



Proposition et évaluation d'une solution de prédiction des émissions de CH₄ en zone tropicale

Raphaël Martin, Maguy Eugène, Vincent Blanfort, Katja Klumpp

► To cite this version:

Raphaël Martin, Maguy Eugène, Vincent Blanfort, Katja Klumpp. Proposition et évaluation d'une solution de prédiction des émissions de CH₄ en zone tropicale. [Rapport Technique] Livrable 2.3.1., Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). 2014. hal-02793426

HAL Id: hal-02793426

<https://hal.inrae.fr/hal-02793426>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



PROJET EPAD

EFFICIENCE ENVIRONNEMENTALE ET PRODUCTIONS ANIMALES POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

*Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Agence Nationale de la Recherche portant
la référence **ANR-09-PSTRA-01***

Livrable 2.3.1. Proposition et évaluation d'une solution de pré-
diction des émissions de CH_4 en zone tropicale

Auteurs : Raphaël Martin¹, Maguy Eugène², Vincent Blanfort³,
Katja Klumpp¹

¹ INRA, Unité de Recherches sur l'Écosystème Prairial, UR 874, 63039 Clermont-
Ferrand Cédex 2

² INRA, Unité Mixte de Recherches sur les Herbivores, UMR 1213, Theix, 63122
Saint-Genès Champanelle

³ CIRAD, UMR Systèmes d'Élevage en Milieux Méditerranéens et Tropicaux /
UMR ECOFOG, BP 701 - 97387 Kourou Cedex – Guyane

Année 2014

Table des matières

1	Objectif	3
1.1	Travail réalisé	3
1.2	Équation incluse dans PaSim	3
1.3	Équation Sauvart et al. (2011)	3
1.4	Équation Archimède et al. (2011)	4
2	Description du travail effectué	5
2.1	Site test	5
2.2	Choix du site test	6
3	Conclusion	8
	Table des figures	10

Chapitre 1

Objectif

1.1 Travail réalisé

L'objectif de cette tâche est dans un premier temps de comparer les flux de CH_4 prédit par PaSim [Graux et al., 2011] avec ceux calculé via [Sauvant et al., 2011]. Si ces derniers présentent des résultats comparables, l'équation présentée par [Archimède et al., 2011] pourra être intégrée dans la version tropicale de PaSim.

1.2 Équation incluse dans PaSim

L'équation est décrite dans [Graux et al., 2011], basé sur [Vermorel et al., 2008]. L'équation permet d'estimer la production de CH_4 en milieu tempéré :

$$CH_{4,H} = \frac{Y'_{m,H} \times NEI_H}{5565 \times k} \times k_{CH_4 \rightarrow C} \times SD \quad (1.1)$$

avec

- $Y'_{m,H} = 12$ le facteur de conversion permettant de l'exprimer des kCal de CH_4 pour 100kCal de MEI (Énergie Ingérée Métabolisable)
- NEI_H l'Energie Nette ingérée via l'Herbe est équivalent à $k \times MEI$
- $k = 0.6$ le coefficient de conversion de l'énergie métabolisable en énergie nette,
- $k_{CH_4 \rightarrow C} = 0.75$
- SD le chargement (pour *stocking density*)
- 5565 l'énergie d'une mole de méthane

1.3 Équation Sauvant et al. (2011)

Les études conduites *in vivo* avec mesure de la production de CH_4 de La base «Rumener», développée à l'UMR INRA-AgroParisTech MoSAR, rassemble des résultats de mesures de bilans calorimétriques sur des ruminants (167 publications et 1131 traitements). L'analyse de cette base de données a permis d'établir diverses équations de prédiction du méthane en fonction des paramètres tels que la digestibilité de la matière organique (dMO), les quantités de

matière sèche ingérée (MSI) et/ou le poids vif (PV). Une équation a été retenue, tirée de [Sauvant et al., 2011] et permet d'estimer la production de CH_4 en milieu tempéré :

$$CH_4 = 0.083 + 0.025 \times MODI \quad (1.2)$$

CH_4 et $MODI$ sont exprimés ici en $g.kg_{PV}^{-1}$ et $MODI = dMO \times MSI \times MO$ avec MO la teneur en matière organique de la ration. Il faut noter qu'il serait souhaitable de prendre en compte les dernières évolutions du programme de travail systali, piloté par P. Nozière, qui vise à rénover le système d'alimentation INRA [Sauvant et al., 2011]. En effet, la prise en compte des interactions digestives ont permis d'améliorer les estimations.

1.4 Équation Archimède et al. (2011)

Ces équations sont tirées de [Archimède et al., 2011] et permettent d'estimer la production de CH_4 en milieu tropical. Elles ont été obtenues par l'analyse d'une base de données décrites dans la tâche 2 (Archimède et al., 2011, livrable 2.1.1). Ainsi, l'équation retenue est la suivante :

$$CH_4 = 0.9 + 39.8 \times OM_d + 18.9 \times NDF_f - \frac{0.2 \times OM_{intake}}{LW^{0.9}} \quad (1.3)$$

Avec OM_d , la digestibilité de la MO ; NDF_f la teneur en fibres des fourrages et OM_{intake} les quantités d'OM ingérées.

Chapitre 2

Description du travail effectué

2.1 Site test

Depuis 2004, l'UREP contribue au Système d'Observation et d'Expérimentation de Recherches en Environnement (SOERE) Agro-écosystèmes, Cycles Biogéochimiques et Biodiversité (ACBB). L'UREP est responsable des sites prairies permanentes (Theix-Laqueuille) du SOERE. L'objectif est d'analyser sur le long terme les effets de la gestion sur les propriétés des écosystèmes et les conséquences environnementales. Le site de Laqueuille (Puy de Dôme : $45^{\circ}38'N$, $2^{\circ}44'E$), converti en prairie permanente il y a plus de 50 ans, se situe sur un plateau de moyenne montagne à 1040m d'altitude. Son sol repose sur une roche basaltique, avec une profondeur qui varie entre 35 et 80 cm. le sol est un andosol (argile : 16 %, limon : 56 %, sable : 28 %) constitué de 18 % de matière organique dans les 10 premiers centimètres. La densité apparente de cet horizon est de 560 kg.m^{-3} . En 2002 (démarrage du programme européen GreenGrass), la parcelle a été divisée en deux parcelles adjacentes, pâturées en continu par des génisses de Mai à Octobre. Deux types de gestion sont appliqués depuis, un traitement modérément intensif ($1UGB.ha^{-1}.an^{-1}$; fertilisation azotée minérale de $210kg_N.ha^{-1}.an^{-1}$; 2.8 ha) et un autre plus extensif ($0.5UGB.ha^{-1}.an^{-1}$; pas de fertilisation ; 3.6 ha) [Tallec et al., 2012]. Ce site abrite les dispositifs de mesures de flux atmosphériques et est aménagé avec deux mats équipés pour les mesures de flux de CO_2 et H_2O à l'échelle écosystème (anémomètre sonique Gill R3 et analyseur de gaz haute fréquence LICOR 7500). Ces mesures de flux sont téalisés via la méthode des corrélations turbulentes (Eddy covariance). Courant 2008, le couplage d'un analyseur rapide de CH_4 (Los Gatos Research) au dispositif existant sur la parcelle "intensif" et la mise en place de chambres automatiques de mesure de flux de N_2O a permis de quantifier l'ensemble des G.E.S. du site. Un complément d'équipement permet de mesurer (mise en place printemps 2011) les flux de CH_4 de la parcelle "extensive". Ce site a été le support de 6 programmes européens, et est actuellement identifié comme Super Site de référence dans le cadre du réseau Européen ICOS.

2.2 Choix du site test

PaSim a été lancé sur les deux parcelles et les émissions de CH_4 ont été comparé via 3 méthodes de calculs :

- Observé
- Sortie PaSim
- Calcul via l'équation de Sauvant en prenant les sorties de PaSim relatives à :
 - $n_{animalTot}$ (chargement en $animal.m^{-2}$)
 - $intake_animal$ (ingéré en $kg_{DM}.animal^{-1}$)
 - OMD (%)

Les graphiques suivants présentent les résultats sur deux périodes de pâturages distincts :

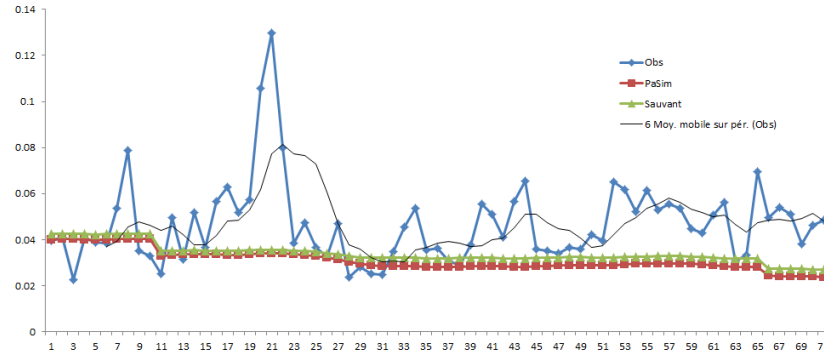


FIGURE 2.1 – Graphiques comparant les divers méthodes de calcul du CH_4 du 25/05/2010 au 03/08/2010

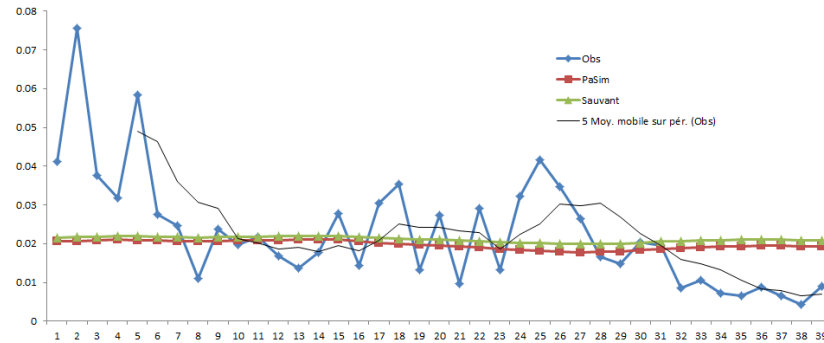


FIGURE 2.2 – Graphiques comparant les divers méthodes de calcul du CH_4 du 09/09/2010 au 17/10/2010

Il est tout d'abord notable que l'on observe une très grande variabilité dans les mesures de CH_4 . Cela peut être expliqué par la vitesse et l'orientation du vent ainsi que la position du troupeau par rapport aux mats. En ce qui concerne les différences entre les valeurs prédites par PaSim et celles par l'équation de Sauvant, la moyenne des erreurs sur ces deux périodes est de 7.94% avec un écart

type de 2.84%. Cette différence, bien que significative, reste très faible. L'application de la méthode de Sauvart renvoie toujours des valeurs plus importantes de CH_4 , ce qui est corroboré par les observations in situ. Il est donc validé que la méthode de Sauvart est applicable à PaSim. Ainsi, l'équation d'Archimède [Archimède et al., 2011] qui s'appuie aussi sur la MODI, tout comme celle de Sauvart, pourra être utilisée en milieu tropical pour simuler les émissions de CH_4 .

Chapitre 3

Conclusion

Le comparatif des résultats produits par la méthode de Sauviant aux résultats prédits par PaSim a permis de valider qu'il était possible d'intégrer les équations de CH_4 en milieu tropicale proposé par [Archimède et al., 2011]. Ces équations ont été intégrées au sein de PaSim et sont en attente d'être testées. Toutefois, nous ne disposons pas à l'heure actuelle de données observées permettant de tester cette nouvelle version du modèle. Un test sera réalisé début 2015 en milieu tropical en Guyane dans le cadre du dispositif de recherche CIRAD/INRA « CarPaGG » (Carbone des Pâturages de Guyane et GES). Depuis 2010, des mesures et des observations y sont réalisées sur les stocks et les flux de carbone dans les systèmes herbagers amazoniens de Guyane issues de déforestation. Ces travaux visent la production de références adaptées au contexte tropical humide afin de contribuer à l'établissement de bilans carbone dans les systèmes herbagers issues de déforestation. Les flux de CO_2 ont été mesurés par des « tours à flux » installées dans 2 prairies pâturées (en comparaison d'un dispositif similaire voisin en forêt). Les mesures y sont effectuées en continu (20 mesures par seconde) par la méthode des corrélations turbulentes [Blanfort and Stahl, 2013]. L'objectif est de quantifier la capacité de stockage en carbone des prairies issues de déforestation sur différents pas de temps. Afin de contribuer à l'établissement de bilan GES dans le contexte guyanais, les émissions de méthane (CH_4) et les flux de protoxyde d'azote (N_2O) ont été mesurés sur les mêmes parcelles pâturées. Les émissions de CH_4 entérique ont été estimées par des méthodes indirectes basées sur l'analyse de la composition des fèces des bovins ([Boval et al., 2004]; [Sauvant et al., 2011]). Des échantillons de fèces de bovins Zébus Brahman pâturant des parcelles à base de *Brachiaria humidicola* ont été analysés par Spectrométrie proche Infra Rouge (SPIR), en complément d'une analyse classique de la teneur en azote fécal (méthode de DUMAS). Sur la base de modèles de prédiction du CH_4 ([Boval et al., 2004], Figure 16) les émissions de méthane ont été estimées pour le troupeau à partir du régime ([Sauvant et al., 2011]; [Archimède et al., 2011]). Depuis 2014, le dispositif CarPaGG est un contributeur scientifique de l'Observatoire du Carbone et des GES de Guyane (Guyane Energie-Climat). Dans ce cadre, des études complémentaires en cours visent à affiner les approches bilan GES en exploitation d'élevage de ruminants en Guyane en mobilisant les mesures de flux. Il est notamment prévu de mobiliser le modèle de ferme FarmSim tropicalisé dans le cadre du projet EPAD (cf livrables 2.2.3).

Bibliographie

- [Archimède et al., 2011] Archimède, H., Eugène, M., Marie Magdeleine, C., Boval, M., Martin, C., Morgavi, D., Lecomte, P., and Doreau, M. (2011). Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167 :59–64.
- [Blanfort and Stahl, 2013] Blanfort, V. and Stahl, C. (2013). No Title. In *Le carbone en forêt et en prairies issues de déforestation en Guyane, processus, bilans et perspectives*, page 76, Cayenne.
- [Boval et al., 2004] Boval, M., Coates, D., Lecomte, P., Decruyenaere, V., and Archimède, H. (2004). Faecal near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess chemical composition, in vivo digestibility and intake of tropical grass by Creole cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 114(1-4) :19–29.
- [Graux et al., 2011] Graux, A.-I., Gaurut, M., Agabriel, J., Baumont, R., Delagarde, R., Delaby, L., and Soussana, J.-F. (2011). Development of the Pasture Simulation Model for assessing livestock production under climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144(1) :69–91.
- [Sauvant et al., 2011] Sauvant, D., Giger-Reverdin, S., Serment, A., and Broudiscou, L. (2011). Influences des régimes et de leur fermentation dans le rumen sur la production de méthane par les ruminants. *INRA Production Animale*, 24(5) :433–446.
- [Tallec et al., 2012] Tallec, T., Klumpp, K., Guix, N., and Soussana, J.-F. (2012). Les pratiques agricoles ont-elles plus d’impact que la variabilité climatique des prairies pâturées à stocker du carbone ? *Fourrages*, 210 :99–107.
- [Vermorel et al., 2008] Vermorel, M., Jouany, J.-P., Eugène, M., Sauvant, D., Noblet, J., and Dourmad, J.-Y. (2008). Evaluation quantitative des émissions de méthane entérique par les animaux d ’ élevage en 2007 en France. *INRA Production Animale*, 21(5) :403–418.

Table des figures

2.1	Graphiques comparant les divers méthodes de calcul du CH_4 du 25/05/2010 au 03/08/2010	6
2.2	Graphiques comparant les divers méthodes de calcul du CH_4 du 09/09/2010 au 17/10/2010	6