

Modèle de prévision du bilan carbone d'une vache laitière

A model to predict the carbon balance of a dairy cow

FAVERDIN P. (1), MAXIN G. (1,2), CHARDON X. (1,2), BRUNSCHWIG P. (3), VERMOREL M. (4)

(1) INRA, Agrocampus, UMR1080 Production du lait, F-35590 Saint-Gilles (2) Institut de l'Élevage, Monvoisin, BP 85255, F-35652 Le Rheu Cedex (3) Institut de l'Élevage, 9 rue André Brouard, BP 70510 F-49105 Angers Cedex 02 (4) INRA URH, THEIX, F-63122 St-Genès-Champagnelle

INTRODUCTION

La mise en place d'une comptabilité sur le carbone (C) incite à mieux connaître les sources de variation des flux de C dans les troupeaux laitiers qui valorisent et transforment de grandes quantités matières organiques riches en carbone. Ce travail a donc pour objectif de prévoir les différents flux du carbone chez la vache laitière selon les caractéristiques du régime et de la vache. La méthode s'est fixée comme contrainte de n'utiliser que des variables classiquement présentes dans le calcul des rations des vaches laitières.

1. DESCRIPTION DU MODELE

Le modèle repose sur un ensemble d'équations permettant d'estimer chacun des flux de carbone (g / j). Le seul flux en entrée est le flux de carbone ingéré. Des valeurs ont été calculées pour tous les aliments en fonction de leur composition chimique (tables INRA 2007). En moyenne elles sont proches de 400 à 450 g de C par kg MS de ration totale, même si la variation entre aliments est plus importante (de 350 à 620 g de C par kg de MS).

La teneur en carbone du lait est calculée à partir de sa composition en protéines, matières grasses et lactose. Elle est proche de 69 g par kg de lait 4 %.

Le flux de C fécal est prédit par les quantités de matière organique non digestible (MOND en kg / j) estimées à partir des valeurs des tables d'aliments mais corrigées des quantités ingérées (MSI en kg / j) et de la teneur en concentrés (C %). Une équation a été élaborée à partir d'une base de données d'essais de digestibilité réalisés sur vaches laitières à l'UMR PL :

$$C_{fèces} = 0,56 \times (0,18 \times \text{MOND} + 0,015 \times C\% - 0,00013 \times C\%^2 + a \times \text{MSI} + b)$$

où $a = 0,096$ et $b = 0,67$ pour les rations à base d'herbe et $a = 0,29$ et $b = -1,5$ pour les rations à base d'ensilage de maïs.

Cette équation montre que le niveau d'alimentation diminue la digestibilité des rations et ce, de façon plus marquée avec les régimes à base d'ensilage de maïs qu'à base d'herbe verte. La teneur moyenne en C des fèces varie peu avec la nature du régime, la valeur de 56 % de la MS a été retenue. Le flux de C urinaire est estimé à partir des composés azotés de l'urine prédits par ailleurs (respectivement 0,425 g et 0,96 g de C par g d'azote uréique et non uréique). Le flux de C sous forme de méthane a été estimé à 29,5 g (55 L de CH₄) par kg de matière organique fermentescible dans le rumen (MOF) (Martin *et al.* 2006). La quantité de MOF est estimée à partir du système PDI par la relation : $MOF = (PDIE - PDIA) / 0,093$

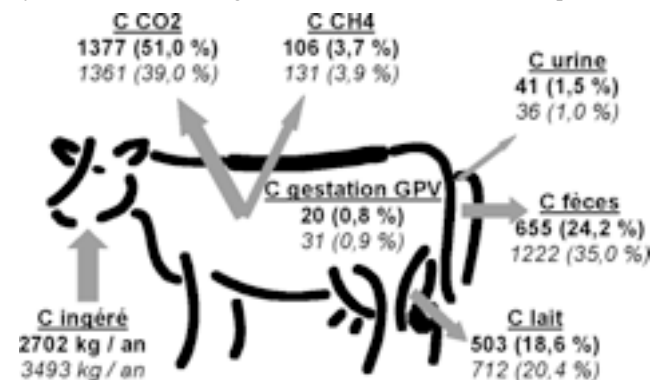
La quantité de C stocké ou déstocké par la vache est estimée à partir du bilan UFL et de la croissance pour les génisses. La fixation de C dans le fœtus est d'environ 5 kg de C par gestation. Sur le long terme ces flux sont faibles. Le flux de CO₂, très difficile à prédire directement, a été calculé par différence entre l'entrée et les différentes sorties pour équilibrer le bilan carbone.

Les principaux flux prédits par ce modèle ont été validés par un jeu de données de trois études conduites en chambres respiratoires par Vermorel *et al.* (communication personnelle) avec des régimes à base d'ensilage de maïs.

2. APPLICATION

Le modèle ainsi élaboré a été utilisé pour simuler deux troupeaux laitiers conduits avec des systèmes très contrastés. Le premier repose sur un système tout herbe avec des vèlages de fin d'hiver, beaucoup d'herbe pâturée de qualité et peu d'aliments concentrés (respectivement 3,8 et 0,6 T de MS / vache / an) dans lequel les vaches produisent 7300 kg de lait par an. À l'opposé, le second est un système intensif avec des vèlages d'automne, beaucoup d'ensilage de maïs et d'aliments concentrés (respectivement 5,2 et 2,3 T de MS / vache / an) et une production laitière élevée atteignant 10400 kg par an. Les données ont été simulées pour chaque semaine, puis cumulées sur l'année (figure 1).

Figure 1 : Schéma des flux du bilan annuel de C (kg / an et % de l'ingéré) d'une vache laitière moyenne d'un troupeau produisant 7 300 kg dans un système herbager (en gras) et 10 400 kg dans un système intensif ensilage de maïs et concentrés (en italique).



3. DISCUSSION

Le rendement d'exportation de C dans le lait n'est que de 18 % à 20 % et varie assez peu avec le régime. Par contre, le régime influence nettement la répartition des flux de C dans les fèces (importance des interactions digestives) et sous forme de CO₂ (variation de la part relative de l'entretien). Les flux de méthane annuels obtenus ici sont très proches des flux calculés par la méthode Tier 2 de l'IPCC (2006). Ils indiquent une légère baisse de production de méthane par kg de lait lorsque le système s'intensifie (-12 %), mais qui risque d'être compensée par la production plus faible de viande ou par plus de génisses à élever en raison d'un taux de renouvellement des vaches généralement plus élevé.

CONCLUSION

Le modèle proposé est original car il permet de calculer sur tableur un bilan carbone complet de vaches laitières. De ce fait, il peut servir pour des calculs de bilans environnementaux selon le système de production.

Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'UMT RIEL.

INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins, QUAE, 310 pp

IPCC, 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Vol. 4, Chap. 10

Martin C, Morgavi D., Doreau M., Jouany J.P., 2006. Actes des journées AFPP 27-28/04/06, 119-132