

Note

Comparaison des activités alimentaires et méryciques de lamas et de moutons recevant des fourrages secs

JP Dulphy *, JM Ballet, M Jailler, A Detour

Station de recherches sur la nutrition des herbivores, Inra, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

(Reçu le 6 mars 1996 ; accepté le 5 novembre 1996)

Summary — Comparison of intake behaviour of llamas and sheep fed dry roughage. Feeding and ruminating activities of four llamas and four sheep were compared for four roughages: three hays (fed without concentrate) and one straw (fed with concentrate). For the four roughages voluntary dry matter intake was respectively 13.5 g/kg LW for llamas and 15.8 for sheep, results significantly different, but respectively 43.5 and 45.4 g DM/kg LW^{0.75}, results non-significantly different. Time for ingestion was, on average, 335 min/day for llamas and 287 for sheep (significant difference) and time for rumination 437 min/day against 559 for sheep (significant difference). After correction for the live weight the efficiency of chewing was comparable for the two species: 1.78 g DM/min/100kg LW. To note is that the llamas practically do not ruminate during the day. The time spent for eating is a little higher for llamas than for sheep. During the night, and above all the second part of the night, llamas spent more time ruminating than sheep. On average the barycentre of the rumination was delayed by 3.2 h for llamas compared to sheep. This mechanism could explain the higher length of particle retention in the digestive tract of llamas and a higher digestion of the cell wall contents. Length of rumination periods was longer for llamas, 45 min, against 40 min for sheep.

intake / intake behaviour / hay / llamas / sheep

Résumé — Les activités alimentaires et méryciques de quatre lamas et de quatre moutons ont été comparées alors qu'ils recevaient quatre régimes : trois foin (sans aliment concentré) et une paille (avec un aliment concentré). Pour l'ensemble des quatre fourrages, les lamas ont ingéré 13,5 g de MS/ kg de PV et les moutons 15,8 g, valeurs significativement différentes, mais respectivement 43,5 et 45,4 g de MS/ kg de P^{0.75}, valeurs non significativement différentes. Les lamas ont passé, en moyenne, 335 min/j à ingérer, contre 287 pour les moutons (différence significative) et seulement 437 min/j à ruminer, contre 559 pour les moutons (différence significative, $p < 0,05$). Après correction par le poids vif l'efficacité de la mastication a été pratiquement comparable pour les deux espèces : 1,78 g de MS/min/100 kg de PV. L'observation la plus remarquable est que les lamas ne ruminent pratiquement pas pendant la phase diurne du nyctémère, période pendant laquelle ils passent un peu plus de temps que les moutons à ingérer. À l'inverse, pendant la seconde partie de la nuit, ils passent plus de

* Correspondance et tirés à part

temps à ruminer que les moutons. En moyenne, leur rumination est alors retardée de 3,2 h par rapport à celle des moutons. Les périodes de rumination correspondantes sont plus longues pour les lamas (45 min) que pour les moutons (40 min). Ce mécanisme pourrait expliquer en partie une rétention plus longue des particules de fourrage dans le tube digestif des lamas et une digestion plus élevée des parois végétales.

ingestion / activités alimentaires / foin / lama / mouton

INTRODUCTION

La comparaison du comportement alimentaire de différentes espèces d'herbivores est toujours très riche d'enseignement pour connaître les mécanismes mis en œuvre pour ingérer et digérer les fourrages (Van Soest, 1982).

À l'auge les lamas ingèrent, en moyenne, un peu moins que les moutons : 15,9 contre 18,4 de MS/kg de PV dans 11 comparaisons récapitulées par Dulphy et al (1995). Par rapport à leur poids métabolique, les lamas ont en revanche ingéré 49,3 g/kg $P^{0.75}$ et les moutons 51,7 g, soit des quantités comparables. Nous utiliserons d'ailleurs ces deux modes d'expression pour les quantités ingérées, chacune ayant son intérêt (Dulphy et al, 1994b).

On ne dispose actuellement que de très peu d'observations des activités alimentaires et méryciques (ingestion et rumination) de ces deux espèces. D'après l'étude de Lemosquet et al (1996), les durées d'ingestion, la durée du grand repas et le nombre de petits repas par jour sont comparables, mais les lamas consacrent moins de périodes à la rumination. Par ailleurs, la rumination de ces animaux serait essentiellement nocturne (Prud'hon et al, 1993).

L'objectif de cet essai a donc été de compléter les résultats déjà obtenus (Dulphy et al, 1994a ; Lemosquet et al, 1996) et d'étudier plus précisément la répartition journalière des activités alimentaires et méryciques des deux espèces. Pour cela, quatre fourrages secs, relativement riches en parois végétales, ont été choisis, de façon à être les plus différents possible du point de vue

de leur ingestibilité (large gamme de teneurs en matières azotées totales [MAT]), des mesures parallèles étant faites sur leur digestibilité.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Animaux

Quatre lamas et quatre moutons ont été utilisés. Les animaux étaient des mâles castrés âgés de 5-6 ans, pesant respectivement 106 ($\pm 3,0$) et 67 ($\pm 2,2$) kg.

Aliments

Quatre régimes ont été étudiés :

- un foin précoce de montagne (graminées) : FPM.
- un foin tardif de montagne (graminées) : FTM.
- un foin tardif de plaine (fétuque) : FTP.
- une paille, distribuée avec 300 g d'un concentré (céréales + tourteau) riche en azote, et 20 g de minéraux : PC.

Les fourrages ont été hachés en brins de 3-4 cm et distribués en deux repas par jour (8 h et 16 h), le concentré étant donné 15 min avant la paille (50 % le matin et 50 % le soir). Le tableau I donne les caractéristiques moyennes des aliments utilisés.

Schéma expérimental

Le dispositif expérimental utilisé a été un split-plot. Pour chaque espèce, à chaque période, les animaux ont reçu un régime différent. Il y a donc eu au total quatre périodes de 4 semaines. Les fourrages ont été distribués à volonté (10-15 %

Tableau I. Caractéristiques des aliments utilisés.

	FPM	FTM	FTP	P	C
Teneur en MS (g/kg)	918	919	912	928	938
Cendres	86	69	90	96	92
MAT**	} (g/kgMS)	110	51	37	263
NDF					

FPM : foin précoce de montagne ; FTM : foin tardif de montagne ; FTP : foin tardif de plaine ; P : paille ; C : concentré. ** MAT : matières azotées totales ; NDF : parois totales (Van Soest).

de refus) durant l'hiver 1994-1995. Les lamas étaient en case au sol dans une salle à température contrôlée (environ 18 °C) et les moutons en cage à métabolisme dans une autre salle à température également contrôlée et identique.

Mesures

Les quantités de fourrage offertes et refusées ont été pesées chaque jour pour chaque animal. Les digestibilités des quatre régimes ont été déterminées après collecte totale des fèces, pendant 6 j en semaine 3, dans des cages à métabolisme adaptées à chacune des espèces. Les activités alimentaires ont été enregistrées selon la méthode de Ruckebusch (1963) (pendant 4 j, semaine 4). À partir des enregistrements, les durées d'ingestion et de rumination par jour et par heure, le nombre de repas par jour, la durée des deux grands repas suivant les distributions de fourrage, le nombre de périodes de rumination, le nombre et la durée des bols de rumination ont été déterminés. Enfin, toutes les activités étant disponibles heure par heure, les barycentres, sur 24 h, des activités d'ingestion et de rumination ont été respectivement évalués, en prenant comme début du nyctémère l'heure de la première distribution d'aliment de la journée (8 h).

Analyses chimiques et calculs statistiques

Des échantillons représentatifs des aliments offerts et refusés, ainsi que des fèces, ont été prélevés chaque jour puis regroupés par traitement étudié, et enfin analysés pour déterminer leur teneur en :

- cendres, après incinération à 550 °C, pendant 4 h ;
- matières azotées totales (MAT), selon la méthode Kjeldahl ($N \times 6,25$) ;
- parois totales (NDF), selon la méthode de Goering et Van Soest (1970).

Les écarts types résiduels et les comparaisons intra et interespèces ont été calculés avec le logiciel SAS (1985). Pour tous les paramètres étudiés, sauf la composition des refus, un total de 32 résultats a été utilisé. Dans le modèle statistique utilisé, l'effet de l'espèce (1 ddl), l'effet animal hiérarchisé dans l'espèce (6 ddl), l'effet période hiérarchisé dans l'espèce (6 ddl), l'effet des régimes utilisés (3 ddl) et l'interaction entre espèce et fourrage (3 ddl) ont été testés. Le facteur animal hiérarchisé dans l'espèce a constitué l'erreur utilisée pour tester le facteur espèce. L'effet période n'a jamais été significatif.

RÉSULTATS

Quantités ingérées et digestibilité

D'après la composition des refus (tableau II), les lamas ont davantage trié le fourrage qu'ils ont reçu que les moutons. Ainsi les teneurs en MAT (entre offert et refus) ont diminué en moyenne de 18 g/kg MS chez les lamas et de seulement 9 g chez les moutons. Les teneurs en NDF ont augmenté de 19 g chez les premiers et seulement de 1 g chez les seconds.

Pour l'ensemble des quatre fourrages, les quantités de MS ingérées, mesurées lors de l'enregistrement des activités alimentaires,

Tableau II. Variation de la composition chimique entre l'offert et le refus.

	<i>Lamas</i>				<i>Moutons</i>			
	<i>FPM</i>	<i>FTM</i>	<i>FTP</i>	<i>P</i>	<i>FPM</i>	<i>FTM</i>	<i>FTP</i>	<i>P</i>
Cendres	-4	-3	0	-31	40	9	20	-25
MAT	-31	-19	-8	-17	-3	-16	-5	-14
NDF	28	6	6	38	-11	8	-8	16

n'ont pas été significativement différentes par kg de PV^{0,75}, mais elles l'ont été par kilo de PV (tableau III). Il n'y a pas eu d'interaction significative fourrage-espèce.

Les digestibilités de la matière organique des fourrages ont été, en moyenne, identiques pour les deux espèces : respectivement 57,5 % (66,8 ; 62,8 ; 56,6 ; 44,0) pour les lamas contre 57,2 (67,2 ; 61,6 ; 55,5 ; 44,7) pour les moutons. En revanche, les lamas ont significativement mieux digéré les parois végétales : respectivement 59,3 (67,4 ; 62,0 ; 55,9 ; 52,1) et 56,1 (66,7 ; 58,8 ; 52,6 ; 46,2).

Activités d'ingestion

La durée d'ingestion, les quantités ingérées par minute, le nombre de repas par jour et la durée des grands repas ont été plus élevés, respectivement de + 17 %, + 11 %, + 131 % et + 20 % chez les lamas que chez les moutons, et seuls les écarts de quantités ingérées par minute n'ont pas été significatifs au seuil de 5 %. Le barycentre des activités d'ingestion a été atteint significativement plus tôt (+ 1 h) pour les lamas, le décalage étant surtout net pour la paille. Pour tous ces paramètres, il n'y a pas eu non plus d'interaction fourrage-espèce.

Les répartitions journalières de l'ingestion sont proches d'un fourrage à l'autre. C'est pourquoi seule la répartition moyenne est représentée dans la figure 1. Cette figure montre que les lamas ingèrent plus long-

temps dans la journée, entre les deux grands repas, autour de 20 min/heure, contre 0 à 10 pour les moutons. Durant la nuit, en revanche, il y a peu de différence entre les deux espèces.

Activités de rumination

La durée journalière de rumination des lamas et le nombre de périodes de rumination ont été significativement inférieurs à ceux des moutons (tableau IV). Cependant, les durées moyennes des périodes de rumination des lamas ont été plus longues que celles des moutons (respectivement 45 et 40 min). En revanche, le nombre de bols de rumination a été comparable pour les deux espèces, avec une durée du cycle significativement plus faible pour les lamas et, pour ce dernier paramètre, une interaction significative fourrage-espèce ($p = 0,04$).

Enfin le barycentre des activités de rumination a été supérieur pour les lamas. La figure 2 montre d'ailleurs clairement que les lamas ruminent beaucoup plus durant la nuit que les moutons. Ainsi, par heure diurne entre les deux distributions de fourrage, il y a 0 à 10 minutes de rumination pour les lamas, contre 30 à 40 pour les moutons. Durant la nuit les lamas augmentent progressivement leur durée horaire de rumination, qui atteint un maximum entre 5 et 7 h du matin. Les moutons commencent plus tôt avec un creux en milieu de nuit et une baisse seulement à la 24^e heure.

Tableau III. Quantités de MS ingérées par les animaux.

Fourrages	Lamas			Moutons			Écarts types résiduels					
	FPM	FTM	FTP	PC	\bar{X}	FPM	FTM	FTP	PC*	\bar{X}	Modèle	Espèce
Quantités de MS ingérées :												
- g/animal/j	1 674 ^a	1 741 ^a	1 300 ^b	842 ^c	1 389 ^A	1417 ^a	1276 ^{ab}	1030 ^b	576 ^c	1075 ^B	156	350
- g/kg PV	16,8 ^a	16,6 ^a	12,3 ^b	8,3 ^c	13,5 ^A	20,5 ^a	18,2 ^{ab}	15,4 ^b	9,0 ^c	15,8 ^B	2	4
- g/kg P ^{0.75}	52,7 ^a	53,0 ^a	39,2 ^b	29,0 ^c	43,5 ^A	59,1 ^a	52,7 ^{ab}	44,1 ^b	25,6 ^c	45,4 ^A	6,05	9,9

PC : pour obtenir les quantités de MS ingérées totales, il faut rajouter les quantités de concentré ingérées : 273 g de MS pour chacune des deux espèces (150 g de maïs, 123 g de tourteau de soja). NB : Les comparaisons de régimes sont faites intra-espèces. Les valeurs moyennes (\bar{X}) pour les lamas et les moutons sont significativement différentes si elles sont suivies d'une lettre majuscule différente (seuil : $p < 0,05$). Pour une espèce les valeurs moyennes pour les fourrages sont significativement différentes si elles sont suivies d'une lettre minuscule différente ($p < 0,05$).

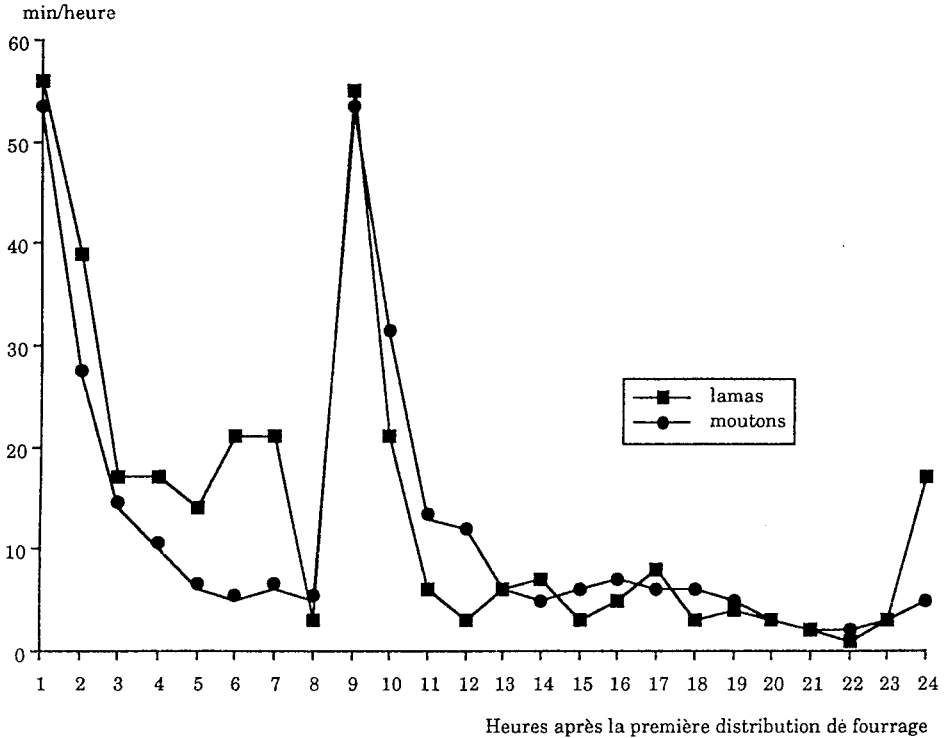


Fig 1. Évolution horaire de la durée d'ingestion par heure pour l'ensemble des quatre régimes.

Mastication

Les lamas ont passé significativement moins de temps à mastiquer que les moutons, avec une interaction significative fourrage-espèce ($p = 0,04$), mais ils ont mastiqué significativement plus de matière sèche par minute. Cependant si on ramène les valeurs à 100 kg de PV on obtient respectivement 1,73 et 1,84 g, résultats non significativement différents.

DISCUSSION

Les quantités ingérées par espèce, sur la base du poids métabolique, ont été tout à

fait comparables entre elles, comme l'avaient d'ailleurs trouvé Lemosquet et al (1996). La présence d'une paille et d'un foin très tardif dans ce nouvel essai explique cependant des quantités ingérées plus faibles pour les deux espèces.

Les valeurs concernant les paramètres de l'ingestion (durée totale, nombre de repas par jour et durée des grands repas) sont significativement différentes entre les deux espèces et supérieures pour les lamas, alors qu'il n'y avait pas de différence significative dans l'essai de Lemosquet et al (1996). La raison en est inconnue. Cependant, curieusement, les durées d'ingestion trouvées par Lemosquet et al (1996) étaient très élevées

Tableau IV. Activités alimentaires et méryciques des animaux.

Fourrages	Lamas				Moutons				Écarts types résiduels			
	FPM	FTM	FTP	PC	\bar{X}	FPM	FTM	FTP	PC*	\bar{X}	Modèle	Espèce
<i>Ingestion</i>												
Durée journalière (min)	365 ^a	367 ^a	296 ^b	313 ^b	335 ^A	316 ^a	272 ^a	308 ^a	250 ^a	287 ^B	40	105
Vitesse (g/MS/min)	4,82 ^a	4,89 ^a	4,38 ^a	2,79 ^b	4,23 ^A	4,53 ^a	4,95 ^a	3,38 ^{ab}	2,35 ^b	3,80 ^A	0,8	1,54
Repas/jour	16,0 ^a	14,5 ^a	11,0 ^a	11,3 ^a	13,2 ^A	7,6 ^a	6,3 ^a	6,3 ^a	2,8 ^b	5,7 ^B	2,5	5,5
Durée des grands repas (min)	77 ^a	90 ^a	79 ^a	93 ^a	85 ^A	77 ^a	73 ^a	69 ^{ab}	65 ^b	71 ^B	14	16,7
Barycentre des activités (h)*	8,1 ^{ab}	8,5 ^a	7,4 ^{bc}	6,4 ^c	7,6 ^A	8,1 ^a	8,1 ^a	8,5 ^{ab}	9,4 ^b	8,6 ^B	0,72	0,9
<i>Rumination</i>												
Durée journalière (min)	414 ^a	488 ^a	470 ^a	376 ^a	437 ^A	576 ^a	614 ^a	604 ^a	442 ^b	559 ^B	54	64
Efficacité (gMS/min)	4,36 ^a	3,61 ^{ab}	2,81 ^{bc}	2,21 ^c	3,24 ^A	2,46 ^a	2,09 ^{ab}	1,72 ^{bc}	1,30 ^c	1,89 ^B	0,53	1,12
Périodes/jour	8,8 ^a	9,3 ^a	10,5 ^a	10,0 ^a	9,6 ^A	13,8 ^a	13,3 ^a	14,1 ^a	14,3 ^a	13,9 ^B	1,74	7,73
Bols/jour	623 ^{ab}	728 ^a	657 ^{ab}	520 ^b	632 ^A	676 ^a	699 ^a	720 ^a	586 ^b	671 ^A	79	114
Durée des bols (sec)	40 ^a	41 ^a	44 ^{ab}	45 ^b	42 ^A	51 ^{ab}	53 ^a	50 ^{ab}	46 ^b	50 ^B	3,4	9,4
Barycentre des activités (h)*	18,0 ^a	17,3 ^{ab}	17,8 ^a	18,3 ^a	17,8 ^A	13,3 ^a	13,4 ^a	13,4 ^a	14,3 ^b	13,6 ^B	0,55	1,2
<i>Mastication</i>												
Durée journalière (min)	779 ^b	855 ^a	766 ^b	689 ^c	772 ^A	892 ^a	886 ^a	913 ^a	693 ^b	846 ^B	50	113
Efficacité (gMS/min)	2,16 ^a	2,05 ^a	1,71 ^b	1,22 ^c	1,78 ^A	1,59 ^a	1,45 ^{ab}	1,14 ^{bc}	0,83 ^c	1,25 ^B	0,19	0,48
Efficacité /100 kg PV	2,15 ^a	1,95 ^a	1,61 ^b	1,21 ^c	1,73 ^A	2,29 ^a	2,07 ^{ab}	1,71 ^{bc}	1,30 ^c	1,84 ^A	0,22	0,52

NB : cf tableau III. * Calculé par rapport à la distribution du matin faite à 8 h.

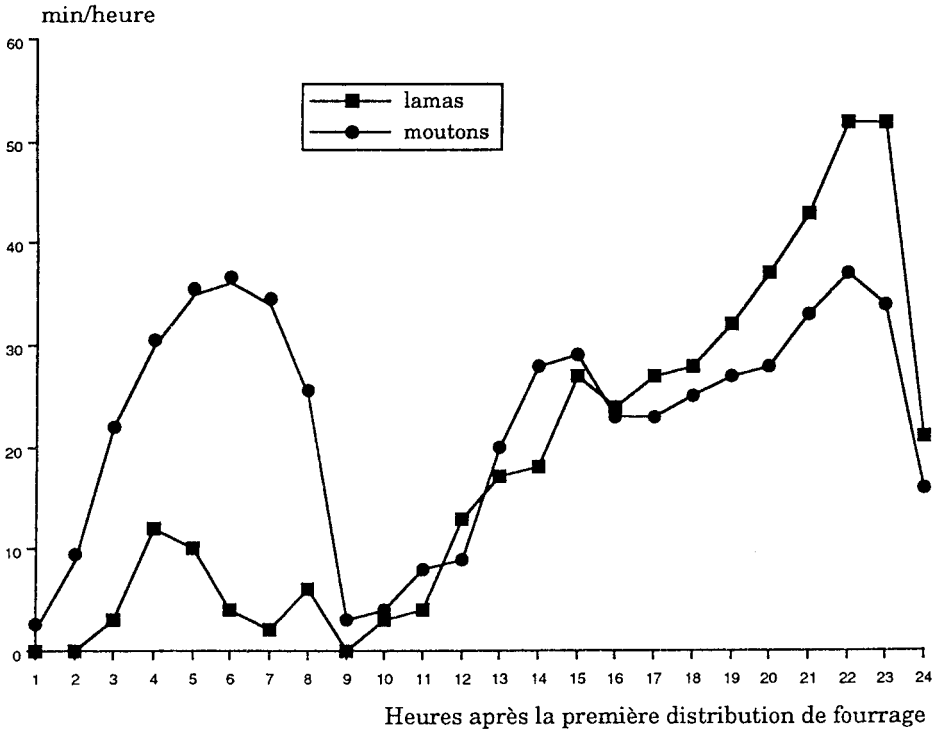


Fig 2. Évolution horaire de la durée de rumination par heure pour l'ensemble des quatre régimes.

pour les moutons (396 min contre 256, valeur moyenne donnée par Dulphy et Demarquilly, 1992). La faible durée des grands repas dans le présent essai est due probablement à l'apport en deux fois du fourrage dans la journée.

Les quantités de foin ingérées par minute pour les llamas ont été identiques dans cet essai et dans celui de Lemosquet et al (1996), soit 4,36 g de MS/min. En revanche, chez les moutons les vitesses d'ingestion ont été très différentes pour les deux essais (respectivement 3,1 g MS/min contre 3,8) en liaison probablement avec leur durée d'ingestion élevée dans le premier essai.

Les principaux paramètres de la rumination ont, en revanche, été différents d'une espèce à l'autre dans les deux essais, les llamas passant moins de temps à ruminer, mais faisant des périodes de rumination plus longues.

La durée des cycles de rumination a été relativement faible chez les llamas, soit 42 s. D'après Heller et al (1984), la durée moyenne d'un cycle moteur est de 82 secondes mais, selon Vallenat et Stevens (1971), Engelhardt et Höller (1982) et C Dardillat (observation non publiée), il y a beaucoup plus de régurgitations que de cycles moteurs. Les deux phénomènes

seraient donc complètement dissociés chez le lama, contrairement à ce qui a été observé chez les vrais ruminants. Les auteurs cités donnent une valeur de 43 s entre deux régurgitations, soit exactement la valeur que nous observons.

Les lamas et les moutons répartissent différemment leurs activités alimentaires. Ainsi, comme l'ont remarqué d'autres auteurs (Prud'hon et al, 1993 ; Lemosquet et al, 1996), la rumination des lamas est essentiellement nocturne, avec une répartition au cours du nyctémère tout à fait originale par rapport aux ovins. Le fait de décaler la rumination vers la nuit pourrait entraîner un ralentissement du transit de la matière sèche à travers les préestomacs au cours de la journée (Lemosquet et al, 1996) et expliquerait une digestibilité habituellement plus élevée chez les lamas, comme cela a d'ailleurs été le cas dans cet essai pour les parois.

CONCLUSION

Les observations faites dans cet essai complètent celles dont nous disposons déjà en apportant des données originales sur la répartition des activités de mastication chez le lama. Ainsi l'allongement de l'intervalle de temps entre ingestion et rumination entraîne probablement une rétention prolongée des particules dans les préestomacs et augmente leur digestion.

RÉFÉRENCES

- Dulphy JP, Dardillat C, Jailler M, Jouany JP (1994a) Comparison of the intake and digestibility of different diets in llamas and sheep: a preliminary study. *Ann Zootech* 43, 379-387
- Dulphy JP, Jouany JP, Martin-Rosset W, Thériez M (1994b) Aptitudes comparées de différentes espèces d'herbivores domestiques à ingérer et digérer des fourrages distribués à l'auge. *Ann Zootech* 43, 11-32
- Dulphy JP, Demarquilly C (1992) Activités alimentaires et méryciques de moutons recevant des foin à l'auge. *Ann Zootech* 41, 223-229
- Dulphy JP, Martin-Rosset W, Jouany JP (1995) Ingestion et digestion comparées des fourrages chez différentes espèces d'herbivores. *Inra Prod Anim* 8, 293-307
- Engelhardt Wv, Höller H (1982) Salivary and gastric physiology of camelids. *Verh Dtsch Zool Ges* 195-204
- Goering HK, Van Soest PJ (1970) Forage and fiber analyses. US Dept of Agriculture. *Agric Handbook*, n° 379, 20 p
- Heller R, Gregory PC, Engelhardt Wv (1984) Pattern of motility and flow of digesta in the forestomach of the llama (*Lama guanacoe f glama*). *J Comp Physiol B* 154, 529-533
- Lemosquet S, Dardillat C, Jailler M, Dulphy JP (1996) Voluntary intake and gastric digestion of two hays by llamas and sheep; influence of concentrate supplementation. *J Agric Sci Camb* 127, 539-548
- Prud'hon M, Cordesse R, De Rouville S, Thimonier I (1993) Les camélidés sud-américains : le point des connaissances. *Inra Prod Anim* 61, 5-15
- Ruckebusch Y (1963) Recherches sur la régulation centrale du comportement alimentaire chez les ruminants. Thèse, université de Lyon, 213 p
- Sas Institute (1985) *SAS User's guide*. Sas Institute Inc, USA
- Vallenas AP, Stevens C (1971) Motility of the llama and guanaco stomach. *Am J Physiol* 220, 275-282
- Van Soest PJ (1982) *Nutritional ecology of the ruminant*. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press, Ithaca, 373 p