

# JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE – BOVINS LAITIERS ET PLANTES FOURRAGÈRES

---

## Prédiction de la production de méthane entérique chez des vaches laitières recevant différents types de plantes fourragères dans leur alimentation

DANIEL E. RICO<sup>1</sup>, P. YVAN CHOUINARD<sup>1</sup>, FADI HASSANAT<sup>2</sup>, CHAOUKI BENCHAAAR<sup>2</sup>, RACHEL GERVAIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département des sciences animales, Université Laval, Québec, QC, Canada;

<sup>2</sup>Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sherbrooke, QC, Canada.

rachel.gervais@fsaa.ulaval.ca

**Mots clés:** vache laitière, méthane, acides gras, fourrages.

### Introduction

Puisqu'elle est associée à une réduction de l'empreinte carbone des fermes laitières et à une amélioration de l'efficacité alimentaire, la réduction des émissions entériques de méthane chez la vache a récemment fait l'objet de plusieurs travaux. Une meilleure compréhension des liens qui existent entre les facteurs nutritionnels et les émissions entériques de méthane chez les ruminants rend possible la prédiction et le contrôle de ces émissions.

Le méthane est le produit d'une voie métabolique essentielle à l'élimination de l'hydrogène dans le rumen. Or, l'efficacité du processus de fermentation dans le rumen est grandement affectée par l'équilibre microbien qu'on y retrouve. Par ailleurs, des travaux récents ont montré que le profil en acides gras du lait pouvait refléter l'activité microbienne du rumen. Quelques études ont d'ailleurs proposé des équations de prédiction des émissions entériques de méthane chez la vache, à partir du profil en acides gras du lait (Chilliard *et al.*, 2009; Mohammed *et al.*, 2011). Or, ces travaux présentaient les effets d'apports alimentaires élevés en huiles végétales, et donc peu représentatifs des rations retrouvées en conditions d'élevage. La présente étude visait à établir les relations entre les acides gras du lait et les émissions entériques de méthane chez des vaches ayant consommé des rations à base de différentes espèces fourragères.

### Méthodologie

Afin de développer un modèle de prédiction des émissions entériques de méthane, 81 observations individuelles provenant de 27 vaches en lactation distribuées dans 3 expériences en carré Latin (32 j par période) ont été regroupées. Les fourrages représentaient 60 % de la matière sèche ingérée et étaient constitués de: 1) 100 % ensilage de maïs, 2) 100 % ensilage de luzerne, 3) 100 % ensilage d'orge, 4) 100 % ensilage de fléole des prés, 5) 50 % ensilage de maïs et 50 % ensilage luzerne, 6) 50 % ensilage d'orge et 50 % ensilage de maïs, et 7) 50 % ensilage de fléole des prés et 50 % ensilage de luzerne. Les émissions entériques de méthane ont été mesurées à l'aide de chambres respiratoires individuelles pendant 3 jours consécutifs. La production laitière a été mesurée et des échantillons de lait recueillis pendant les 7 derniers jours de chaque période. Ces échantillons ont été analysés pour en déterminer la teneur en matières grasses et en protéine, ainsi que le profil en acides gras. Les variables considérées dans le développement des modèles étaient la prise alimentaire (kg/j), les teneurs en fibres au détergent neutre (% matière sèche) et en gras (% matière sèche) de la ration, la production laitière des animaux (kg/j), les concentrations en matières grasses (%) et en protéines (%) du lait, ainsi que son profil en acides gras (% des matières grasses totales). Des modèles multivariés ont été obtenus à l'aide des méthodes de sélection LASSO et LARS (Tibshirani, 1996), en considérant le critère bayésien de Schwarz (SBC). Les paramètres sélectionnés ont ensuite été incorporés dans un modèle de régression aléatoire à l'aide de la procédure MIXED de SAS (9.3; The SAS Institute, Cary, NY), en considérant l'animal et la période comme des effets aléatoires.

### Résultats

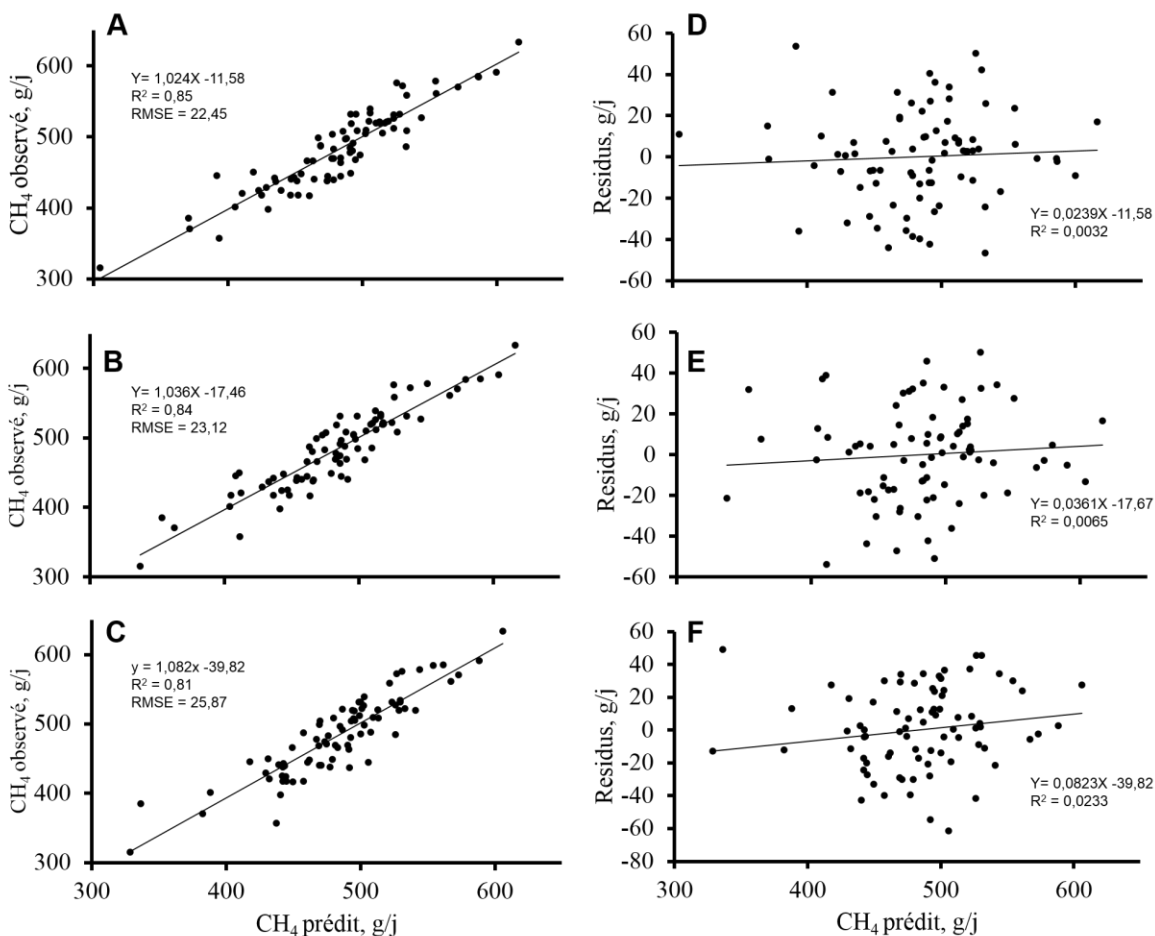
Les concentrations des rations (% de matière sèche) en protéine brute, fibres au détergent neutre, amidon et gras étaient respectivement de (moyenne  $\pm$  écart-type) 16,3  $\pm$  0,9 %, 32,8  $\pm$  3,6 %, 20,0  $\pm$  5,2 % et 5,3  $\pm$  1,2 %. De plus, les animaux ayant servi à constituer la base de données consommaient 24,1  $\pm$  2,4 kg/j de matière sèche et produisaient 35,6  $\pm$  5,2 kg/j de lait dont la teneur en matières grasses et en protéine étaient respectivement de 3,79  $\pm$  0,55 % et 3,23  $\pm$  0,26 %.

Trois ensembles de variables indépendantes ont permis d'élaborer 3 modèles (Tableau 1). Le premier ensemble de variables était constitué de chaque acide gras du lait, de la production laitière et de la prise alimentaire. De cet ensemble, les variables de prédiction sélectionnées étaient les acides gras 15:0, 17:1 *cis*-9, 18:1 *trans*-10, 18:1 *cis*-11, 18:2 *trans*-8, *cis*-12, 18:2 *trans* 8, *cis* 13, 18:2 *trans* 11, *cis* 15 et la prise alimentaire (modèle # 1, Tableau 1). Mise à part la prise alimentaire, toutes les variables sélectionnées étaient négativement corrélées à la production de méthane. Le second ensemble de variables indépendantes comprenait toutes les variables considérées précédemment auxquelles s'ajoutaient les concentrations de familles d'acides gras du lait. De ce second ensemble, les variables sélectionnées étaient les acides gras 17:1 *cis* 9, 18:1 *cis* 11, et 18:2 *trans*-8, *cis* 13, la somme des acides gras à chaîne impaire et la prise alimentaire. Tout comme pour le modèle # 1, seule la prise alimentaire était positivement corrélée à la production de méthane. Le troisième ensemble de variables indépendantes ne considérait que les concentrations individuelles et les variables de prédiction sélectionnées étaient les acides gras 14:1 *cis* 11, 17:1 *cis*-9, 18:1 *cis*-11 et 18:2 *trans* 8, *cis*-13, le 14:1 *cis*-11 étant la seule variable positivement corrélée à la production de méthane. Après qu'une correction ait été appliquée pour les effets aléatoires de l'animal et de la période, les coefficients de détermination étaient respectivement de 0,85, 0,84 et 0,80 pour les modèles # 1, # 2 et # 3 (valeurs prédites vs observées; Figure 1). Pour chacun des modèles, la relation entre les résidus et les valeurs prédites a été utilisée afin de vérifier l'absence de biais dans la prédiction (Figure 1; St-Pierre, 2003). Pour chacun des modèles, la valeur de l'ordonnée à l'origine n'était pas différente de 0 ( $P > 0,17$ ), alors que les pentes étaient significatives ( $P < 0,001$ ).

**Tableau 1.** Modélisation par régression aléatoire des émissions entériques de méthane chez des vaches laitières recevant des rations riches en fourrages<sup>1</sup>.

Modèle	Coefficient	Erreur	<i>P</i>
# 1) Développé à partir d'une base de données incluant les concentrations individuelles des acides gras du lait, la production laitière et la prise alimentaire.			
Ordonnée à l'origine	357,1	53,8	<0,001
15:0	-57,0	14,1	<0,001
17:1 <i>cis</i> -9	-81,7	109,4	0,48
18:1 <i>trans</i> -10	-41,0	26,6	0,13
18:1 <i>cis</i> -11	-53,3	16,6	0,002
18:2 <i>trans</i> -8, <i>cis</i> -12	-243,0	128,1	0,06
18:2 <i>trans</i> -8, <i>cis</i> -13	-563,7	191,6	0,007
18:2 <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	-242,9	95,2	0,013
Prise alimentaire, kg matière sèche/j	15,2	1,8	<0,001
# 2) Développé à partir d'une base de données incluant les concentrations individuelles et des sommes d'acides gras du lait, la production laitière et la prise alimentaire.			
Ordonnée à l'origine	441,6	49,5	<0,001
17:1 <i>cis</i> -9	-9,4	112,5	0,93
18:1 <i>cis</i> -11	-70,7	16,8	<0,001
18:2 <i>trans</i> -8, <i>cis</i> -13	-1073,4	166,4	<0,001
Acides gras à chaîne impaire	-42,1	10,5	<0,001
Prise alimentaire, kg matière sèche/j	14,2	1,8	<0,001
# 3) Développé à partir d'une base de données incluant uniquement les concentrations individuelles des acides gras du lait.			
Ordonnée à l'origine	671,1	33,0	<0,001
14:1 <i>cis</i> -11	782,6	300,9	0,011
17:1 <i>cis</i> -9	-501,2	105,9	<0,001
18:1 <i>cis</i> -11	-44,2	21,5	0,04
18:2 <i>trans</i> -8, <i>cis</i> -13	-960,4	220,9	<0,001

<sup>1</sup>Les valeurs de RMSE, R<sup>2</sup> et SBC obtenues en utilisant la procédure REG pour les modèles # 1, # 2, et # 3 étaient respectivement de 27,2, 0,80 et 565,2, 29,3, 0,76 et 567,4, et 38,6, 0,58 et 608,8.



**Figure 1.** Relations entre les valeurs observées et les valeurs prédites de production de méthane (CH<sub>4</sub>) en considérant les effets aléatoires de l'animal et de la période pour les modèles # 1 (A), # 2 (B) et # 3 (C). Pour illustrer le biais de prédiction, les graphiques D, E et F présentent respectivement la relation entre les valeurs prédites et les résidus pour les modèles # 1, # 2 et # 3.

## Conclusions

Selon notre base de données provenant d'expériences où les rations étaient constituées de fourrages d'espèces variées, les concentrations en 17:1 *cis*-9, 18:1 *cis*-11 et 18:2 *trans*-8, *cis*-13 de la matière grasse laitière ont été identifiées comme des valeurs de prédiction négativement corrélées à la production de méthane importantes à considérer, et ce pour les 3 modèles élaborés. Inversement, la concentration en 14:1 *cis*-11 était positivement corrélée à la production de méthane et n'était considérée comme une valeur de prédiction que lorsque la prise alimentaire n'était incluse dans l'ensemble de variables. Malgré le fait que, d'un point de vue mécaniste, la nature des relations ne soit pas complètement élucidée, il demeure que les acides gras du lait peuvent être considérés comme un outil intéressant permettant de prédire les émissions entériques de méthane dans des conditions d'alimentation similaires à celles rencontrées en élevage. Étant donné la difficulté de mesurer précisément la prise alimentaire en conditions pratiques d'élevage, le modèle # 3 présente le plus de potentiel comme outil de prédiction des émissions entériques de méthane par la vache en conditions commerciales.

## Références

Chilliard, Y., C. Martin, J. Rouel et M. Doreau. 2009. Milk fatty acids in dairy cows fed whole crude linseed, extruded linseed, or linseed oil, and their relationship with methane output. *J. Dairy Sci.* 92:5199-5211.

- Mohammed, R., S. M. McGinn et K. A. Beauchemin. 2011. Prediction of enteric methane output from milk fatty acid concentrations and rumen fermentation parameters in dairy cows fed sunflower, flax, or canola seeds. *J. Dairy Sci.* 94:6057-6068.
- St-Pierre, N. R. 2003. Reassessment of biases in predicted nitrogen flows to the duodenum by NRC 2001. *J. Dairy Sci.* 86:344-350.
- Tibshirani, R. 1996. Regression shrinkage and selection via the lasso. *J. Roy. Statist. Soc. Ser. B* 58:267-288.