

La nutrition protéique modifie l'ingestion des vaches laitières : analyse bibliographique

M. RICO-GÓMEZ (1), P. FAVERDIN (2)

(1) Dpto. Anatomía y Producción Animal. Facultad de Veterinaria. 27002.Lugo. España

(2) INRA UMR Production du Lait, 35590 St-Gilles

RESUME – L'alimentation azotée des vaches laitières peut modifier l'ingestion mais cet effet n'a jamais été quantifié pour le prendre en compte dans le rationnement. Le protocole d'étude a conduit à retenir 155 réponses à des variations de complémentation azotée issues de 58 publications pour étudier les réponses d'ingestion provoquées par l'incorporation de compléments riches en azote dans la ration de vaches laitières.

L'apport d'azote dégradable augmente l'ingestion mais uniquement lorsque le régime en est déficitaire. L'apport de protéines digestibles accroît globalement l'ingestion, mais la réponse est très variable, comprise entre -0,6 et 2 kg de MS/j. L'utilisation de matières premières comme le gluten de maïs a un effet spécifique défavorable à l'ingestion (-0,7 kg MS/j). De même, si l'amélioration de la nutrition protéique de la vache s'effectue au détriment de la disponibilité en azote dégradable dans le rumen pour les microbes, les effets positifs en moyenne de 1 kg de MS/j tendent à disparaître. Enfin, la réponse aux protéines est accrue par différents facteurs additifs liés aux caractéristiques du régime : +0,5 kg de MS/j lorsque le régime est une ration complète, +0,8 kg MS/j s'il n'y a pas de substances tampons, +0,4 kg de MS/j en moyenne s'il est utilisé pendant une longue période et +0,4 kg de MS/j si la vache est en déficit protéique. Ces résultats montrent que la complémentation en protéines interfère de façon importante avec la nutrition énergétique.

The protein nutrition affects intake in dairy cows: a meta-analysis

M. RICO-GÓMEZ (1), P. FAVERDIN (2)

(1) Dpto. Anatomía y Producción Animal. Facultad de Veterinaria. 27002.Lugo. España

(2) INRA UMR Production du Lait, 35590 St-Gilles

SUMMARY – The protein nutrition of dairy cows could affect intake, but this effect was never quantified to take it into account in rationing. The objective of this meta-analysis is to better predict the variations in voluntary dry matter intake (VDMI) induced by the addition of protein supplements to the diet of dairy cows. The 155 comparisons finally retained for this analysis are from 58 publications.

The increase in degradable source of nitrogen increases VDMI only if the diet is deficient in it. The supply in metabolisable protein increases VDMI, but the response varies between -0.6 and 2 kg/d. The use of corn gluten meal has a specific and negative effect on VDMI (-0.7 kg/d). So, if the improvement in protein nutrition of the dairy is associated to a reduction in available nitrogen in the rumen for the microbes, the positive effects of proteins on VDMI, on average 1 kg/d, tend to disappear. The VDMI response to metabolisable protein is increased by different additive factors related to the characteristics of the diet: +0.5 kg/d if the diet is a total mixed ration, +0.8 kg/d if there is no buffer, +0.4 kg if the duration of the treatment is long and +0.4 kg/d if the protein balance of the cow is negative. These results indicate that the protein supplementation interferes also with energy nutrition.

INTRODUCTION

L'alimentation azotée des vaches laitières a un impact important sur leur production, comme l'ont montré de nombreuses recherches ces trente dernières années. Ces travaux ont précisé les effets de la nature et des niveaux des apports azotés sur la production laitière et plus récemment sur les rejets azotés (Faverdin et Vérité, 1998).

Les effets de la nutrition azotée sur l'ingestion sont connus depuis longtemps (Egan 1965, Journet 1983). Néanmoins, bien que beaucoup de ces essais aient été réalisés en offrant aux vaches une ration à volonté, les effets de la nutrition azotée sur l'ingestion sont encore mal quantifiés. Cet aspect est important car il constitue la principale interaction énergie-azote. Actuellement aucun système de prévision des quantités ingérées n'intègre l'effet de l'équilibre azoté de la ration.

Cette synthèse bibliographique a donc pour but d'analyser les nombreux résultats d'ingestion provenant des essais réalisés en comparant des régimes de compositions azotées différentes. Elle essayera de quantifier le rôle respectif de l'alimentation en azote des microbes du rumen et de la nutrition protéique des vaches laitières sur les variations de quantités ingérées, en privilégiant cette dernière.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. SÉLECTION DES PUBLICATIONS

Pour cette étude, plus d'une centaine de publications scientifiques sur vaches laitières ayant comparé différentes complémentations en azote ont été analysées en détail. Au final, seules 58 publications ont été retenues pour satisfaire aux critères suivants :

- les rations étaient offertes à volonté et l'ingestion mesurée en individuel,
- les différents traitements protéiques n'étaient pas associés à des variations importantes de la concentration énergétique, du pourcentage d'aliments concentrés, des teneurs en parois ou en lipides,
- l'information sur la ration était suffisante et cohérente pour calculer la valeur alimentaire,
- les informations statistiques sur les principaux paramètres d'ingestion et de production étaient disponibles (écart-type de la moyenne),
- les rations ne contenaient pas de farines animales.

1.2. CALCUL DES VALEURS ALIMENTAIRES

Les rations ont été recalculées à l'aide des systèmes d'alimentation INRA afin de pouvoir les évaluer et les comparer. Par défaut, les valeurs nutritives des aliments étaient celles des tables INRA. Quand il y avait des données sur la composition chimique des aliments, elles ont été utilisées pour recalculer les valeurs alimentaires à l'aide des équations INRA et du logiciel Prevalim (Baumont *et al.*, 1999). Les mesures de dégradabilité effectuées par les auteurs ont été utilisées en relatif par rapport aux valeurs du tourteau de soja pour le calcul de PDIE et PDIN. Ceci a été fait principalement pour corriger les différences entre les systèmes NRC et INRA.

1.3. CARACTÉRISATIONS DES ESSAIS

Chaque lot expérimental a été décrit par de nombreuses variables caractérisant la composition chimique de la ration, sa valeur alimentaire (systèmes d'alimentation INRA), les performances des vaches et leurs bilans.

De plus des indices ont été utilisés pour décrire certains aspects qualitatifs des lots expérimentaux :

- Pour la ration : la nature des aliments protéiques utilisés, la présence de lipides ou de substances tampons dans le régime, le mode de distribution (ration classique ou complète), la proportion d'aliments concentrés.
- Pour les animaux : la parité, le stade de lactation.
- Pour le schéma expérimental : le nombre d'animaux, la durée du traitement.

1.4. ANALYSE DES RÉSULTATS

L'originalité de l'approche utilisée dans cette étude a consisté à prédire les réponses d'ingestion ou de production liées à un changement de complémentation protéique du régime intra-essai. La réponse entre deux régimes a toujours été calculée par différence entre un régime supplémen-té en protéines et un régime de référence ayant une concentration PDIE/UFL plus faible a priori. Seules les plus pertinentes des combinaisons 2 à 2 des traitements ont été conservées en fonction du protocole, en ne dépassant pas le nombre de traitements moins un par essai. Au total, 155 comparaisons ont servi de base à cette étude. Les variations d'apports azotés ont été réalisées par l'addition de gluten de maïs ou de tourteaux d'oléagineux, plus ou moins déshuilés, parfois chauffés ou tannés en combinaison avec des apports variables d'urée. Dans certains cas, l'augmentation d'apports PDIE s'effectuent grâce à des matières premières très peu dégradables, ce qui explique la baisse des matières azotées.

Des modèles de variance de régression ou de covariance ont permis d'étudier les critères capables d'expliquer le mieux possible ces réponses. Les variables ou facteurs explicatifs utilisés décrivaient les variations des paramètres protéiques de la ration liées au traitement, mais aussi les caractéristiques du régime de référence ou de l'essai (protocole, animaux ou régime) (Tableau 1).

Tableau 1
Caractéristiques des comparaisons utilisées (n=155)

	Mini	Moyenne	Maxi
Paramètres des témoins			
M.S. Ingérée (MSI, Kg/j)	14,6	19,8	29,1
MAT (g/Kg MS)	98	149	199
UFL/Kg MS	0,86	0,98	1,15
ADF (g/Kg MS)	128	185	317
(PDIN-PDIE)/UFL	-20,5	3,7	35,8
PDIE/UFL	74	97	125
Concentré (%)	21	49	72
Production Lait (PL, Kg/j)	16,1	29,6	43,2
Bilan UFL	-3,8	1,5	8,5
Bilan PDI	-525	32	904
Poids Vif (Kg)	511	603	695
Variations entre deux traitements			
Variation MSI (kg MS/j)	-3,0	0,5	3,9
Variation MAT (g/Kg MS)	-36	13	88
Variation UFL/Kg MS	-0,03	0,00	0,06
Variation ADF (g/Kg MS)	-19	1	14
Variation (PDIN-PDIE)/UFL (g)	-27	0,7	33
Variation PDIE/UFL (g/UFL)	-1	12	46
Variation Concentré (%)	-4	0	5
Variation PL (Kg/j)	-5,7	0,9	8,3

Les données des différents essais ne sont pas directement comparables car elles sont obtenues avec des précisions différentes. Les modèles d'analyse de variance ou de covariance ont donc utilisé une pondération pour chacune des réponses en fonction inverse de la variance de la différence considérée. La pondération a été calculée suivant la méthode proposée par Petitti (1994) à l'aide de la formule $Pond = 1/[[(SE1^2/n1) + (SE2^2/n2)]]$, SE1 et SE2 étant les écart-types des deux moyennes utilisées dans le calcul de la réponse. Cette pondération a été reproduite dans les graphiques en faisant varier proportionnellement la taille des points.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Pour analyser les réponses à une modification de la complémentation azotée, plusieurs cas ont été considérés en fonction des modifications de disponibilité :

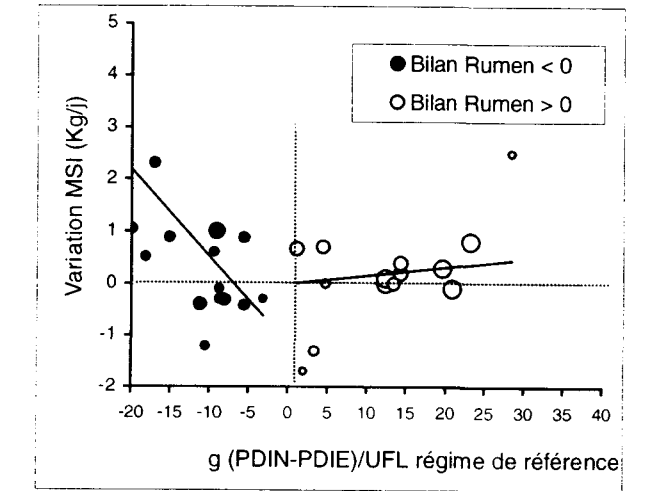
- en azote dégradable pour les microbes du rumen, estimée par la variation (PDIN-PDIE)/UFL du régime,
- en PDI pour la vache, estimée par la variation PDIE/UFL.

Bien que des résultats intéressants issus de ce travail concernent la production, seules les réponses concernant l'ingestion seront abordées dans cette publication.

2.1. L'APPORT D'AZOTE DÉGRADABLE N'AUGMENTE L'INGESTION QUE LORSQUE LE RÉGIME EN EST DÉFICITAIRE

Trente comparaisons ont été utilisées pour étudier l'effet des variations d'apport d'azote dégradable dans le rumen à concentration PDIE/UFL quasiment inchangées (<5g).

Figure 1
Effet d'un complément en azote dégradable (+11 g(PDIN-PDIE)/UFL ±5) sans variation notable des apports PDIE sur l'ingestion en fonction de l'équilibre en azote dégradable de la ration de référence



Lorsqu'il y a un déficit d'azote dégradable dans le rumen, l'augmentation de l'apport d'azote dégradable accroît l'ingestion d'autant plus que l'équilibre en azote dégradable du rumen du régime témoin est négatif (Figure 1). La pente est d'environ 0,17 kg de MS par gramme de déficit (PDIN-PDIE)/UFL supplémentaire. Ainsi, un apport d'azote dégradable à une ration présentant un déficit (PDIN-PDIE)/UFL de -20 g augmente les quantités ingérées de 2 kg de MS. On remarquera sur le graphique que la réponse cesse d'être positive dès que l'écart (PDIN-PDIE)/UFL est supérieur à -8 g ce qui est en accord avec les recommandations INRA précédentes (Vérité et Peyraud 1988). Quand il y a un excédent d'azote dégradable au départ, la relation est légèrement positive à cause de l'augmentation faible (<5g) mais significative des concentrations PDIE/UFL. Il n'y a pas globalement de relation directe entre l'augmentation d'apport d'azote dégradable dans le rumen et les réponses d'ingestion car la quantité apportée permet presque toujours (sauf un essai) d'atteindre la valeur seuil de -8 g (PDIN-PDIE)/UFL.

2.2. UN EFFET SPÉCIFIQUE NÉGATIF DE LA FARINE DE GLUTEN DE MAÏS (CORN GLUTEN MEAL = CGM)

Grâce à la faible dégradabilité des protéines du CGM dans le rumen, ce sous-produit de meunerie riche en azote permet d'apporter des quantités importantes de PDIE. Il a donc souvent été utilisé aux Etats-Unis pour augmenter les apports protéiques aux vaches en lactation.

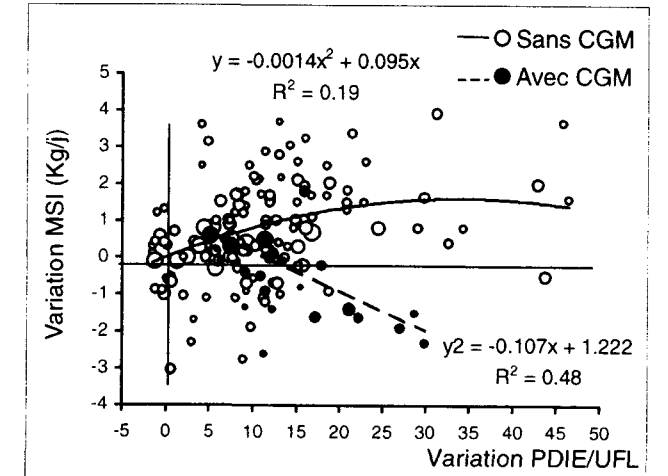
Contrairement aux autres matières premières utilisées comme complément protéique pour les vaches laitières, le CGM présente un effet spécifique qui tend à diminuer l'ingestion (figure 2). Plusieurs hypothèses pourraient expliquer cet effet spécifique :

- Le manque d'azote dégradable lié au remplacement des protéines de soja par du CGM. Dans la plupart des régimes, le CGM a été introduit en remplacement iso-azoté d'une source protéique dégradable. Les effets du CGM (n=22) ont donc été comparés à des réponses obtenues également en substituant des sources protéiques peu dégradables autre que le CGM à des sources azotées très dégradables (n=43). Même dans ce

cas, la différence d'ingestion est d'environ 0,65 kg de MS en défaveur du CGM.

- Le déséquilibre en acides aminés de cette matière première qui est particulièrement carencée en Lys. L'addition de Lys à des régimes qui sont très pauvres peut accroître l'ingestion (Rulquin et Delaby 2001).

Figure 2
Effet de l'apport de suppléments riches en protéines à base de CGM ou d'autres protéines végétales sur l'ingestion



Le CGM, qui permet d'apporter plus de protéines à la vache laitière, n'accroît pas les quantités ingérées et les réponses de production de lait s'en trouvent réduites, devenant parfois négatives. Son utilisation s'en trouverait sans doute optimisée par l'association d'une source de protéines dégradables et d'un supplément de lysine protégée.

2.3. L'APPORT DE PROTÉINES AUX VACHES LAITIÈRES ACCROÎT L'INGESTION

Compte tenu de l'effet spécifique du CGM, les rations à base de CGM n'ont pas été retenues pour étudier l'effet de l'augmentation des PDIE du régime.

2.3.1. L'accroissement de concentration en PDIE du régime augmente l'ingestion sauf lorsqu'il y a en même temps une baisse sensible de la disponibilité en azote dégradable.

Compte tenu des résultats précédents, il importe de prendre en compte l'effet des variations associées de disponibilité en azote dégradable lorsque l'on accroît la concentration PDIE des régimes. L'accroissement de la concentration PDIE augmente l'ingestion en moyenne de 1 kg de MS sauf lorsque le régime devient carencé en azote dégradable ce qui semble contrecarrer l'effet de la disponibilité en protéines pour la vache (Tableau 2).

Tableau 2
Effet des variations de disponibilité en azote dégradable associées à l'augmentation de la concentration PDIE/UFL sur la réponse de MS ingérée (Kg/j)

Variation (PDIN-PDIE)/UFL	Réponse, kg MS/j	n	ETM	Prob>T
Augmentation ≥ 5 g	0.94 ^a	57	0.13	0.0001
Equilibre à ± 5 g	1.04 ^a	20	0.21	0.0007
Diminution < -5 g	0.11 ^b	23	0.21	ns

ETM = Écart Type de la Moyenne. Les moyennes affectées d'une même lettre ne diffèrent pas significativement (p<0,01)

2.3.2. L'accroissement d'ingestion avec l'augmentation PDIE du régime varie en fonction de la durée du traitement, du bilan protéique des vaches au départ, et du type de ration

Pour étudier l'effet de la concentration en PDIE des régimes, une sélection a été faite pour ne retenir que 77 comparaisons dans lesquelles il y avait une augmentation significative (≥ 5 g) de la concentration en PDIE/UFL du régime mais sans dégradation sensible de la disponibilité en azote dégradable (≥ 5 g de (PDIN-PDIE)/UFL).

L'augmentation de la concentration en PDIE du régime provoque une augmentation d'ingestion qui n'est en moyenne que de 0,4 kg de MS dans les essais dont la durée est inférieure à 1 mois. Dans les essais de plus longue durée, la réponse est plus importante (en moyenne +0,8 kg MS) et devient proportionnelle à l'augmentation de concentration du régime en PDIE (Tableau 3). Cependant, pour une même augmentation de 12 g de PDIE/UFL du régime, l'ingestion de MS peut varier de -0,6 à +2 kg de MS/j selon les caractéristiques du régime de référence.

Tableau 3
Modèle de prévision de la variation de quantités ingérées.
 $R^2=0,46$, ETR=1,19, n=77

	Coefficient (kg MS/j)	E.Type	Prob>T
Origine	+ 0,37	0,24	0,126
Variables			
Variation PDIE/UFL			
Durée < 1 mois	- 0,002	0,007	0,020
Durée > 1 mois	+ 0,035		
(PDIN-PDIE)/UFL du régime de référence	- 0,024	0,007	0,001
Facteurs			
Bilan PDI référence < 0	+ 0,21	0,09	0,020
Bilan PDI référence > 0	- 0,21		
Type Ration Complète	+ 0,27	0,12	0,030
Type Ration F+C*	- 0,27		
Sans Tampons	+ 0,41	0,12	0,002
Avec Tampons	- 0,41		

* Fourrage à volonté, concentré fixe

Les caractéristiques de nutrition azotée de la vache et des microbes du rumen avec le régime de départ sont importantes pour prédire la réponse d'ingestion lors d'un enrichissement du régime en PDIE (Tableau 3). Si le bilan protéique de la vache est positif avec le régime de référence, la réponse sera inférieure de 0,4 kg de MS. De plus, la réponse est d'autant plus importante que le régime de départ est carencé en azote dégradable. Ce résultat peut s'expliquer par les possibilités accrues de recyclage ruminal de l'urée issue du catabolisme des protéines.

Les caractéristiques non azotées de la ration sont également importantes (Tableau 3). Ainsi, la réponse à l'augmentation des apports PDIE est plus élevée (+0,5 kg MS) lorsque les vaches sont alimentées en ration complète. L'ingestibilité plus élevée de la ration complète comparée à celle du fourrage seul offert à volonté peut expliquer cet effet. Curieusement, l'absence de substances tampons augmente la réponse des protéines sur l'ingestion de façon très significative (+0,8 kg MS). Les protéines apportées par la ration jouent un rôle dans la l'équilibre acido-basique soit directement en provoquant une augmentation des protéines plasmatiques, soit indirectement par la modification du bilan alimentaire cations-anions (BACA). Les aliments riches en protéines sont généralement également riches en K^+ et favorisent une BACA positive. Ces deux mécanismes peuvent permettre à l'organisme de mieux réguler le pH Ceci permettrait de lever un facteur limitant l'ingestion (Delaquis et Block 1995). Lorsque des tampons sont présents dans la ration, cet effet n'agit plus, l'ingestion n'étant pas limitée par la régulation du pH.

CONCLUSIONS

L'analyse des réponses à différents compléments protéiques dans les rations de vaches laitières montre que l'ingestion s'accroît lorsque l'apport de protéines comble une carence azotée des microbes ou un besoin protéique de la vache. Cette réponse n'est pas obtenue avec certaines matières premières (CGM) et reste très sensible aux caractéristiques de la ration. La réponse à une amélioration de la nutrition protéique de la vache semble s'accroître au cours du temps. L'impact de la complémentation en protéines sur la nutrition énergétique est donc important à prendre en compte dans le rationnement des vaches laitières.

Remerciements

Cette étude a bénéficié d'une bourse de la Xunta de Galicia afin d'effectuer ce travail en France.

La liste bibliographique complète des travaux utilisés dans cette synthèse est trop longue pour cette publication mais est disponible auprès des auteurs sur simple demande.

Baumont, R., Champciaux, P., Agabriel, J., Andrieu, J., Aufrère, J., Michalet-Doreau, B., Demarquilly, C., 1999. INRA Prod. Anim., 12, 183-194.

Delaquis A.M., Block E., 1995. J. Dairy Sci., 78, 2259-2284

Egan A.R., 1965. Aust. J. Agric. Res., 16, 463-472.

Faverdin P., Vérité R., 1998. Renc. Rech. Ruminants., 5, 209-212.

Journet M., 1983. 4th Int. Symposium Protein metabolism and nutrition , INRA Publ., Versailles, 433-447.

Petitti D.B., 1994. Meta-analysis, decision analysis and cost-effectiveness analysis: methods for quantitative synthesis in medicine. Oxford University Press, New York, p. 90-114.

Rulquin H., Delaby L., 2001. Renc. Rech. Ruminants, 8, (ce numéro).

Vérité R., Peyraud J.L., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins, R. Jarrige (Ed.), INRA, Versailles, 75-94.