THEANDER, O. and P. AMAN (1984). In: F. Sundstol and E. Owen (Editors) Straw an other By-Products as Feed. Elsevier, Amsterdam p. 45

TIEN, M. and K.T. KIRK (1983). Science 221:661

TIEN, M. and C.P.D. TU (1987). Nature 326:520

WHISTLER, R. L. and J.N. BeMILLER (1958). Adv. Carbohydr. Chem. Vol. 13:289-329

WILLIAMS, P.E.V. and G.M. INNES (1983). Br. Soc. Anim. prod. Winter meeting, Paper no. 36

ZADRAZIL, F. (1984). In: F. Sundstol and E. Owen (Editors) Straw and other Fibrous By-products. Elsevier, Amsterdam pp. 276

ZHANG, Y.Z., G.J. ZYLSTRA, R.H. OLSEN and C.A. REDDY (1986). Bioch. and Bioph. Res. Communications. 137:649

Variations de l'ingestion volontaire des lignocelluloses chez les ruminants (cas des pailles de céréales)

A. CHERMITI*, A. NEFZAOUI*, E. TELLER**, M. VANBELLE**
* LABORATOIRE DE NUTRITION ANIMALE, INRA-TUNISIE
** LABORATOIRE DE BIOCHIMIE DE LA NUTRITION, UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN, LOUVAIN-LA NEUVE, BELGIQUE

RESUME - La quantité de matière organique digestible ingérée dépend de plusieurs facteurs liés à l'animal et à l'aliment d'une part, et au milieu d'autre part. En général, l'ingestion volontaire d'un fourrage dont la teneur en paroi est élevée, se trouve limitée par la faible digestiblité de cette fraction et la température élevée. Toutefois, dans les conditions sud méditerranéennes, ce concept n'est pas toujours valable. Le hâchage augmente les quantités volontairement ingérées de paille. Cette augmentation est d'autant plus importante que la paille est traitée. Un apport relativement élevé en aliments concentrés augmente notamment les quantités ingérées de pailles non traitées et non celles des pailles traitées. La complémentation en urée des pailles relativement digestibles peut avoir un effet sur les quantités ingérées, comme elle peut ne pas en avoir lorsque les pailles sont moins digestibles. L'effet de la complémentation sur les quantités ingérées de pailles traitées est le plus souvent masqué par l'effet du traitement.

SUMMARY - "Lignocellulosic ingestion variations in rumiants". Intake of digestible organic matter depends on many factors related to animal, feeds and environment. Straw voluntary intake is limited by cell wall low digestibility and high temperature. But this concept is not always valid in south mediterranean areas. Chopping increases straw voluntary intake especially with ammonia treated straw. With high concentrate ratio, untreated straw intake may be higher than treated straw. Straw intake increases with urea supplementation when straw is more digestible, but is not affected when straw is less digestible. Supplementation effect on the ammonia treated straw intake is often masqued by treatment effect.

Introduction

La valeur alimentaire d'un aliment est représentée par la quantité de matière organique digestible ingérée. Elle est donc le produit de la valeur nutritive par la quantité de matière sèche volontairement ingérée. Cette dernière est dépendante de plusieurs facteurs liés à la fois à l'animal et à l'aliment d'une part, et au milieu d'autre part.

Les facteurs liés à l'animal sont d'ordre physiologique. En effet, outre les différents stades par lesquels passe l'animal au cours de l'année, la prise d'aliments est contrôlée par le système nerveux. Ce contrôle a été localisé dans les zones latérales et ventromédianes de l'hypothalamus où résident respectivement un centre de la faim et un autre de la satiété. D'autres zones du cerveau influençant l'ingestion (paraventricular nucleus et rostal areas) ont été récemment mises en évidence (Baile et Mc Laughlin, 1987).

Chez le ruminant, l'ingestion volontaire de fourrages grossiers est principalement limitée physiquement par le volume du réticulo-rumen. La régulation de l'ingestion sera tantôt de type physique, tantôt de type métabolique (Forbes, 1980). L'état énergétique de l'animal est véhiculé dans le sang. Ainsi, le rôle de certains métabolites et hormones devient principal. Parmi ces derniers, nous citons le glucose, les acides gras volatils, les acides gras libres, l'hormone de croissance, les glucocorticoïdes et les hormones sexuelles. La revue récemment présentée par Forbes (1988) montre bien le rôle que peuvent jouer ces facteurs sur l'ingestion volontaire des aliments. Dans le présent travail, seuls les facteurs liés au milieu et à l'aliment seront pris en compte.

Effet du milieu sur l'ingestion

La température est un facteur essentiel affectant l'ingestion d'un fourrage. En effet, lorsque l'animal se trouve dans la zone de neutralité thermique, l'ingestion volontaire est peu affectée. Par contre, au delà de cette zone, l'ingestion peut être très variable (Chai et al., 1985). Dans des conditions de basses températures, l'animal est soumis à une production importante de chaleur pour maintenir constante la température du corps, ce qui se traduit par une dépense énergétique supplémentaire et de ce fait les quantités ingérées seront augmentées. Dans le cas de fortes températures, telles que les conditions des pays sud méditerranéens, l'effet est tout à fait contraire. L'ingestion d'un fourrage dont la teneur en paroi relativement indigestible est élevée se trouve donc limitée à la fois par la faible digestibilité de cette fraction et la température élevée. Ce concept n'est pas toujours valable dans les conditions sud méditerranéennes.

Autres facteurs de variations

La vitesse de passage des particules, la complémentation et la quantité de protéines digestibles dans l'intestin sont les principaux facteurs de variations de l'ingestion volontaire des fourrages grossiers.

Ingestion-vitesse de passage des particules

Le volume du rumen et la vitesse de transit des aliments conditionnent le niveau d'ingestion des fourrages riches en paroi (Campling, 1970). Cette vitesse de transit dépend de la vitesse de digestion et donc de la composition physico-chimique de l'aliment. Ainsi, il y a une relation entre la digestibilité et la vitesse de digestion qui entraîne une relation entre la digestibilité et les quantités ingérées. Plus l'aliment est digestible, plus rapidement il quitte le rumen et la quantité ingérée sera élevée (Blaxter et al., 1961). Ce concept, très général, ne semble pas être applicable à certains sous-produits méditerranéens tels que les grignons d'olives. En effet, bien que la proportion de fibres dans les grignons soit importante, l'ingestion volontaire chez les ovins peut dépasser 100 g de matière sèche par kilogramme de poids métabolique (Chermiti et al., 1987). La régulation physique de l'ingestion intervient peu dans ce cas dû à la fine taille des particules. Cette dernière entraîne un transit rapide de l'aliment et donc une faible digestibilité (Nefzaoui, 1985 ; Nefzaoui et Vanbelle, 1986). Il s'agit donc d'un aliment dont l'ingestion est régulée par des facteurs métaboliques (Nefzaoui, 1985).

Le contrôle principal de passage des particules est exercé par l'orifice réticulo-omasal ayant la fonction de limiter le passage de ces dernières au delà d'une certaine taille. la taille critique des particules n'est pas encore bien définie. Elle est variable en fonction de plusieurs facteurs entre autres l'espèce végétale. Les légumineuses, par exemple, à digestibilité comparable ont une vitesse de passage plus rapide que les graminées (Nicholson, 1984). La mise sous forme de "pellets" des fourrages de mauvaise qualité augmente les quantités ingérées de 44 % chez les ovins et de 13 % chez les bovins (tableau 1). L'augmentation des quantités ingérées de fourrages conditionnés en "pellets" est plus importante chez des ovins de 6 mois que chez ceux de 18 mois (tableau 1). Ceci étaye l'idée selon laquelle la taille des particules quittant le rumen est plus réduite chez les ovins que les bovins. Elle est d'autant plus petite que les animaux sont jeunes (tableau 1).

L'action mécanique sur les fourrages pauvres augmente certes les quantités volontairement ingérées mais réduit d'une façon générale leur digestilibité. Cette réduction est de 15 % avec des foins de bonne qualité et de 12 % avec ceux de mauvaise qualité. L'effet est plus important pour la fraction lignocellulosique (22 %) et moins pour l'azote (12 %). La réduction de la digestibilité est fonction de la diminution de la taille des particules.

Effet de la complementation sur l'ingestion volontaire des fourrages pauvres

L'effet du conditionnement des fourrages pauvres en "pellets" sur les quantités volontairement ingérées n'est pas uniquement expliqué par la taille des particules. En

Tableau 1. Effet du broyage et du conditionnement en pellets sur les quantités ingérées de fourrage pauvre chez les ovins et les bovins en fonction de leur âge. (GREENHALGH et REID, 1973).

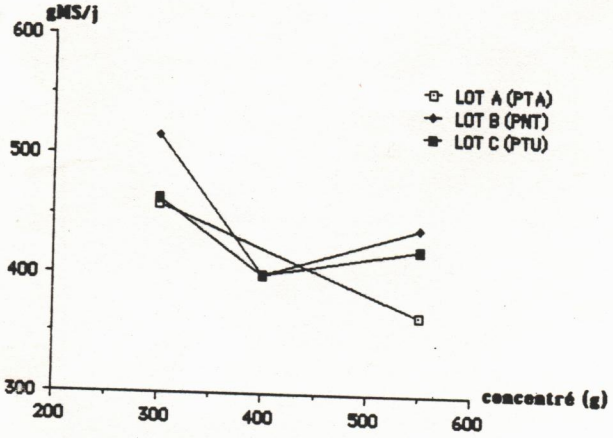
espéce	âge (mois)	poids moyen (kg)	ingestion en g. MS/kg P. 0,75	
			forme longue	en pellets
ovine	6	49	47	83
	18	72	44	77
	36	83	54	87
bovine	6	272	80	104
	18	464	74	84
	36	614	68	88

effet, ce type d'aliment est caractérisé essentiellement par une teneur limitée en azote. Un apport supplémentaire en cet élément augmente l'ingestion. Les résultats de Egan (1965) montrent que l'infusion de caséine dans le duodénum de moutons alimentés avec un fourrage à faible teneur en azote augmente les quantités volontairement ingérées.

Plus tard, le même auteur conclut que l'infusion de caséine est sans effet lorsque 13 % de l'énergie digestible sont permis par les protéines digestibles. Ceci traduit le fait que la quantité d'acides aminés absorbés est un facteur limitant pour ce fourrage et non la distension du rumen (Kempton et Leng, 1979 ; Kempton et al., 1979). Les quantités ingérées peuvent être maximales si, avec l'apport adéquat d'azote, une quantité limitée de carbohydrates est apportée (Anderson, 1978 ; Barry et Johnstone, 1976). L'apport de pulpes de betteraves augmente les quantités ingérées de paille non traitée chez les ovins et les bovins (Ayona et al., 1989) du fait de l'augmentation de la vitesse de dégradation de la paille dans le rumen (Silva et Orskov, 1988). Toutefois, une teneur élevée en amidon réduit la digestibilité de la paroi (Smith et al., 1980).

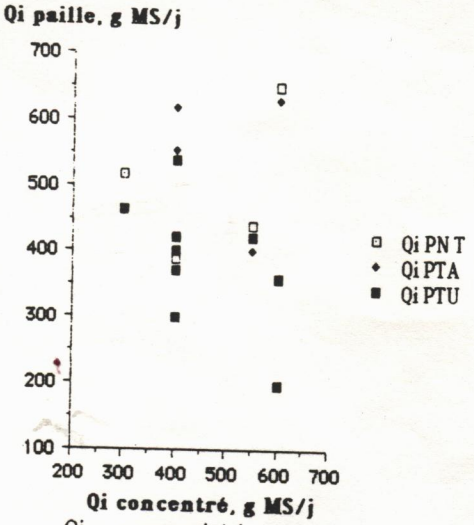
Un apport relativement élevé en concentré augmente les quantités ingérées de paille non traitée et non celles de paille traitée. Ces dernières ont plutôt tendance à diminuer dans de telles conditions (figures 1 et 2). Dans le cas où les besoins des microorganismes ne sont pas satisfaits en azote dégradable, l'ingestion n'est pas stimulée avec un apport de concentré (Sriskandarajah et al., 1982).

La qualité du concentré à apporter est d'importance considérable. L'apport en minéraux et en vitamines est le plus souvent recommandé. L'effet de la complémentation minérale et vitaminique sur l'ingestibilité des pailles n'a pas fait l'objet de travaux spécifiques. Il apparaît dans des essais menés sur ovins pendant plusieurs cycles que la déficience en éléments minéraux n'affecte pas les quantités ingérées de pailles traitées mais, en particulier, les performances de reproduction obtenues sont médiocres (Chermiti et Nefzaoui, non publiés). Les résultats de Doyle et Panday (1990) ont bien montré qu'en plus de l'absence d'effet sur l'ingestion et la digestion de la paille, la complémentation minérale est aussi sans effet sur le flux d'azote qui passe à travers le duodénum et la quantité de protéines digestibles dans l'intestin. La complémentation en urée des pailles relativement digestibles peut avoir un effet sur les quantités ingérées comme elle peut ne pas en avoir lorsqu'elles sont moins digestibles (Doyle et Panday, 1990). Ceci est en parfait accord avec les résultats que nous avons obtenus sur des ovins en croissance recevant une paille d'orge non traitée et complémentée en urée comparée à la même paille traitée à l'ammoniac et au foin de vesce-avoine. Les ingestions volontaires moyennes étaient respectivement de 650 ; 628 et 597 g de MS/jour (tableau 2). La différence de niveau d'ingestion n'a pas été accompagnée par des différences au niveau de l'évolution du poids des animaux. Ceci ne pourrait être dû qu'à la quantité d'énergie et/ou d'azote disponible et utilisable par l'animal. Il est important de rappeler que les pailles des régions sud méditerranéennes sont le plus souvent moins riches en paroi et contiennent



PTA : paille traitée à l'ammoniac
PNT : paille non traitée
PTU : paille traitée à l'urée

Fig. 1. Effet du traitement à l'ammoniac et à l'urée et de la complémentation sur les quantités volontairement ingérées de paille. (CHERMITI et NEFZAOUI, 1990).



Qi : quantité ingérée
PNT : paille non traitée
PTA : paille traitée à l'ammoniac
PTU : paille traitée à l'urée

Fig. 2. Effet de la complémentation sur les quantités volontairement ingérées de paille non traitée ou traitée à l'ammoniac et à l'urée. (CHERMITI et NEFZAOUI, 1990).

Tableau 2. Quantité de matière sèche volontairement ingérée de foin et de paille. (CHERMITI et NEFZAOUI, 1990).

ingestion	foin de vesce-avoine	paille traitée à l'ammoniac	paille non traitée
g MS/jour	597 + 146 b	628 + 85 a	650 + 70 a
g MS/P. 0,75	44,7	48,0	50,9
orge en % ration totale	47	46	45*

* 2% d'urée sont incorporés avec de l'orge.
Les valeurs accompagnées de lettre différente sont significativement différentes au seuil 0,05.

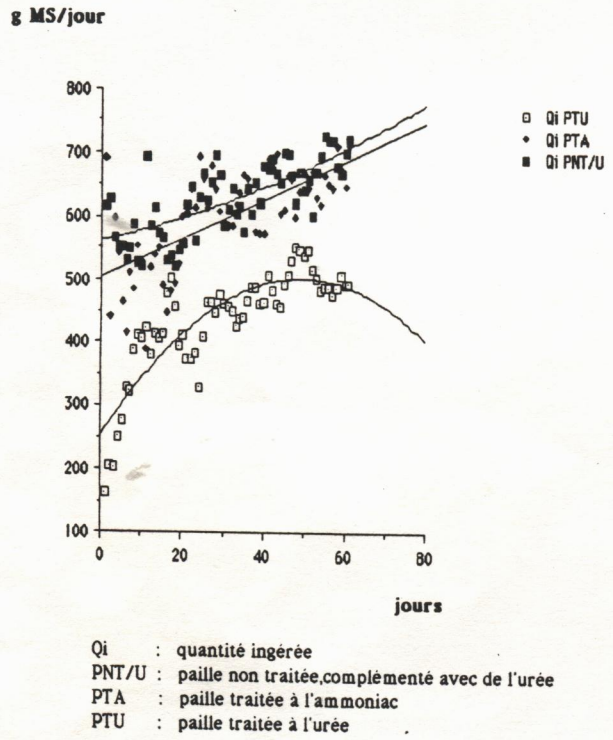


Fig.3. Variations de l'ingéré volontaire par des ovins en croissance en fonction du type paille et du traitement appliqué. (CHERMITI et NEFZAOUI, 1990).

plus d'azote que celles des mêmes pailles des régions nord méditerranéennes.

Cette différence n'est principalement due qu'à la présence d'adventices et de graines présentes dans ces pailles (Chermiti et al., 1989). Une telle différence au niveau de la composition chimique entraîne évidemment des ingestions meilleures.

Dans une autre étude, au contraire en utilisant le même type d'animaux et la même quantité de complément (600 g d'orge concassée) enrichi en CMV, l'ingestion volontaire moyenne d'une paille de blé traitée à l'urée n'a été que de 345 g de MS/jour (figure 3) (Chermiti et Nefzaoui, 1990).

L'effet de la complémentation des pailles traitées est souvent masqué par l'effet du traitement (Ayona et al., 1989 ; Chermiti et Nefzaoui, 1990). En effet, le traitement de la paille à l'ammoniac peut augmenter les quantités ingérées de 86 % et celui à l'urée de 42 % par rapport à la paille non traitée (Nefzaoui et al., 1990).

En définitive, les conditions de détermination de l'ingestion influencent largement les résultats obtenus. La nature et la quantité de la complémentation, sa fréquence de distribution au cours de la journée ainsi que le type de paille utilisée constituent autant de facteurs de variation de l'ingéré.

References

ANDERSON, D.C., 1978. Use of cereal residues in beef cattle production systems. J. Anim. Sci. 46:849-861.

AYONA, T. ; SILVA, J.F. ; GREENHALGH, D. and ORSKOV, E.R., 1989. Influence of ammonia treatment and supplementation of the intake, digestibility and weight gain of sheep and cattle on barley straw diets. Anim. Prod. 48:99-108.

BAILE, C.A. ; McLAUGHLIN, C.L., 1987. Mechanisms controlling feed intake in ruminants. A review J. Anim. Sci. 64:915-922.

BARRY, T.N. and JOHNSTONE, P.D., 1976. A comparison of supplementary sources of nitrogen and energy for increasing the voluntary intake and utilization of barley straw by sheep. Camb. J. Agric. Sc. 86:163-169.

BLAXTER, K.L. ; WAINMAN, F.W. and WILSON, R.S., 1961. The regulation of food intake by sheep. Anim. Prod. 3:51.

CAMPLING, K.L., 1970. Physical regulation of voluntary intake. In: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Ed. A.T. Phillipson.

CHERMITI, A.; LASSOUED, N. et KHALDI, G., 1987. Valeur alimentaire des grignons d'olives bruts et épuisés et des marcs de raisins entiers. Annales de l'INRAT, 60 (1), 24p.

CHERMITI, A. ; NEFZAOUI, A. ; CORDESSE, R., 1989. Paramètres d'uréolyse et digestibilité de la paille traitée à l'urée. Ann. Zoot. 38:63-72.

CHERMITI, A. et NEFZAOUI, A., 1990. non publiés.

CHAI, K. ; KENNEDY, P.M. ; MILLIGAN, L.P. and MATHISON, G.W., 1985. Effects of cold exposure and plant species on forage intake, chewing behaviour and digesta particle size in sheep. Can. J. Anim. Sci. 65(1):69-76.

DOYLE, P.T. and PANDAY, S.B., 1990. The feeding value of cereal straws for sheep. III. Supplementation with minerals or minerals and urea. Anim. Feed. Sci. Technol. 29:29-43.

EGAN, A.R., 1965. Nutritional status and intake regulation in sheep. III. The relationship between improvement of nitrogenstatus and increase in voluntary intake of low-protein roughages by sheep. Austr. J. Agric. Res. 16:463-472.

EGAN, A.R., 1977. Nutritional status and intake regulation in sheep. VIII. Relationships between the voluntary intake of herbage by sheep and the protein/energy ratio in the digestion products. Austr. J. Agric. Res. 28:907-915.

FERREIRO, H.M. ; PRIEGO, A. ; LOPEZ, J. ; PRESTON, T.R. and LENG, R.A., 1977. Glucose metabolism in cattle given sugar cane based diet with varying quantites of rice polishings. Br. J. Nutr. 42:341-347.

FORBES, J.M., 1980. A model of the short-term control of feeding in the ruminant, effects of changing animals or feed characteristics. Appetite, 1:21-41.

FORBES, J.M., 1988. Metabolic aspects of the regulation of voluntary intake and appetite. Nutrition Research Review, 1:145-168.

GREENHALGH, J.F.D. and REID, G.W., 1973. The effects of pelleting various diets on intake and digestibility in sheep and cattle. Anim. Prod. 16:223.

KEMPTON, T.J. and LENG, R.A., 1979. Protein nutrition of growing lambs. 1. Responses in growth and rumen function to supplementation of low protein-cellulosic diet with either urea, casein of formaldehyde treated casein. Br. J. Nutr. 42:289-302.

KEMPTON, T.J. ; NOLAN, J.V. and LENG, R.A., 1979. Protein nutrition of growing lambs. 11. Effect on nitrogen digestion of supplementing a low protein-cellulosic diet with either urea-casein or formaldehyde treated casein. Br. J. Nutr. 42:303-315.

NEFZAOUI, A., 1985. Valorisation des résidus lignocellulosiques dans l'alimentation des ruminants par les traitements aux alcalis. Application aux grignons d'olives. Thèse de Doctorat, Université Catholique de Louvain, Belgique, 353 p.

NEFZAOUI, A. and VANBELLE, M., 1986. Effects of feeding alkali treated olive cake on intake, digestibility and rumen liquor parameters. Animal Feed Science and Technol., 14:139-149.

NEFZAOUI, A. et al., 1990. Non publiés.

NICHOLSON, J.W.G., 1984. Digestibility, nutritive value and feed intake. In: Straw and other fibrous by-products as feed. Ed:Sundstol and Owen.

SMITH, T. ; BROSTER, V.J. and HILL, R.E., 1980b. A comparison of sources of supplementary nitrogen for young cattle receiving fibre rich diet. Camb. J. Agric. Sci. 95:687-695.

SRISKANDARAJAH, N. ; KELAWAY, R.C. and LEIBHOLZ, J., 1982. Utilization of low quality roughages; effects of supplementing with casein treated with formaldehyde on digesta flows, intake and growth rate of cattle eating wheat straw. Br. J. Nutr.47:553-563.