

L'effet d'encombrement ruminal des fourrages : sa relation avec l'ingestibilité et étude de sa prévision au laboratoire

R. BAUMONT, A. BARLET, J. JAMOT

Station de Recherches sur la Nutrition des Herbivores, INRA, 63122 St-Genès-Champanelle, France

RÉSUMÉ – L'ingestibilité et l'encombrement du rumen ont été mesurés chez des moutons alimentés avec 18 fourrages : 5 pailles de blé, 5 foin de prairie naturelle, 3 foin de dactyle, 3 foin de luzerne et 2 ensilages de dactyle. Pour tous les fourrages, on a déterminé la dégradabilité *in situ*, la production de gaz *in vitro*, la digestibilité à la pepsine-cellulase et la composition en parois végétales. L'effet d'encombrement du fourrage a été défini *in vivo* (EEiv) par le temps de séjour apparent de la matière sèche (MS) dans le rumen. Celui-ci est équivalent à la quantité de MS moyenne présente dans le rumen rapportée au flux de MS ingérée. *In situ* l'effet d'encombrement a été estimé (EEis) par le temps de rétention des fractions insolubles potentiellement dégradables et indégradables avec un taux de passage constant pour tous les fourrages. EEiv et EEis sont fortement corrélés ($r^2 = 0.89$). Toutefois, les valeurs de EEis sont nettement plus faibles que les valeurs d'EEiv car la dégradabilité *in situ* ne rend pas compte du temps nécessaire à la réduction des grandes particules. La teneur en parois totales (NDF), la digestibilité à la pepsine-cellulase et la production de gaz après 8 heures d'incubation sont des bons critères de prévision de l'EEiv ($r^2 = 0.86, 0.90$ et 0.91 respectivement) et à un degré moindre de l'ingestibilité ($r^2 = 0.78, 0.88$ et 0.84).

The ruminal fill effect of forages : its relationship with voluntary intake and study of its laboratory prediction

R. BAUMONT, A. BARLET, J. JAMOT

Station de Recherches sur la Nutrition des Herbivores, INRA, 63122 St-Genès-Champanelle, France

SUMMARY – Voluntary dry matter intake (VDMI) and rumen fill were measured on sheep fed with 18 forages : 5 wheat straws, 5 meadow hays, 3 cocksfoot hays, 3 lucerne hays and 2 cocksfoot silages. *In situ* degradability, cell-wall composition, pepsin-cellulase digestibility and *in vitro* gas production were determined. *In vivo* fill effect (EEiv) of forages was defined by the apparent retention time of DM in the rumen and calculated as rumen DM pool divided by VDMI. *In situ* estimated fill effect (EEis) was calculated as the retention time of insoluble potential degradable and undegradable fractions using a constant rate of passage. EEis and EEiv were highly correlated ($r^2 = 0.89$) but EEis values were lower than EEiv values because *in situ* degradability does not integrate comminution time of large particles. NDF content, pepsin-cellulase digestibility and gas production were good predictors of EEiv ($r^2 = 0.86, 0.90$ and 0.91 respectively) and to a lesser extent of VDMI ($r^2 = 0.78, 0.88$ and 0.84).

INTRODUCTION

L'amélioration des recommandations alimentaires pour les ruminants nécessite en particulier d'améliorer la prévision de l'ingestibilité des aliments. Le système des unités d'encombrement (Jarrige, 1988) repose sur des mesures d'ingestibilité. L'ingestion de fourrage est supposée être limitée en premier lieu par l'encombrement physique des préestomacs. Notre objectif est donc de proposer un mode d'expression de l'effet d'encombrement ruminal des fourrages et d'étudier sa prévision au laboratoire.

L'encombrement ruminal provoqué par une certaine quantité d'aliment ingéré est fonction de son temps de séjour dans le rumen. Celui-ci peut être mesuré par le rapport entre la quantité moyenne de matière sèche (MS) présente dans le rumen et le flux de MS ingérée. On obtient ainsi une mesure *in vivo* de l'effet d'encombrement ruminal du fourrage (EEiv). L'effet d'encombrement peut également être estimé à partir de la dégradabilité mesurée *in situ* (Madsen et al., 1994). L'effet d'encombrement estimé *in situ* (EEis) est calculé par le temps de séjour de la fraction insoluble du fourrage, c'est-à-dire la somme des temps de séjour de la fraction potentiellement dégradabile et de la fraction indégradabile. Dans cette étude, nous avons d'abord analysé les relations entre l'EEis, l'EEiv et l'ingestibilité. Puis, nous avons testé la composition chimique, la production de gaz *in vitro* et la digestibilité à la pepsine-cellulase pour prévoir l'EEiv et l'ingestibilité.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. ALIMENTS ET MESURES EFFECTUÉES

Dix-huit fourrages ont été étudiés chez des moutons entre 1986 et 1995 : deux pailles de blé, trois pailles traitées à l'urée, cinq foins de prairie naturelle coupés au premier cycle de végétation, trois foins de dactyle coupés au deuxième cycle de végétation, deux ensilages de dactyle et trois foins de luzerne. Chaque fourrage a été distribué, à volonté à cinq ou six béliers castrés de race Texel pour la mesure de l'ingestibilité et de la quantité de MS dans le rumen par la technique du vidage manuel (Baumont et al., 1990). Les fourrages secs ont été distribués hachés en brins de 3 à 4 cm et les deux ensilages ont été réalisés en brins courts (environ 2 cm). Pour chaque fourrage on a réalisé un échantillon séché à 80°C pendant 48 heures et broyé à la grille de 0,8 mm. Sur ces échantillons, on a procédé aux mesures suivantes : dégradabilité *in situ* par la technique des sachets de nylon (Demarquilly et Chenost, 1969), production de gaz lors de l'incubation *in vitro* dans du jus de rumen (Menke et Steingass, 1988), digestibilité à la pepsine-cellulase (Aufrière et Demarquilly, 1989) et composition en parois végétales (Goering et van Soest, 1970). Les cinétiques de dégradation *in situ* et de

production de gaz *in vitro* ont été réalisées avec les temps d'incubation suivant : 2, 4, 8, 16, 24, 48 et 72 heures.

1.2. CALCULS RÉALISÉS

Les résultats de dégradabilité *in situ* ont été ajustés sur le modèle proposé par Orskov et McDonald (1979) pour la détermination des fractions rapidement et potentiellement dégradables et du taux de dégradation. L'EEiv et l'EEis ont été calculés de la manière suivante :

$$EEiv(j) = \frac{\text{Quantité moyenne de MS dans le rumen (g)}}{\text{Quantité de MS ingérée (g/j)}}$$

$$EEis(j) = \left(\frac{b}{c+k} + \frac{1-a-b}{k} \right) / 24$$

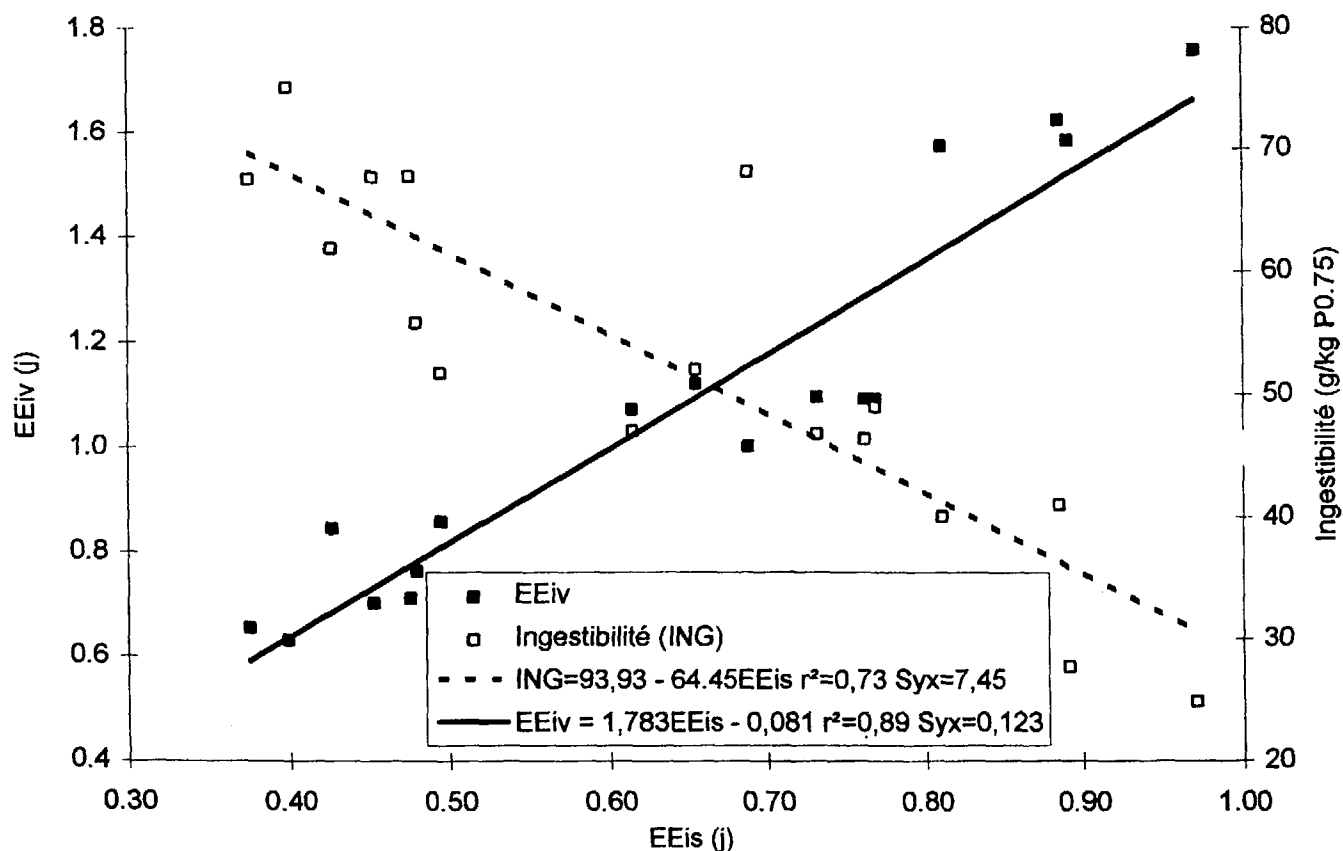
où *a* est la fraction rapidement dégradabile, *b* est la fraction potentiellement dégradabile, *c* est de taux de dégradation (h^{-1}) et *k* est le taux de passage (h^{-1}). Pour *k*, une valeur constante de $0.027 h^{-1}$ a été utilisée, cette valeur étant la moyenne des mesures des taux de passage de la lignine sur 11 des fourrages étudiés.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. RELATIONS ENTRE L'EEIS, L'EEIV ET L'INGESTIBILITÉ

L'ingestibilité des fourrages étudiés varie de 24,8 pour la paille de blé à 74,9 g MS/kg PV^{0,75} pour le meilleur des foins de luzerne. L'EEiv est relié négativement avec l'ingestibilité ($r^2 = 0.82$) et il varie de 0,63 pour la luzerne à 1,75 jour pour la paille de blé. Les paramètres de la dégradabilité *in situ* permettent une bonne estimation de l'effet d'encombrement comme le montre la liaison étroite entre l'EEis et l'EEiv (figure 1). Toutefois, les valeurs de l'EEiv sont environ 80 % plus élevées que les valeurs de l'EEis. Cela peut s'expliquer par le fait que la technique des sachets de nylon est réalisée sur des échantillons de fourrages broyés à la grille de 0,8 mm. Le temps de séjour de la MS insoluble estimé par les sachets n'intègre donc pas le temps nécessaire à la réduction de la taille des particules de fourrage ingérées. De plus, il est possible que le taux de dégradation des grandes particules soit plus faible que celui des petites. La liaison entre l'EEis et l'ingestibilité est bonne, mais moins étroite qu'entre l'EEis et l'EEiv (figure 1). Cela confirme que la dégradabilité *in situ* permet d'estimer correctement l'ingestibilité (Demarquilly et Chenost, 1969), mais qu'une prévision plus précise nécessiterait d'intégrer des critères d'expression d'autres facteurs de variation de l'ingestibilité comme l'appétibilité de l'aliment (Faverdin et al., 1995).

Figure 1
Relation entre l'effet d'encombrement estimé *in situ* (EEis),
l'effet d'encombrement mesuré *in vivo* (EEiv) et l'ingestibilité (ING)



2.2. PRÉVISION AU LABORATOIRE DE L'EEIV ET DE L'INGESTIBILITÉ

Pour les 18 fourrages étudiés, l'EEiv peut être prévu avec une précision élevée et comparable aussi bien par la teneur en NDF du fourrage, par la digestibilité à la pepsine-cellulase ou par la production de gaz *in vitro* (tableau 1). Pour la production de gaz *in vitro*, la meilleure prévision a été obtenue après 8 heures d'incubation dans du jus de rumen. La teneur en NDF, la digestibilité à la pepsine-cellulase et la production de

gaz *in vitro* sont également les meilleurs critères de prévision de l'ingestibilité (tableau 1). Toutefois, la prévision de l'ingestibilité est moins précise que celle de l'EEiv. Pour la prévision de l'ingestibilité, la digestibilité à la pepsine-cellulase semble légèrement meilleure que les autres méthodes sur la population de fourrages étudiés. Sur cette population, l'ajout de la teneur en matière azotée totale dans les équations de prévision ne permet pas d'améliorer significativement la précision de la prévision de l'ingestibilité.

Tableau 1

Prévision de l'effet d'encombrement *in vivo* (EEiv, j) et de l'ingestibilité (ING, g/kgP^{0.75}) à partir de la teneur en NDF (g/kg MS), de la digestibilité à la pepsine-cellulase (dcel, g/g) ou de la production de gaz après 8 heures d'incubation (gaz8, ml/g MS)

Y	Equation et critère utilisé	r ²	Syx*
EEiv	-0,810 + 0,00288(NDF)	0,863	0,135
	2,219 - 2,36(dcel)	0,903	0,114
	1,974 - 0,00849(gaz8)	0,914	0,107
ING	123,4 - 0,109(NDF)	0,784	6,72
	7,216 + 92,5(dcel)	0,884	4,92
	17,87 + 0,323(gaz8)	0,844	5,72

*Ecart-type de prévision

CONCLUSION

L'effet d'encombrement ruminal des fourrages peut être exprimé par le temps de séjour de la MS dans le rumen. Cet effet d'encombrement peut être prévu avec précision à partir des paramètres de la dégradabilité *in situ* du fourrage ou à partir de différentes méthodes de laboratoire. Il est intéressant de noter que la digestibilité à la pepsine-cellulase pourrait servir de base commune à la prévision de la digestibilité de la matière organique et de l'effet d'encombrement ruminal. Dans cette étude, la forme physique de présentation des

fourrages était identique pour tous les fourrages secs. Toutefois, pour des rations incorporant des fourrages ayant subi des traitements technologiques particuliers (broyage,...), la prévision de l'encombrement ruminal nécessitera de prévoir spécifiquement le temps de réduction de la taille des particules. Cela devrait être possible à partir de critères physiques comme la résistance au broyage ou la répartition de la taille des particules. Enfin, cette étude confirme qu'une prévision très précise de l'ingestibilité nécessitera d'associer la prévision de l'effet de l'encombrement et celle d'autres caractéristiques de l'aliment.

RÉFÉRENCES

- AUFRÈRE J., DEMARQUILLY C., 1989. Proc. 16th Int. Grass. Cong., Nice, France, pp. 877-878.
- BAUMONT R., SEGUIER N., DULPHY J.P., 1990. J. Agric. Sci., 115, 277-284.
- DEMARQUILLY C., CHENOST M., 1969. Ann. Zootech., 18, 419-436.
- FAVERDIN P., BAUMONT R., INGVARSEN K.L., 1995. In JOURNET M., GRENET E., FARCE M.-H., THERIEZ M., DEMARQUILLY C. (Editors), Recent developments in the nutrition of herbivores. INRA Editions. 95-120.
- GOERING H.K., VAN SOEST P.J., 1970. Pages 1-20 in Agricultural Handbook n° 379, Washington D.C., US Department of Agriculture.
- JARRIGE R., 1988. In JARRIGE R. (Editor), Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris. 29-56.
- MADSEN J., STENSIG T., WEISBJERG M.R., HVELPLUND T., 1994. Livest. Prod. Sci., 39, 43-47.
- MENKE K.H., STEINGASS H., 1988. Animal Research and Development, 28, 7-55.
- ORSKOV E.R., MCDONALD I., 1979. J. Agric. Sci., 92, 499-503.