

## Série Émissions provenant des animaux

# Émissions de méthane de vaches au pâturage: comparaison de deux méthodes de mesure

Andreas Münger<sup>1</sup>, Thomas Denninger<sup>1,2</sup>, Cécile Martin<sup>3</sup>, Lukas Eggerschwiler<sup>1</sup> et Frigga Dohme-Meier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

<sup>2</sup>Ecole polytechnique fédérale de Zurich, ETHZ, 8092 Zurich, Suisse

<sup>3</sup>INRA, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

Renseignements: Andreas Münger, e-mail: andreas.muenger@agroscope.admin.ch



**Figure 1** | Vache laitière équipée avec le système de collecte continue de l'air expiré pour en déterminer ensuite la concentration en méthane et en gaz traceur (hexafluorure de soufre ou SF<sub>6</sub>). (Photo: A. Münger, Agroscope)



**Figure 2** | Une vache laitière est entrée dans le système de mesure GreenFeed, permettant la mesure ponctuelle des émissions de méthane. (Photo: A. Münger, Agroscope)

## Introduction

Les ruminants sont à l'origine de 80% des émissions de méthane de l'agriculture suisse (OFEV 2018). Le méthane entérique est produit pendant la fermentation ruminale et représente une perte d'énergie pour l'animal qui peut s'élever entre 2 et 12% de l'énergie brute ingérée (Johnson & Johnson 1995). De plus, le méthane est aussi un gaz à effet de serre important. Bien que les émissions de méthane en Suisse soient restées plus ou moins constantes depuis 2000 (OFEV 2018), la stratégie climatique de la Confédération en matière d'agriculture se fixe pour objectif de les réduire durablement. Afin de pouvoir évaluer les stratégies de réduction dans

l'élevage, il est nécessaire – pour la Suisse, pays d'herbages – de disposer de méthodes de mesure applicables au bétail au pâturage. La technique du gaz traceur à l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) est une méthode reconnue (Johnson *et al.* 1994), qui peut être utilisée avec les animaux en mouvement, mais elle est très complexe, exigeante et laborieuse. Le système GreenFeed (GF) (C-Lock Inc., Rapid City, SD, USA) pourrait donc représenter une alternative (Hristov *et al.* 2016). Il s'agit d'un distributeur automatique mobile d'aliments concentrés. Quand les vaches s'y rendent, des mesures de flux d'air expiré et de sa composition sont effectuées, y compris le

méthane éructé. Cependant, les chercheurs-euses n'ont pas encore été en mesure de déterminer clairement la durée pendant laquelle ces mesures ponctuelles doivent être prises pour établir des affirmations fiables sur les émissions quotidiennes de méthane par animal, en particulier au pâturage. L'objectif de cette étude était donc d'effectuer des mesures avec le système GF sur différentes périodes de temps et de les comparer avec les mesures effectuées en parallèle avec la technique SF<sub>6</sub>.

## Matériel et méthodes

Les mesures ont été effectuées par Agroscope sur le site de Posieux avec 13 vaches laitières multipares de la race Holstein. Les vaches, avec un rendement laitier moyen de  $21,7 \pm 4,7$  kg par jour, ont pâturé jour et nuit et n'ont pas reçu d'aliment complémentaire; des minéraux étaient disponibles sous la forme d'un bloc à lécher sur le pâturage. Avant le début des mesures, un bolus, qui libère quotidiennement, pour toute la durée de l'essai, une quantité définie de SF<sub>6</sub>, a été introduit dans le préestomac de toutes les vaches au moyen d'un applicateur. Pendant cinq jours, des échantillons d'air expiré ont été prélevés aux naseaux et collectés par un capillaire dans un récipient mis sous vide et fixé sur le dos de la vache (fig. 1). Le récipient a été remplacé tous les jours et les concentrations en SF<sub>6</sub> et en méthane dans les échantillons quotidiens ont ensuite été analysées par chromatographie en phase gazeuse. Au cours de la même période, les vaches au pâturage avaient accès au système GF (fig. 2), le nombre de visites étant toutefois limité à six par jour. Au cours de chaque visite, les animaux recevaient des petites portions (33 g) d'un aliment d'appât (cubes de maïs plante entière déshydraté mélassés) toutes les 20 secondes, avec un maximum de huit portions par visite. A chaque visite, la quantité de méthane expiré était déterminée. Une fois les mesures avec la technique SF<sub>6</sub> terminées, celles avec le système GF se poursuivaient pendant six jours supplémentaires. Les données sur les rejets de méthane mesurés avec la méthode SF<sub>6</sub> pendant cinq jours ont ensuite été comparées aux mesures recueillies avec le système GF pendant cinq, sept et onze jours (GF5, GF7, GF11).

## Résultats et discussion

Le nombre moyen quotidien de visites du système GF par animal était de  $1,64 \pm 0,72$  pour le GF5 et a augmenté à  $2,23 \pm 0,56$  pour le GF7 et à  $2,24 \pm 0,52$  pour le GF11. Un nombre similaire de visites a été observé dans d'autres études (résumées par Waghorn *et al.* 2016). Manafaziar

### Résumé

Les émissions de méthane des ruminants au pâturage peuvent être mesurées de différentes manières. Dans une étude d'Agroscope portant sur 13 vaches laitières, deux méthodes ont été comparées: la technique du gaz traceur avec de l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) et le système de mesure GreenFeed. La technique du SF<sub>6</sub> est bien établie, mais relativement complexe. Dans cette méthode, le SF<sub>6</sub> est introduit dans le rumen via une capsule perméable (bolus) qui libère le gaz en quantité définie; un échantillon d'air exhalé est recueilli en continu dans un récipient mis sous vide par le biais d'un capillaire à débit contrôlé à proximité des naseaux, et analysé ultérieurement. Parallèlement, les vaches pouvaient visiter le système de mesure GreenFeed (GF). Ce dernier est conçu comme un distributeur automatique mobile d'aliments concentrés, dans lequel la quantité de méthane de l'air expiré est analysée. Cette étude avait pour objectif d'effectuer des mesures avec le GF pendant cinq, sept et onze jours, et de les comparer aux mesures prises en parallèle avec la technique du SF<sub>6</sub> pendant cinq jours. Les émissions mesurées avec le GF étaient plus élevées que celles déterminées avec la technique du SF<sub>6</sub>. La corrélation entre les valeurs mesurées des deux méthodes était modérée et à peine meilleure quand le nombre de jours de mesure pris en compte avec le GF est passé de cinq à onze jours.

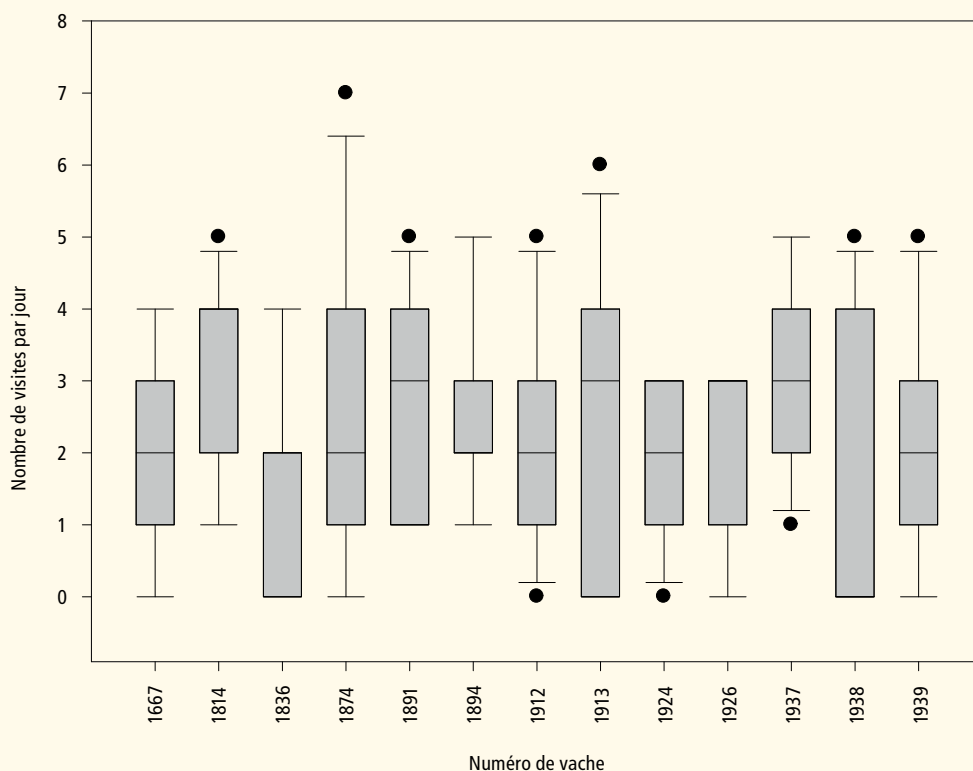


Figure 3 | Nombre et variabilité des visites quotidiennes des vaches dans le système GreenFeed (mesures sur 11 jours).

et al. (2017) recommandent d'assembler les données d'au moins 20 visites sur une période de 7 à 14 jours pour obtenir une valeur fiable. Dans le présent essai, on a dénombré en moyenne huit visites par vache pour le GF5 (valeurs individuelles de 2 à 15), 16 pour le GF7 (10 à 23) et 25 pour le GF11 (17 à 36). La motivation des vaches à se rendre dans le système GF peut varier considérablement (fig. 3). Apparemment, certaines vaches ont même évité complètement le système (Waghorn et al. 2013). Les facteurs d'influence potentiellement importants

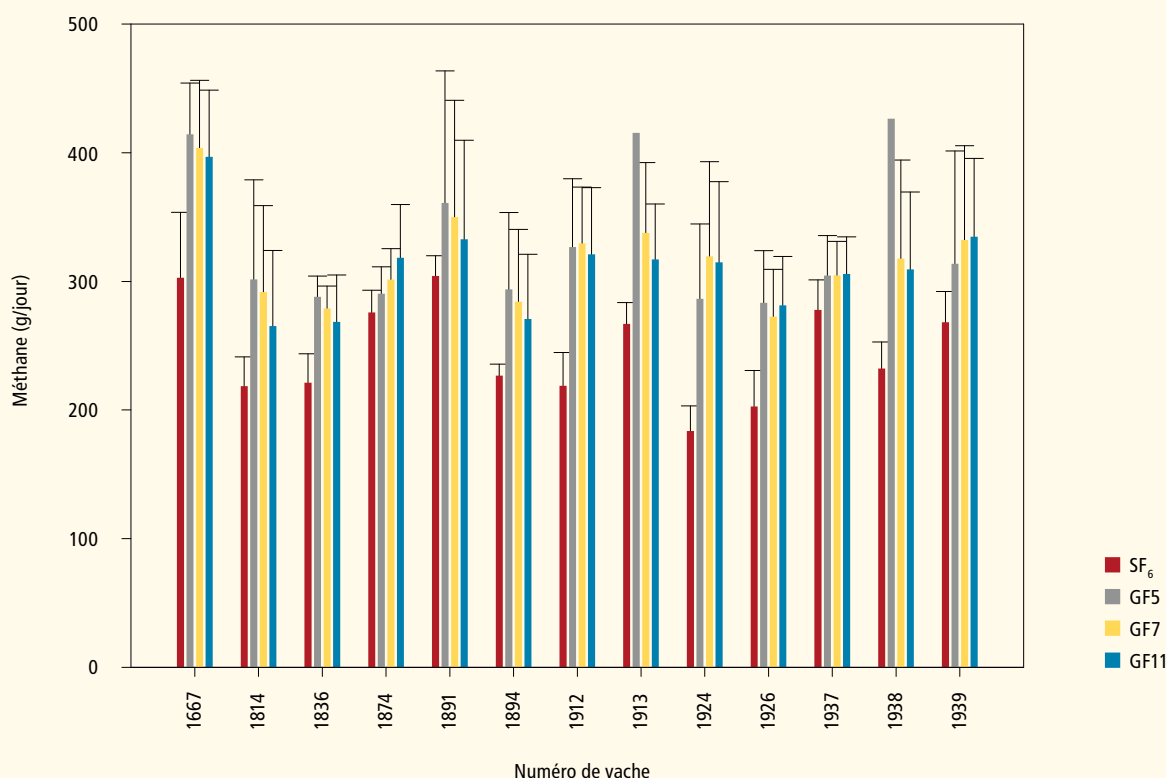
peuvent être la disponibilité et l'accessibilité de la station GF (distance sur le pâturage) et l'attrait de l'aliment d'appât par rapport à la ration de base. Cependant, des études systématiques à ce sujet font défaut. La dynamique ou la hiérarchie du troupeau semble être moins importante. Si toutefois c'était le cas, cela indiquerait plutôt une sur-occupation de la station GF.

Les émissions de méthane par vache et par jour déterminées avec le système GF étaient les plus élevées dans le GF5, suivi du GF7 et du GF11 (tabl. 1). L'influence du

Tableau 1 | Émissions de méthane mesurées avec la technique SF<sub>6</sub> et le système GF.

	Méthode		ETM	Valeur P	Coefficient de corrélation	Valeur P
	Système GF CH <sub>4</sub> g/jour	Technique SF <sub>6</sub> – 5 jours CH <sub>4</sub> g/jour				
GF5	331	245	13,0	< 0,001	0,57	0,042
CV %	17,2	9,5				
GF7	318	245	10,2	< 0,001	0,59	0,036
CV %	16,6	9,5				
GF11	311	245	10,3	< 0,001	0,62	0,025
CV %	17,3	9,5				

GF5 GF7, GF11: mesures avec le système GreenFeed sur 5, 7 ou 11 jours; ETM: erreur type des moyennes; CV: coefficient de variation.



**Figure 4** | Émissions de méthane (avec écart-type) de chaque vache, mesurées avec la technique SF<sub>6</sub> d'une part et le système GreenFeed sur 5 (GF5), 7 (GF7) et 11 jours (GF11) d'autre part.

nombre de jours de mesure sur l'émission moyenne de méthane n'était pas très prononcée. Les émissions mesurées sont similaires aux valeurs d'une étude de Waghorn *et al.* (2016), dans laquelle le système GF a également été utilisé pour des vaches au pâturage et les émissions de méthane mesurées se situaient dans une fourchette de 298 à 333 g/jour. La figure 4 montre les émissions quotidiennes de méthane de chaque vache laitière. Il est à noter qu'avec le même type d'alimentation, les émissions journalières peuvent varier assez fortement d'un animal à l'autre. Bien que cette variation soit essentiellement due aux variations de l'ingestion, d'autres facteurs propres à l'animal peuvent y contribuer. Ce constat a été confirmé par les observations de Lassey *et al.* (1997), qui ont relevé des différences dans les émissions entre les animaux d'une même race ayant reçu la même nourriture et avec une production laitière similaire. De Haas *et al.* (2017) notent que la quantité de méthane émise pourrait avoir une composante héréditaire.

Une comparaison des deux méthodes (système GF vs technique SF<sub>6</sub>) a montré que les valeurs déterminées avec le système GF étaient généralement plus élevées que celles mesurées avec la technique SF<sub>6</sub>, indépendamment des jours de mesure GF pris en compte (tabl. 1). Des

comparaisons effectuées jusqu'à présent ne donnent pas une image uniforme en ce qui concerne la détermination des émissions quotidiennes de méthane. Par exemple, Hristov *et al.* (2016) ont observé chez les vaches laitières des émissions plus élevées avec la technique SF<sub>6</sub> qu'avec le système GF, tandis que Jonker *et al.* (2016) ont trouvé des valeurs plus faibles pour la technique SF<sub>6</sub> lorsque les émissions étaient mesurées chez des bovins à l'engrais. Le coefficient de corrélation de Spearman entre les méthodes de la présente étude était modéré lorsque cinq jours de mesure étaient pris en compte dans le système GF (0,57) et à peine amélioré avec sept (0,59) et onze (0,62) jours.

La plus grande variabilité des valeurs quotidiennes issues du système GF par rapport à la technique SF<sub>6</sub>, qui ressort des coefficients de variation calculés, est probablement due à la méthode: une valeur SF<sub>6</sub> est une moyenne d'échantillons prélevés intégralement sur 24 heures, tandis que les valeurs GF résultent d'une moyenne de mesures ponctuelles sur une période de temps fixée. Ainsi, en plus des fluctuations physiologiques, elles peuvent aussi être influencées par un nombre différent de visites d'un jour à l'autre et une répartition irrégulière des visites tout au long de la journée. Ce dernier

facteur est potentiellement de plus grande importance lorsque le système GF est utilisé dans l'étable. En raison de durées d'alimentation limitées ou d'une ration journalière hétérogène, les émissions de méthane peuvent varier de façon marquée au cours d'une journée. En général, on peut dire que des mesures réalistes peuvent être effectuées avec le système GF, à condition que les animaux puissent utiliser le système à tout moment et qu'un nombre suffisant de visites et/ou jours de mesure, comme indiqué ci-dessus, soit pris en compte.

## Conclusions

Les émissions déterminées avec le système GF diffèrent dans cette étude de celles déterminées avec la technique SF<sub>6</sub>. Compte tenu du type d'animal et de la production laitière, les valeurs GF semblent plus crédibles que les

valeurs SF<sub>6</sub>. Les différences n'ont pas pu être réduites, même en augmentant le nombre de jours de mesure dans le système GF. Les recommandations à ce sujet citées dans d'autres études sont largement confirmées par les résultats du présent essai. Lors du choix d'une méthode ou d'une autre, il faut garder à l'esprit qu'avec la technique SF<sub>6</sub>, divers facteurs, dont certains sont difficiles à contrôler, ont une influence majeure sur la qualité de la mesure, par exemple la libération du gaz traceur, la collecte uniforme des échantillons et l'analyse très complexe. SF<sub>6</sub> demande plus de technicité et d'intervention humaine, ce qui limite le nombre d'animaux et la durée de la période de mesure. Le système GF, par contre, est relativement simple du point de vue technique, facile à contrôler et permet, par exemple, une mesure en continu des émissions de méthane pendant toute une période de lactation. ■

## Bibliographie

- De Haas Y., Pszczola M., Soyeurt H., Wall E. & Lassen J., 2017. Invited review: Phenotypes to genetically reduce greenhouse gas emissions in dairying. *J. Dairy Sci.* **100**, 855–870.
- Lassey K. R., Uylatt M. J., Martin R. J., Walker C. F. & Shelton I. D., 1997. Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. *Atmos. Environ.* **31**, 2905–2914.
- Hristov A. N., Oh J., Giallongo F., Frederick T., Harper M. T., Weeks H., Branco A. F., Price W. J., Moate P. W., Deighton M. H., Williams S. R. O., Kindermann M. & Duvall S., 2016. Short communication: Comparison of the GreenFeed system with the sulfur hexafluoride tracer technique for measuring enteric methane emissions from dairy cows. *J. Dairy Sci.* **99**, 5461–5465.
- Johnson K., Huyler M., Westberg H., Lamb B. & Zimmerman P., 1994. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF<sub>6</sub> tracer technique. *Environ. Sci. Technol.* **28**, 359–362.
- Johnson K. A. & Johnson D. E., 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* **73**, 2483–2492.
- Jonker A., Molano G., Antwi C. & Waghorn G. C., 2016. Enteric methane and carbon dioxide emissions measured using respiration chambers, the sulfur hexafluoride tracer technique, and a GreenFeed head-chamber system from beef heifers fed alfalfa silage at three allowances and four feeding frequencies. *J. Anim. Sci.* **94**, 4326–4337.
- Manafiazar G., Zimmerman S. & Basarab J. A., 2017. Repeatability and variability of short-term spot measurement of methane and carbon dioxide emissions from beef cattle using GreenFeed emissions monitoring system. *Can. J. Anim. Sci.* **97**, 118–126.
- OFEV (Office fédéral de l'environnement), 2018. Sources de polluants atmosphériques: agriculture. Accès: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftschadstoffquellen/landwirtschaft-als-luftschadstoffquelle.html> [05.03.2018].
- Waghorn G. C., Garnett E. J., Pinares-Patino C. S. & Zimmerman S., 2013. Implementation of GreenFeed in a dairy herd grazing pasture. *Adv. Anim. Biosci.* **4**, 436.
- Waghorn G., Jonker A. & Macdonald K.A., 2016. Measuring methane from grazing dairy cows using. *Animal Prod. Sci.* **56**, 252–257.

**Riassunto****Emissioni di metano delle vacche da latte al pascolo: confronto di due metodi di misurazione**

Le emissioni di metano dei ruminanti al pascolo possono essere misurate usando diversi metodi. In uno studio condotto presso Agroscope su 13 vacche da latte al pascolo, sono stati confrontati due metodi. La tecnica che fa uso di marcatori di esafluoruro di zolfo ( $\text{SF}_6$ ) è un metodo consolidato ma molto complicato se confrontato con altri metodi. Alle vacche è stato somministrato un bolo che rilascia  $\text{SF}_6$  in una determinata quantità. Tramite un capillare a flusso controllato dalle narici, sono stati continuamente raccolti in un contenitore i campioni d'aria respirata che sono stati in seguito analizzati. Durante le misurazioni gli animali potevano alimentarsi con il sistema Greenfeed (GF), una stazione di foraggiamento mobile in grado di misurare il tenore di metano nell'aria espirata durante l'avvicinamento volontario degli animali. L'obiettivo dello studio era quello di confrontare le misurazioni effettuate con il metodo GF durante cinque, sette e undici giorni con le misurazioni effettuate in parallelo con la tecnica  $\text{SF}_6$  nell'arco di cinque giorni. I risultati hanno mostrato come le emissioni misurate con il sistema GF erano maggiori rispetto a quelle determinate con la tecnica  $\text{SF}_6$ . La correlazione tra i valori misurati con i due metodi è risultata moderata ed è leggermente migliorata quando il periodo di misurazione con il GF è stato esteso da cinque a undici giorni.

**Summary****Methane emission from grazing dairy cows: comparison of methods**

Methane emission from free-ranging ruminants can be measured in different ways. In a study with 13 grazing dairy cows, Agroscope compared two methods. The sulfur hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ) tracer technique is an established method, but its application is challenging and laborious. Before the measurements started, the cows were equipped with a calibrated permeation tube releasing  $\text{SF}_6$  in the forestomach. During the measurements, when the  $\text{SF}_6$  tracer technique and the GreenFeed (GF) system were applied simultaneously, daily individual respiration gas samples were collected through a flow-control capillary into evacuated canisters fixed on the cows' back and analyzed subsequently. The GF system is a mobile device measuring respiration gas output during voluntary visits of a feeding station. The aim of the study was to perform measurements with the GF system over five, seven and eleven days and to compare them with the measurements that were carried out in parallel with the  $\text{SF}_6$  technique over five days. The methane emissions estimated by GF were higher than those obtained using the  $\text{SF}_6$  technique. The correlation between methods was moderate and became hardly better when the measurement period with the GF was extended from five to eleven days.

**Key words:** methane emission,  $\text{SF}_6$ , GreenFeed, dairy cow, pasture.