauvres semble plus efficace chez les ânes, comparativement aux moutons.

ingestion / digestion / fourrages / ânes / moutons

* Correspondance et tirés à part

Summary — Comparative study of forage utilization between donkey and sheep. *Three forages — a mixture of good alfalfa and cooksfoot (50/50) hay (FLD), poor natural pasture hay (FP) and molassed wheat straw (PB), the contents of which were, respectively (DM%), 17.1, 9.2, 3.1 (CP) — 33.0, 34.1, 40.5 (CW) and 51.4, 66.5, 76.6 (NDF) — were given ad libitum, after being chopped, to six sheep and three adult donkeys weighing, respectively, 80 ± 6 and 280 ± 30 kg.LW. The intake and digestibility of the three forages were determined in vivo over three successive periods, each of which included 3 weeks of adaptation to the forages, followed by 10 and 6 days of measures, respectively, on the sheep and donkeys. Dry matter voluntary intake (DMI) decreased with the cell-wall contents of the forages in both species but to a greater measure in the sheep. With FLD, the DMI/kgW^{0.75} were, respectively, 62.8 and 85.2 g/day in the sheep and donkeys. Concerning FP and PB, the sheep ingested, respectively, 21 and 53% less as compared with the quantity noted with FLD. In the case of the donkeys, these decreases were only 4 and 30% for FP and PB, respectively. However, the DMI/kg.LW showed no significant difference between the two species when FLD was distributed. In both species, organic matter digestibility (OMD) varied inversely to the cell-wall content of the forage. With FLD (good hay) there was no significant difference in digestibility between the two species: 60.1 compared to 61.2%, respectively, for sheep and donkeys. FP and PB (poor roughages), on the other hand, showed significant differences ($P < 0.001$) between the two species of 4 to 6 points in favour of sheep; however, the important decrease of intake observed in sheep compels us to relativize these differences. In fact, digested energy expressed in digestible organic matter (IDOM) per kg of metabolic weight ($W^{0.75}$) was significantly higher in donkeys ($P < 0.001$), which was even more evident as the forage was of poor quality. With FP and PB, donkeys ingested, respectively, 14.7 and 10.4 g of DOM/kg.W^{0.75} per day more than sheep. These observations show that the value of poor quality forages by donkeys to cover their requirements is more efficient than that for sheep.*

ingestion / digestion / forages / donkey / sheep

INTRODUCTION

Les mammifères herbivores sont tributaires de l'activité des microorganismes responsables de la dégradation des parois végétales dans leurs réservoirs digestifs. Il est couramment admis que les équidés dont les «fermenteurs» sont situés après l'intestin grêle sont moins efficaces dans la digestion et l'utilisation des parois que leurs homologues ruminants (Hintz et al, 1973 ; Wolter et al, 1982 ; Martin Rosset et al, 1984 ; Dement et Van Soest, 1985). La plupart des données ayant servi de base de comparaison entre équidés et ruminants proviennent de travaux effectués sur des chevaux ou des poneys. Depuis, des études récentes indiquent que les asins utilisent plus efficacement les fourrages pauvres que les équins (Tisserand et al, 1991 ; Pearson, 1991). Pour mieux préciser l'aptitude digestive de cette espèce, la digestibilité in vivo de trois fourrages a été étudiée en comparant

l'âne au mouton, espèce souvent utilisée comme modèle d'étude chez les ruminants.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Trois fourrages dont les compositions chimiques figurent dans le tableau I ont été utilisés : un foin (50/50) de luzerne et de dactyle de bonne qualité (FLD), un foin médiocre de prairie naturelle (FP) et une paille de blé mélassée à 10 % (PB). La ration journalière a été distribuée ad libitum (10 % de refus) sous forme hachée (3–5 cm) en deux repas égaux (8 heures et 17 heures) à six moutons et à trois ânes mâles adultes pesant respectivement en moyenne, 80 ± 6 kg et 280 ± 30 kg de poids vif. Pendant les périodes de mesure, les animaux ont été maintenus dans des cages individuelles à bilan permettant le contrôle des refus et la collecte des fèces. Les quantités ingérées et la digestibilité des fourrages ont été déterminées in vivo au cours de trois périodes successives comportant chacune 3 semaines d'adaptation au fourrage étudié suivies de 10 et 6 jours de mesures avec récolte totale et individuelle des fèces, respectivement chez les mou-

tons et les ânes. Les animaux disposaient de pierres à sel et d'eau à volonté. Les compositions chimiques des échantillons moyens cumulés (distribué, refus et fèces) ont été déterminées selon les techniques habituelles de l'analyse fourragère. Le dosage de la cellulose brute (CB) a été faite selon la méthode de Weende et celle des fractions NDF, ADF et ADL selon Van Soest et Wine (1967).

Analyse statistique

Les résultats ont été soumis à une analyse de variance à deux facteurs (espèce / régime) comprenant deux niveaux pour le premier (espèce) et trois pour le second (régime). Des comparaisons de moyennes ont été réalisées pour les effets significatifs à l'aide du logiciel Sas (1988).

RÉSULTATS

Chez les deux espèces, les quantités ingérées ont diminué avec l'augmentation de la teneur en parois du fourrage, mais de manière plus importante chez le mouton que chez l'âne (tableau II). Par comparaison au fourrage FLD, les quantités ingérées de FP et PB ont, respectivement, diminué de 21 et 53 % chez le mouton, contre seulement 4 et 30 %, chez l'âne. La MS volontairement ingérée (en g/kg P^{0,75}) par les ânes représente 1,4 fois celle des mou-

tons lorsque FLD (foin de bonne qualité) est distribué. Avec les fourrages pauvres, FP et PB, ce rapport est passé, respectivement, à 1,6 et à 2. Exprimée en fonction du poids vif, il n'apparaît aucune différence significative de MSI entre les deux espèces si FLD est distribué (20,8 g/kg PV pour l'âne et 20,3 g pour le mouton). Toutefois, la supériorité de l'âne sur le mouton demeure manifeste ($p < 0,01$) avec les fourrages riches en parois. Les rapports d'ingestion entre les deux espèces ont été dans ce cas de 1,2 et 1,5, respectivement pour FP et PB en faveur de l'âne.

Comme l'ingestibilité, la digestibilité globale des trois fourrages chez les deux espèces a évolué en sens inverse de leur teneur en parois (tableau III). Il n'est apparu aucune différence significative de digestibilité entre les deux espèces lorsque FLD est distribué. En revanche, avec FP et PB (riches en parois et pauvres en azote) des différences significatives ($p < 0,001$) sont apparues avec des écarts de 4 à 6 points (%) de digestibilité en faveur des moutons. La digestibilité des divers constituants pariétaux (CB, NDF, ADF) est différente chez les deux espèces. La digestibilité de la CB, du NDF et de l'ADF chez le mouton augmente avec la teneur en parois du fourrage. En passant du régime FLD à PB, la digestibilité chez cette espèce de ces trois paramètres est améliorée de 12,2, 6,4 et 9,7 points (%),

Tableau I. Composition chimique des fourrages (en % MS).

Fourrages	MM	MAT	CB	NDF	ADF	ADL
Foin – luzerne dactyle	9,6	17,1	33,0	51,4	35,2	7,2
Foin – prairie naturelle	8,5	9,2	34,1	66,5	38,4	5,9
Paille de blé	6,7	3,1	40,5	76,6	45,3	6,2

MM : matières minérales ; MAT : matières azotées totales ; CB : cellulose brute ; NDF : *neutral detergent fiber* ; ADF : *acid detergent fiber* ; ADL : *acid detergent lignin*.

Tableau II. Ingestibilité comparée entre l'âne et le mouton

Régime	Constituant pariétal	Quantité ingérée (en g/kg PV)			Quantité ingérée (en g/kg P ^{0,75})		
		Âne (n = 3)	Signif	Mouton (n = 6)	Âne (n = 3)	Signif	Mouton (n = 6)
Foin de luzerne dactyle	MS	20,8 ± 0,5	NS	20,3 ± 4,5	85,2 ± 5,7	***	62,8 ± 11,5
	MO	18,8 ± 0,4	NS	18,5 ± 4,0	77,0 ± 5,1	***	56,7 ± 10,4
	CB	7,0 ± 0,2	NS	6,6 ± 1,4	28,5 ± 1,9	***	20,4 ± 3,7
	NDF	10,9 ± 0,3	NS	10,2 ± 2,2	44,5 ± 3,1	***	31,6 ± 5,8
	ADF	7,4 ± 0,2	NS	7,1 ± 1,6	30,2 ± 2,1	***	21,9 ± 4,0
Foin de prairie naturelle	MS	19,3 ± 0,9	*	16,0 ± 2,8	81,9 ± 7,1	***	49,6 ± 8,5
	MO	18,2 ± 0,7	*	14,6 ± 2,5	77,4 ± 6,4	***	44,9 ± 7,4
	CB	6,9 ± 0,2	*	5,4 ± 0,9	29,4 ± 2,3	***	16,7 ± 2,6
	NDF	13,9 ± 0,6	*	10,2 ± 1,0	58,8 ± 4,7	***	31,6 ± 2,9
	ADF	8,0 ± 0,3	*	5,8 ± 1,0	34,1 ± 2,7	***	17,8 ± 2,9
Paille de blé	MS	14,5 ± 1,0	**	9,7 ± 1,9	59,3 ± 5,7	***	29,5 ± 5,2
	MO	13,3 ± 0,9	**	9,1 ± 1,7	54,6 ± 5,3	***	27,5 ± 4,5
	CB	5,8 ± 0,4	*	4,0 ± 0,8	23,7 ± 2,4	***	12,1 ± 2,2
	NDF	10,8 ± 0,7	**	7,6 ± 1,5	44,2 ± 4,4	***	22,9 ± 4,1
	ADF	6,3 ± 0,4	*	4,5 ± 0,9	25,9 ± 2,6	***	13,6 ± 2,5

NS : non significatif à $p < 0,05$; ** différences significatives à $p < 0,01$ entre les deux espèces ; *** différences significatives à $p < 0,001$ entre les deux espèces.

respectivement pour CB, NDF et ADF (tableau III). Chez l'âne en revanche, la digestibilité de ces mêmes constituants pariétaux ne semble pas avoir été trop influencée par la teneur en parois du fourrage; en effet, les écarts de digestibilité observés lorsqu'on passe de FLD à PB sont de +1,4, -1,8 et -0,8 points (%), respectivement pour CB, NDF et ADF.

Quel que soit le fourrage considéré, la quantité de matière organique digestible ingérée (MODI) par kg de poids métabolique ($P^{0,75}$) est significativement ($p < 0,001$) plus élevée chez les ânes. En moyenne, ces derniers ont ingéré de 10 à 15 g de MOD/kg $P^{0,75}$ de plus que les moutons (tableau III). Rapportée au poids vif (PV), la MODI ne présente aucune différence significative entre les deux espèces lorsque FLD est distribué (11,5 et 11,0 g/kg PV, respectivement chez l'âne et le mouton). Avec les fourrages riches en parois, les ânes ont ingéré (en g/kg PV) de 13 % (FB) à 22 % (PB) de matière organique digestible de plus que les moutons.

DISCUSSION

Les résultats obtenus (tableau II) montrent que la consommation volontaire de l'âne est peu influencée par la nature du fourrage. Ces observations rejoignent celles déjà faites par Cymbaluk (1990) chez des chevaux nourris avec des fourrages secs se différenciant par leur teneur en parois. Tel n'est pas le cas pour le mouton chez qui les phénomènes «physiques» de régulation de la prise alimentaire sont probablement la cause essentielle de la baisse d'ingestion constatée avec les fourrages pauvres (Balch et Campling, 1962).

Exprimée en fonction du poids métabolique ($P^{0,75}$), la capacité d'ingestion de l'âne est supérieure à celle du mouton, quel que soit le fourrage considéré (tableau II). En revanche, sur la base du poids vif (PV), la

supériorité de l'âne n'est vraie qu'avec les fourrages pauvres (FP et PB). Ceci pose vraisemblablement le problème du choix ou du mode d'expression des résultats à privilégier pour les études comparatives de capacités digestives entre animaux de taille très différente. Les quantités ingérées dépendent surtout de la capacité digestive de chaque espèce animale, elle-même dépendant du poids vif de l'animal. Ainsi, il semble que le critère «poids vif» soit le plus pertinent pour apprécier les capacités d'ingestion entre espèces animales (Dulphy et al, 1994).

Les résultats de digestibilité (tableau III) sont comparables à ceux de la littérature qui soulignent la supériorité des ruminants par rapport aux équidés dans la digestion des parois végétales (Hintz, 1969 ; Van Der Noot et Gilbreath, 1970 ; Koller et al, 1978 ; Uden et Van Soest, 1982 ; Martin-Rosset et al, 1984). Une moindre activité microbienne dans les réservoirs digestifs des non ruminants est souvent présentée comme facteur limitant essentiel de la digestion des parois chez ces espèces. Les causes précises de cette plus faible activité microbienne demeurent cependant encore très mal connues. Deux tendances essentielles se dégagent des données bibliographiques. D'aucuns pensent qu'une vitesse de transit plus grande des digesta chez les non-ruminants constitue le premier facteur limitant l'activité microbienne chez ces espèces (Hintz, 1969 ; Van Der Noot et Gilbreath, 1970 ; Uden et Van Soest, 1982 ; Martin-Rosset et al, 1984). Pour ces auteurs, cette différence de transit entre ruminants et monogastriques trouverait ses origines dans l'organisation anatomique et fonctionnelle de leurs organes digestifs respectifs. Ainsi, la fonction sélective du réticulo-rumen vis-à-vis des particules alimentaires en fonction de leur taille expliquerait que les digesta séjournent plus longtemps dans ces compartiments que dans le cæcum des équidés. Dans cette étude, l'accroissement important de la digestibilité des parois (CB, NDF,

Tableau III. Digestibilité comparée entre l'âne et le mouton

Régime	Constituant pariétal	Digestibilité (%)			Digestibilité ingérée (g/kg P ^{0,75})		
		Âne (n = 3)	Signif	Mouton (n = 6)	Âne (n = 3)	Signif	Mouton (n = 6)
Foin de luzerne dactyle	MS	60,9 ± 1,9	NS	59,5 ± 2,8	51,9 ± 4,3	***	37,6 ± 7,1
	MO	61,2 ± 1,9	NS	60,1 ± 2,8	47,1 ± 3,9	***	34,3 ± 6,7
	CB	47,5 ± 3,2	NS	45,1 ± 4,2	13,5 ± 1,4	***	9,3 ± 2,0
	NDF	48,9 ± 3,2	NS	48,5 ± 4,0	21,5 ± 2,2	***	15,2 ± 3,9
	ADF	46,9 ± 3,4	NS	45,4 ± 4,5	14,2 ± 1,5	***	9,9 ± 2,8
	NDS	74,7 ± 1,6	*	70,5 ± 2,6	—	—	—
Foin de prairie naturelle	MS	48,2 ± 1,7	**	53,2 ± 3,7	39,3 ± 4,2	***	26,3 ± 4,6
	MO	51,7 ± 1,6	**	56,5 ± 3,5	40,0 ± 3,6	***	25,3 ± 4,1
	CB	46,1 ± 2,8	**	57,2 ± 4,2	13,5 ± 0,8	***	9,5 ± 1,3
	NDF	48,6 ± 2,4	**	56,2 ± 4,4	28,5 ± 1,7	***	17,7 ± 2,9
	ADF	45,3 ± 2,7	**	53,5 ± 4,8	15,4 ± 0,9	***	9,5 ± 1,7
	NDS	50,4 ± 0,5	*	47,9 ± 1,7	—	—	—
Paille de blé	MS	42,4 ± 4,2	***	48,4 ± 4,7	25,2 ± 4,0	***	14,3 ± 3,1
	MO	44,5 ± 4,2	***	50,9 ± 4,7	24,4 ± 3,8	***	25,3 ± 4,1
	CB	48,9 ± 4,0	***	57,3 ± 4,8	11,6 ± 1,5	***	6,9 ± 1,5
	NDF	47,1 ± 4,7	***	54,9 ± 4,8	20,8 ± 3,0	***	12,6 ± 2,7
	ADF	46,1 ± 5,8	***	55,1 ± 4,7	11,9 ± 2,0	***	7,5 ± 1,7
	NDS	32,3 ± 2,3	***	26,7 ± 2,3	—	—	—

NDS : *neutral detergent soluble*. NS : non significatif à $p < 0,05$; ** différences significatives à $p < 0,01$ entre les deux espèces ; *** différences significatives à $P < 0,001$ entre les deux espèces.

ADF) constaté chez le mouton et pas chez l'âne (tableau III) lorsqu'on passe du foin de bonne qualité (FLD) aux fourrages riches en parois (FP et PB) peut être mis en liaison avec cette différence de temps de séjour des digesta dans les compartiments digestifs respectifs de ces deux espèces. Pour d'autres auteurs, la faible activité microbienne chez les monogastriques herbivores soumis à des régimes pauvres serait plutôt due à des différences de composition ou d'équilibre nutritionnel entre milieux ruminal et cæcal (Wolter et Velandia, 1970 ; Koller et al, 1978 ; Uden et Van Soest, 1982). Ces auteurs estiment que ces différences sont à mettre en liaison avec les positions topographiques qu'occupent, respectivement, le rumen et le cæcum dans la chaîne digestive des herbivores. Chez les ruminants en effet, la totalité de la ration est mise à disposition des microorganismes du rumen tandis que chez les monogastriques, seule la fraction ayant échappé à la digestion enzymatique intestinale parvient aux microorganismes du milieu cæcal. Wolter et Velandia (1970) estiment d'ailleurs que l'insuffisance d'azote dans le gros intestin des équidés constitue le premier facteur limitant la cellulolyse du fait d'une dissociation chronologique et topographique entre la digestion précoce et enzymatique des protéines et celle retardée et microbienne des parois végétales. Brugiere (1981), Bellet (1982) et Tisserand (1989) estiment, quant à eux, que l'activité microbienne dans le gros intestin des équidés est essentiellement modulée par la disponibilité en énergie. Dans cette étude, l'absence de différence significative de digestibilité entre l'âne et le mouton (tableau III) lorsque ceux-ci sont nourris avec le foin de bonne qualité (FLD) apparaît comme un argument supplémentaire en faveur de l'existence éventuelle de conditions nutritionnelles différentes entre le rumen et le cæcum.

Avec les fourrages pauvres (FP et PB) les moutons ont fortement réduit leur consommation volontaire mais la digestibilité

n'a chuté que modérément. Chez les ânes en revanche, la consommation volontaire a été très peu affectée mais la digestibilité a accusé une baisse sensible. En somme, l'âne et le mouton utilisent des stratégies différentes, voire opposées, pour valoriser les fourrages pauvres. Toutefois, la quantité de matière organique digestible ingérée à l'avantage des ânes (tableau III) indique que ces derniers sont plus aptes, comparativement aux moutons, à tirer meilleure partie des fourrages pauvres pour la couverture de leurs besoins. Le maintien d'un niveau d'ingestion élevé semble avoir compensé la pauvreté du régime et la baisse relative de digestibilité observée chez les ânes.

CONCLUSION

Ces résultats préliminaires mettent en évidence une meilleure valorisation des fourrages pauvres chez les ânes, comparativement aux moutons. Toutefois, les mécanismes physiologiques qui sous-tendent cette efficacité digestive ne sont pas encore bien connus. En particulier, des études comparées de transit digestif et des effets de divers types de complémentation alimentaire sur l'activité microbienne dans les compartiments digestifs respectifs de l'âne et du mouton sont nécessaires pour préciser les résultats actuels.

RÉFÉRENCES

- Balch CC, Campling RC (1962) Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutr abstr Rev* 32, 669-689
- Bellet S (1982) Étude des effets de différents régimes sur la microflore cæcale et colique du poney. Thèse de 3^e cycle, faculté des sciences, Dijon, 99 p
- Brugiere D (1981) Essai de stimulation de l'activité microbienne dans le caecum du poney par des substances glucidiques. Thèse de 3^e cycle, faculté des sciences, Dijon, 107 p
- Cymbaluk NF (1990) Comparison of forage digestion by cattle and horses. *Can J Anim Sci* 70, 601-610

- Demment MW, Van Soest PJ (1985) A nutritional explanation for body size patterns of ruminant and non ruminant herbivores. *Ann Nat* 125, 640-671
- Dulphy JP, Jouany JP, Martin-Rosset W, Thériez M (1994) Aptitudes comparées de différentes espèces d'herbivores domestiques à ingérer et digérer des fourrages distribués à l'auge. *Ann Zootech* 43, 11-32
- Hintz HF (1969) Review. Equine nutrition comparisons of digestion coefficients obtained with sheep, cattle, rabbits and horses. *Veterinaria* 6, 45-51
- Hintz HF, Schryver HF, Halbert M (1973) A note on the comparison of digestion by new world camels, sheep and ponies. *Anim Prod* 16, 303-305
- Koller BL, Hintz HF, Robertson JB, Van Soest PJ (1978) Comparative cell wall and dry matter digestion in the cecum of pony and the rumen of cow using in vitro and nylon bag techniques. *J Anim Sci* 47, 209-215
- Martin-Rosset W, Andrieu J, Vermorel M, Dulphy JP (1984) Valeur nutritive des aliments pour le cheval. In: *Le cheval; reproduction, sélection, alimentation, exploitation* (W Jarrige, M Martin-Rosset, eds), Inra, Paris, 209-238
- Pearson RA (1991) Effect of exercise on the digestion efficiency in donkeys given ad libitum hay and straw diets. In: *Donkeys, Mules and Horses on Tropical Agricultural Development* (D Fielding, RA Pearson, eds), University of Edinburgh, Edinburgh, UK, 79-85
- Sas (1988) *Sas/Stat USER's Guide*, Sas Institute Inc, Cary NC, 1028 p
- Tisserand JL (1989) Microbial digestion in the large intestine in relation to monogastric and polygastric herbivores. *Acta Veterinaria Scandinadica (Suppl)* 86, 83-92
- Tisserand JL, Faurie F, Touré M (1991) A comparative study of donkey and pony digestive physiology. In: *Donkeys, Mules and Horses in Tropical Agricultural Development* (D Fielding, RA Pearson, eds). University of Edinburgh, Edinburgh, UK, 67-72
- Uden P, Van Soest PJ (1982) Comparative digestion of timothy (*Phleum pratense*) fibre by ruminants, equines and rabbits. *Br J Nutr* 47, 267-272
- Van Der Noot GW, Gilbreath EB (1970) Comparative digestibility of components of forages by geldings and steers. *J Anim Sci* 31, 351-355
- Van Soest JP, Wine RH (1967) Use of detergents in the analysis of fibrous feed. IV. The determination of plant cell wall constituents. *J Assoc Official Agr Chem* 50, 50-55
- Wolter R, Velandia J (1970) Digestion des fourrages chez l'âne. *Rev Méd Vét* 142, 489-495
- Wolter R, Valette JP, Morel Garay G (1982) Digestibilité de la paille traitée à la soude chez le poney. *Ann Zootech* 31, 459-470

Digestibility of astaxanthin and canthaxanthin in rainbow trout as affected by dietary concentration, feeding rate and water salinity

G Choubert¹, T Storebakken²

¹ Fish Nutrition Laboratory, Unité mixte Inra-Ifremer, 64310 Saint-Pée-sur-Nivelle, France;

² Institute of Aquaculture Research Ltd (Akvaforsk), N-6600 Sunndalsøra, Norway

(Received 6 November 1995; accepted 21 May 1996)

Summary — The digestibility of astaxanthin and canthaxanthin in rainbow trout was studied in two different experiments. In the first experiment, the trout were fed, at a rate of 1.0% body weight/day (BW/d), diets containing various concentrations (12.5, 25, 50, 100 and 200 mg carotenoid/kg feed) of astaxanthin or canthaxanthin in fresh water. The overall apparent digestibility of astaxanthin was higher than that of canthaxanthin whatever the dietary concentration of the carotenoid. Apparent digestibility coefficients were maximum for astaxanthin ($79.1 \pm 1.3\%$) at 25 mg/kg feed and for canthaxanthin ($68.6 \pm 2.8\%$) at 50 mg/kg feed, and then decreased at higher dietary levels of carotenoids. In the second experiment, only diets containing 25 or 50 mg carotenoid/kg feed of either of the two carotenoids were fed to trout in fresh water at feeding rates of 0.5, 1.0 and 1.5% BW/d, and in sea water (30–32 ppt) at a rate of 1.0% BW/d. Neither the feeding rate nor the salinity affected the digestibility of the two carotenoids.

astaxanthin / canthaxanthin / digestibility / trout / feeding rate / salinity

Résumé — Digestibilité de l'astaxanthine et de la canthaxanthine chez la truite arc-en-ciel. Effet de la concentration alimentaire, du taux de rationnement et de la température de l'eau. Les digestibilités de l'astaxanthine et de la canthaxanthine chez la truite arc-en-ciel ont été étudiées au cours de deux expériences différentes. Dans la première, des truites, élevées en eau douce, ont reçu, à un taux de rationnement de 1,0 % de leur poids corporel/jour (PV/jour), un aliment contenant différentes concentrations (12,5, 25, 50, 100 ou 200 mg caroténoïde/kilo d'aliment) d'astaxanthine ou de canthaxanthine. D'une façon générale, la digestibilité apparente de l'astaxanthine est plus élevée que celle de la canthaxanthine, quelle que soit la concentration alimentaire. Les digestibilités apparentes atteignent un maximum pour l'astaxanthine ($79,1 \pm 1,3\%$) pour une concentration de 25 mg de pigment/kilo d'aliment et pour la canthaxanthine ($68,6 \pm 2,8\%$) pour une concentration de 50 mg de pigment/kilo d'aliment, puis diminuent pour des concentrations alimentaires en caroténoïdes plus élevées. Dans la seconde expérience, les aliments, contenant 25 ou 50 mg caroténoïde/kilo d'aliment de l'un ou l'autre des deux pigments, ont été distribués à des truites, en eau douce, à des taux de rationnement de 0,5, 1,0 ou 1,5 % PV/jour, et, en eau de mer (30–32 ‰), à un taux de 1,0 % PV/jour. Ni le taux de rationnement ni la salinité de l'eau n'ont affecté la digestibilité des deux caroténoïdes.

astaxanthine / canthaxanthine / digestibilité / truite / taux de rationnement / salinité