

Modélisation du métabolisme gazeux dans l'écosystème microbien du rumen. Influence du pH, du potentiel redox et de la source d'énergie dans la ration

Modelling of gas metabolism in the rumen microbial ecosystem. Influence of pH, redox potential and source of energy in the diet

L.-P. BROUDISCOU (1), H ALBARELLO (1), A.F. BROUDISCOU (2), D. SAUVANT (1)

(1) UMR Physiologie de la Nutrition et Alimentation, INAPG - INRA, 16 rue Claude Bernard - 75231 Paris Cedex 05

(2) Laboratoire de Méthodologie de la Recherche Expérimentale, Université d'Aix-Marseille III, 52 av Escadrille Normandie-Niemen - 13013 Marseille

INTRODUCTION

Le manque de données sur les cinétiques de production de gaz rend difficile le paramétrage correct d'un modèle à compartiments du métabolisme ruminal sur une base thermodynamique (Offner et Sauvant, 2006). Un essai en fermenteur à effluent double (Broudiscou *et al.* 1997) a donc visé à préciser l'effet de 3 grandeurs thermodynamiques importantes sur les productions individuelles de gaz : la source d'énergie de la ration (amidon vs. parois) qui contrôle la disponibilité en glucose, le pH et le potentiel d'oxydoréduction E_v du milieu fermentaire, en considérant d'éventuelles interactions.

1. MATERIEL ET METHODES

Les 6 fermenteurs ont été inoculés avec le contenu de rumen de 4 chèvres laitières tarées recevant une ration à base de foin, pulpe de betterave, *Rumiluz* et complément concentré. Trois rations iso-azotées (Protéines Brutes = 13,1 % MS) (tableau 1) ont été introduites sous forme de bouchons toutes les 12 heures dans les fermenteurs. Ces rations apportaient une quantité de matière organique identique (26,5 g/j). Les temps de séjour des particules et des liquides ont été réglés à 42 h et 16,7 h, respectivement.

Tableau 1 : rations expérimentales

NDF (% MS)	25	40	55
Constituant (g MS/repas)			
Blé	9,0	4,95	0
Foin dactyle	0	5,64	11,75
Foin luzerne	5,06	3,68	2,3

L'essai a comporté 2 périodes de 9 jours (facteur de bloc B). Une matrice de 12 expériences obtenue par algorithme génétique (Logiciel NEMROD, LPRAI) a combiné :

1/ le pourcentage de NDF dans la ration, à trois niveaux (variable codée N ; valant -1 à 25 % NDF, 0 à 40 % NDF et +1 à 55 % NDF)

2/ le pH, contrôlé par apport de base ou d'acide (variable P, codée -1 à pH bas et +1 à pH élevé)

3/ le potentiel redox, contrôlé par apport raisonné de cystéine-HCl (variable E, codée -1 à potentiel élevé et +1 à potentiel bas)

En vue de quantifier l'effet du pH, du potentiel redox, les effets principaux et quadratiques du NDF, les interactions entre facteurs expérimentaux et l'effet de bloc, le modèle suivant a été ajusté aux données par régression linéaire sur les variables codées :

$$Y = \text{constante} + a.N + b.P + c.E + d.N^2 + e.N.P + f.NE + g.PE + h.B$$

Les variables présentées sont le débit de H_2 (dH2 en $\mu\text{moles/h}$), de CH_4 et CO_2 (dCH4 et dCO2 en mmoles/h), dans les intervalles [0,3h] et [3,12h] après le repas, ainsi que les pourcentages de H_2 et CO_2 produits durant les trois

heures après le repas (pH2 et pCO2). Les proportions molaires de gaz ont été mesurées à l'aide d'un MicroGC (Chrompack).

2. RESULTATS

Le pH et le potentiel redox ont varié entre fermenteurs de 6,05 à 6,76 et de -200 à -307 mV respectivement. La coupure du délai entre 2 repas en 2 intervalles, [0,3 h] et [3h, 12h], a séparé le pic de fermentation qui suit l'apport de substrats et la fermentation des oses provenant des parois végétales. Le volume de gaz produit entre 2 repas a varié de 1,35 à 1,93 l, proportionnellement à la teneur en NDF. Ce facteur a significativement agi sur toutes les variables étudiées, à l'exception de la répartition du flux de CH_4 entre intervalles qui a été essentiellement influencée par le pH.

Les modèles d'ajustement de la production de H_2 ont rendu compte de l'accumulation de H_2 uniquement avec les rations à 25 % de NDF. La répartition du H_2 entre le pic de fermentation initial et l'intervalle [3h, 12h] (pH2) a été légèrement modifiée par une interaction des deux potentiels électrochimiques. Toutes les autres interactions ont été négligeables.

Tableau 2 : modèles d'ajustement des productions de gaz

Intervalle	0-3h			3-12h		
Variable	dH2	dCH4	pH2	pCH4	dH2	dCO2
R ² ajusté	0,46	0,87	0,84	0,52	0,38	0,60
ETR	62,7	0,136	2,72	5,29	43,4	0,603
Termes	Coefficients					
Constante	-29	1,38	44,9	56,3	-15	3,89
N	-64 b	0,22 a	6,1 a	-1,1	-40 b	-0,74 a
P	-2	0,26 a	1,0	4,9 b	-3	-0,12
E	29	0,04	0,0	0,9	15	0,05
N ²	84	-0,21	-0,1	-2,8	48	-0,46
N.P	-10	-0,02	1,1	-0,3	-6	-0,01
N.E	-20	-0,01	-0,3	2,8	-8	0,14
P.E	-28	0,11 b	2,5 b	2,9	-21	0,05

ETR : écart-type résiduel. Niveaux de signification pour l'hypothèse nulle : a : $P \leq 0,05$, b : $P \leq 0,10$. N = 12

3. CONCLUSION

Les cinétiques de production de gaz ont été modifiées avant tout par la teneur en NDF. Nos observations confirment que l'emploi de rations comportant moins de 40 % de NDF perturbe fortement la captation de l'hydrogène métabolique sous forme de méthane. L'absence d'effet significatif du pH et du potentiel redox est à relier à leur maintien dans des limites physiologiques dans cet essai. Les relations polynomiales obtenues serviront au paramétrage du modèle du métabolisme ruminal en élaboration.

Broudiscou L.P., Papon Y., Fabre M., Broudiscou A.F. 1997. *J. Sci. Food. Agric.* 75, 273-280

Offner A., Sauvant D. 2006. *Anim. Res.*, sous presse