

Prédiction de la production de méthane sur les spectres proche infrarouge fécaux de vaches laitières en milieux tropicaux

Faecal NIR prediction of methane production of dairy cows in tropical environments

LECOMTE Ph (3), TRAN-HIEP (1), SALGADO P. (2), (1) CIRAD,-Réunion, F-97410 France, (2) Hanoi University of Agriculture n°1, Vietnam, (3) CIRAD,-Montpellier, F-34398 France

INTRODUCTION

Avec une émission mondiale de méthane entérique de 1824 Mt $\text{eq.CO}_2 \text{ an}^{-1}$ (Smith *et al.*, 2007), les ruminants domestiques contribuent à 31 % de l'émission globale des eq.CO_2 attribuables à l'agriculture. Le contrôle de ces émissions appelle à des méthodes d'estimation rapides. L'étude compare différentes approches de calibration en spectrométrie PIR appliquée à l'analyse fécale pour prédire la production de méthane des vaches laitières.

1. MATERIELS ET METHODES

Entre 2005 et 2008 des suivis ont été réalisées dans des exploitations laitières en zones tropicales de basse et moyenne altitude (Vietnam, La Réunion). Les variables descriptives de la ration : matière sèche ingérée (MSI), matières azotées totales (MAT) cellulose (Cell), hémicellulose (Hemi), amidon (Ami), ont été établies individuellement à chaque passage en fermes. Les quantités de méthane émises quotidiennement ont été estimées a priori selon l'équation de Moe et Tyrell (1980) et en postulant qu'elle s'applique aux conditions alimentaires tropicales: $[\text{CH}_4 \text{ l} / \text{j} = 86,1 + 67,0 * \text{Cell} + 43,9 * \text{Hemi} + 12,9 * \text{Ami} \& \text{Sucres} ; (\text{éléments bruts ingérés en kg} / \text{j})]$. Un référentiel de 1322 paires de données : spectres fécaux – méthane, a été établi. 220 moyennes de lots ont également été établies en appariant les individus de niveaux similaires de production lors des passages dans les fermes. Cent paires individuelles ont été retirées de la base générale pour constituer un set de validation individuelle. Les données ont ensuite été utilisées pour développer des équations de régression linéaire PLS selon des procédures de type "GLOBAL calibration" vs. "LOCAL calibration" du logiciel WinISI III v. 1.63. La technique GLOBAL utilise tous les spectres des échantillons référencés dans la base pour développer une équation générale pour chaque constituant envisagé, applicable à des ensembles d'échantillons inconnus. Lorsque l'on dispose de grand nombre de références, la technique LOCAL développe itérativement une équation spécifique et optimale pour l'échantillon à partir de groupes de référence spectralement les plus proches de celui à analyser, elle est réévaluée pour chaque échantillon inconnu.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 1 décrit les variables de la base de référence et dénote des gammes de variation importantes qui ont pu être échantillonnées dans ces situations tropicales tant dans la composition des rations que dans le méthane émis

Tableau 1 : caractéristiques des rations alimentaires et de l'émission de CH_4 calculée

| Variables | Moyenne | Écart type | Min | Max |
|--------------------------|---------|------------|-------|-------|
| MSI (kg/jour) | 17 | 3,9 | 8,9 | 23,1 |
| MAT (%MS) | 12,8 | 2,7 | 6,2 | 18 |
| Ami (%MS) | 15,4 | 5,4 | 3 | 28,4 |
| Cell (%MS) | 25,4 | 4,6 | 15,3 | 36,7 |
| Hémi (%MS) | 18,4 | 3,7 | 9,3 | 28,5 |
| CH_4 (l/jour) | 506,2 | 78 | 344,2 | 633,7 |
| CH_4 (l/kg MSI) | 30,4 | 3,8 | 23,5 | 40,2 |

Le modèle GLOBAL établi sur les 1222 spectres individuels, présente (tableau 2) des paramètres de réponse intéressants et qui s'améliorent lorsque l'on rapporte le méthane émis à la quantité de MS ingérée. La comparaison (tableau 3) des approches "Global" et "Local" réalisée en validant sur des

spectres d'individus ou de lot dénote de l'amélioration de la prédiction par la procédure LOCAL.

Tableau 2 : caractéristiques du modèle en GLOBAL calibration

| Variables | N | SD | SEC | R ² |
|---|------|------|-----|----------------|
| CH_4 total, l jour ⁻¹ | 1201 | 79,6 | 38 | 0,77 |
| CH_4 kgMSI ⁻¹ | 1192 | 3,6 | 1,4 | 0,86 |

N : nombre de spectres gardés en calibration après un passage d'élimination de résidus aberrants ; SD, écart type de la population ; SEC standard erreur de calibration ; R² coefficient de détermination

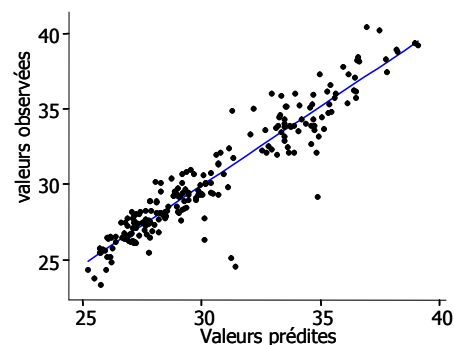
Tableau 3 : validations comparées en prédiction globales et locales

| Variables | | SEP | RSEP | RPD | R ² |
|---|--------|------|------|-----|----------------|
| Validation sur 100 données individuelles | | | | | |
| CH_4 l. jour ⁻¹ | GLOBAL | 44,8 | 8,9 | 1,8 | 68,2 |
| | LOCAL | 38,9 | 7,8 | 2 | 76,6 |
| CH_4 l. kgMSI ⁻¹ | GLOBAL | 1,7 | 5,7 | 1,8 | 76,5 |
| | LOCAL | 1,5 | 5,1 | 2 | 81,6 |
| Validation sur les 220 données moyennes de lots | | | | | |
| CH_4 l. jour ⁻¹ | GLOBAL | 39,1 | 7,7 | 2,1 | 76,3 |
| | LOCAL | 34,6 | 6,8 | 2,3 | 81,4 |
| CH_4 l. kgMSI ⁻¹ | GLOBAL | 1,5 | 4,9 | 2,6 | 85,3 |
| | LOCAL | 1,3 | 4,2 | 3 | 89 |

SEP: Standard error of prediction; RPD: Ratio performance deviation; RSEP: Relative standard error of prediction (%); R²: coefficient of determination.

Sur les données individuelles les procédures de type LOCAL réduisent les erreurs de prédiction de 12 et 13 %. Elles présentent une erreur résiduelle relative (RSEP) faible (8 % et 5 %) et des R² (0,77 et 0,82) très acceptables. Avec les spectres de prévision utilisés en LOCAL et une base de référence de 1222 données individuelles la précision est encore améliorée: RSEP (7 et 4 %) et R² (0,81 et 0,89) respectivement. En outre, le ratio RPD (SD / SEP) croît et dénote la robustesse de la technique par rapport à l'approche plus classique d'étalonnage GLOBAL La figure 1 illustre les résultats obtenus en local sur des lots.

Figure 1 : valeurs prédites et observées du méthane émis par kg de MSI



CONCLUSION

La spectrométrie fécale apparaît ainsi comme un outil potentiel simple, pour l'estimation des niveaux de production de méthane dans les systèmes de production laitiers tropicaux. En accroissant le nombre de références issues d'autres situations diversifiées la robustesse voire la précision de l'approche pourrait s'en trouver confortée.

Moe P.W. and Tyrrell H.F. 1980 In: Mount (ed.), *Energy metabolism*, 59-62, EAAP publications, Butterworths, London.

Smith, P *et al.*, (2007). *Agriculture, Ecosystems et Environment* 118(1-4): 6-28