

Emissions de CH₄, N₂O et NH₃ en étables et lors du stockage des engrais de ferme de génisses Blanc Bleu Belge

MATHOT M. (1), DECRUYENAERE V. (2), LAMBERT R. (1), STILMANT (D). (2)

(1) Centre de Michamps, Université catholique de Louvain, Horritine 1, 6600 Bastogne, Belgique

(2) Section Systèmes Agricoles, Centre wallon de Recherche Agronomique, Rue de Serpont 100, 6800 Libramont, Belgique

RESUME – Différents modes d'élevage de génisses Blanc Bleu Belge et de gestion des fumiers produits ont été comparés en station expérimentale pour leurs émissions de gaz à effet de serre (GES, CH₄ et N₂O) et de NH₃. Deux types de stabulations équipées d'une ventilation forcée (stabulations entravée et libre), deux niveaux de paillage (plus ou moins important) et deux modes de gestion des fumiers (stockage en tas ou compostage) ont été étudiés. Pendant la période de stabulation hivernale, il a été observé que les émissions de GES sont moindres (-22 %) en stabulation entravée (stockage hivernal des engrais de ferme inclus) qu'en stabulation libre. Les quantités de paille appliquées n'ont pas eu d'effet marqué sur les productions de GES dans les bâtiments. Le compostage diminue les émissions de GES du fumier provenant des stabulations libres mais pas pour le fumier provenant des stabulations entravées.

CH₄, CO₂, N₂O and NH₃ emissions from barns and during solid manure storage of Belgian Blue White heifers

MATHOT M. (1), DECRUYENAERE V. (2), LAMBERT R. (1), STILMANT (D). (2)

(1) Centre de Michamps, Université catholique de Louvain, Horritine 1, 6600 Bastogne, Belgique

SUMMARY – Several cattle raising and manure management systems were compared for their greenhouse gases (GHG; CH₄ and N₂O) and ammonia emissions. Two barn types (free and tying stall), two straw supply levels (low and high) and two stored manure managements (composted or not) were studied. During the winter, it was observed that the tying stall emitted less GHG (CH₄ and N₂O, -22%) than the free stalls. The amount of straw supplied did not show a clear effect on GHG emission in barns. During storage of solid manure, composting decreased GHG emission from free stall manure but had no effect on GHG emission from tying stall solid manure.

INTRODUCTION

En région wallonne (Belgique) 9 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) et 25 % des émissions de gaz acidifiants sont d'origine agricole (Ceew, 2005) et l'élevage bovin en est la source majeure. Plus de 90 % de l'azote organique produit en élevage provient des bovins. Une partie est émise pendant la période de pâturage. L'azote organique produit pendant la période de stabulation, principalement sous forme de fumier en région wallonne (> 73 % de l'azote contenu dans les engrais de ferme), doit être stocké et peut faire l'objet de traitements visant à réduire les émissions gazeuses. Dans le but de réduire l'impact de l'activité agricole sur le milieu, il est dès lors primordial de développer des méthodes de production et de gestion des fumiers permettant de minimiser les émissions gazeuses. Peu de recherches ont été réalisées afin de vérifier et / ou d'adapter les facteurs d'émissions de GES et d'ammoniac aux conditions d'exploitations rencontrées en région wallonne. Les émissions liées à la fermentation entérique utilisées pour l'inventaire national sont calculées via la méthode proposée par l'IPCC, soit pour des génisses, 48 kg de CH₄ par tête et par an (IPCC, 1997). Les émissions par les engrais de ferme sont estimées grâce une méthode développée en Belgique (Siterem, 2001). Elles sont de 5,18 kg éq CO₂ / tête / an pour du bétail non laitier. Ce programme de recherche a pour objectif de mesurer les émissions (CH₄ et N₂O) de GES et d'ammoniac en étable et lors du stockage des engrais de fermes dans des situations fréquemment rencontrées en région wallonne. Il étudie l'impact du type de stabulation (libre ou entravée), de la quantité de paille utilisée et finalement du compostage des fumiers produits.

1. MATERIEL ET METHODES

Durant les hivers 2005-2006 et 2006-2007 on a suivi trois lots de quatre génisses Blanc Bleu Belge (BBB) en stabulation paillées quotidiennement. Le fumier produit était accumulé durant toute la période d'essai sous les animaux en stabulation libre ou évacué quotidiennement (couloir de raclage) et stocké à l'extérieur en stabulation entravée. Après la sortie des animaux, les fumiers des stabulations libres sont évacués. A ce moment, tous les tas de fumier sont divisés en deux pour comparer les émissions gazeuses lors du stockage avec ou sans compostage (tableau 3).

1.1. L'ETABLE

Deux stabulations libres (SL) et une stabulation entravée (SE) pouvant accueillir chacune quatre animaux ont été équipées de systèmes de ventilation forcée avec mesure et régulation automatique des débits (Fancom S.A., Exavent®) et mesure de la température de l'air. Les deux stabulations libres ont été paillées différemment chaque hiver (tableau 1). La ration (environ 8,8 kg / animal / j) était apportée le matin une fois par jour. Elle était composée de préfané (72 %), d'épeautre (5 %) et de luzerne (23 %) en 2005-2006. En 2006-2007 il n'y a pas eu d'apport de luzerne mais de 75 % de préfané. On a procédé à une rotation des lots d'animaux de façon à ce que ceux-ci passent une période équivalente dans chacune des stabulations. Lors de ces rotations les animaux sont pesés. Les poids moyens par lot et par étable sont repris dans le tableau 1. Durant les hivers 2005-2006 et 2006-2007, les animaux sont restés en étables durant respectivement 94 et 125 jours.

Tableau 1 : Modalités de paillage, poids moyens des animaux et production de fumier durant les hivers.

Modalité	Paillage		Poids moyen		Fumier produit	
	(kg / 100 kg pv / j)	05-06	06-07	(kg de pv / animal)	05-06	06-07
SEP1	/	0,08	/	314	3,7	3,7
SEP2	0,21	0,17	332	303	3,9	3,4
SLP1	0,56	0,67	332	305	4,6	5,4
SLP2	0,91	1,30	330	309	4,7	5,3

SE = stabulation entravée, SL = stabulation libre, P1 = paillage faible, P2 = paillage élevé. 100 kg pv = cent kilos de poids vif animal.

1.2. LE STOCKAGE AVEC OU SANS COMPOSTAGE

Après la sortie des animaux au printemps les fumiers des stabulations libres ont été évacués à l'extérieur. Environ 3 t de chaque type de fumier ont été compostées ou stockées en tas sans compostage (tableau 3) sauf en 2007 où il n'y a pas eu de compostage des fumiers provenant de la stabulation entravée. Le compostage consiste en un passage du fumier dans un épandeur à axes horizontaux fonctionnant en poste fixe. Les fumiers ont été stockés durant 134 jours en 2006 et 80 jours en 2007. Les caractéristiques des fumiers en début d'essai de stockage sont indiquées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Analyse (moyenne et (écart type), en kg / t, n=8) des engrais (kg / t) de ferme en début d'essai de stockage estival.

Modalité	2005-2006			2006-2007		
	MS	C / N	N	MS	C / N	N
SEP1	/	/	/	170 (14)	15,1 (1,7)	5,5 (0,5)
SEP2	148 (4,4)	17,1 (0,5)	4,1 (0,1)	156 (12)	14,3 (1,8)	5,5 (0,8)
SLP1	239 (8,22)	18,3 (1,6)	6,3 (0,5)	247 (12)	16,5 (1,5)	7,2 (0,7)
SLP2	255 (10,12)	18,6 (1,7)	6,6 (0,8)	271 (15)	20,0 (2,5)	6,7 (1,1)

MS : matière sèche à 105°C. C : teneur en carbone (perte au feu à 550°C). N : teneur en azote Kjeldahl sur frais.

1.3. L'ESTIMATION DES EMISSIONS

En étable, durant les deux hivers, on a mesuré les émissions durant quatre jours consécutifs deux à quatre fois par mois selon la technique de la chambre dynamique. Les concentrations en gaz de l'air sont mesurées à l'extérieur, avant de rentrer dans l'étable, ainsi qu'à la sortie de chaque étable, à proximité du ventilateur d'extraction. Deux à trois fois par heure, de l'air est prélevé aux différents points de mesures à l'aide d'un échantillonneur multicanaux (1319, Innova) et les concentrations en N₂O, CH₄, CO₂, NH₃ et H₂O sont mesurées par un analyseur photo-acoustique (1312, Innova). Les émissions, au niveau de chaque étable, sont calculées par la différence des concentrations moyennes entre l'entrée et la sortie d'air multipliée par le débit moyen mesuré par période d'une heure. Les émissions journalières sont calculées en réalisant la somme des émissions des 24 heures d'une journée.

Les émissions gazeuses des tas sont estimées à l'aide de la technique de la chambre statique. Chaque tas de fumier est couvert entièrement avec une chambre fermée sans brassage d'air dans laquelle on mesure l'accroissement de concentration de gaz de l'air libre durant sept à dix minutes.

Cette opération est répétée trois fois consécutivement avec ouverture de la cellule entre les périodes de mesure. Les mesures sont répétées tous les deux à trois jours (pics d'émissions) en début d'expérimentation et elles sont ensuite plus espacées (une à deux semaines) lorsque les émissions se stabilisent. Le volume de l'air libre est calculé par différences entre le volume de la cellule et le volume du tas. Ce volume est estimé sur base de sa surface et de mesures de hauteur en différents points référencés (10 points / m²). Les émissions de gaz des fumiers de la stabulation entravée stockés en hiver à l'extérieur ont été mesurées durant l'hiver 2006-2007 et extrapolées à 2005-2006.

Les émissions de GES (N₂O + CH₄) sont exprimées en kg d'équivalent CO₂ en utilisant un facteur de conversion de 21 pour le CH₄ et de 310 pour le N₂O.

Toutes les valeurs sont exprimées par rapport au poids vif des animaux (100 kg de poids vif (pv)). Les valeurs manquantes entre deux mesures sont calculées par intégration entre les mesures.

Les analyses statistiques sont réalisées selon un modèle mixte avec comme facteur fixe, le traitement (paillage et type d'étable), et comme facteur aléatoire la période de mesure. Pour chaque période de mesure il y a trois ou quatre répétitions. Les traitements sont comparés deux à deux selon la méthode de Tukey (Systat 8.0).

Tableau 3 : Postes suivis lors des deux années d'expériences pour leurs émissions de gaz à effet de serre. Les sections grisées indiquent les périodes et les modalités pour lesquelles on a procédé à des mesures d'émission de gaz.

	Hiver		Printemps-été
	Etable	Stockage extérieur	Stockage extérieur
2005-2006	SEP2	SEP2 TQ	SEP2 TQ SEP2 C
	SLP1		SLP1 TQ SLP1 C
	SLP2		SLP2 TQ SLP2 C
2006-2007	SEP1	SEP1 TQ	SEP1 TQ
	SEP2	SEP2 TQ	SEP2 TQ
	SLP1		SLP1 TQ SLP1 C
	SLP2		SLP2 TQ SLP2 C

2. RESULTATS

2.1. LES EMISSIONS EN ETABLE

Les émissions de GES pendant la période de stabulation sont supérieures en stabulation libre avec accumulation de fumier sous les animaux par rapport aux émissions en stabulation entravée ($p < 0,05$) en ce y compris les émissions du fumier évacué quotidiennement et stocké à l'extérieur (tableau 4). En stabulations libres, les émissions de GES augmentent avec le temps tout comme les émissions de CH₄ (figure 1). Les émissions de méthanes comptent pour plus de 98 % des émissions de GES. Elles proviennent de la fermentation entérique et de la dégradation des matières organiques stockées sous les animaux. En 2005-2006 un paillage plus élevé a augmenté les émissions de GES en SL.

Tableau 4 : Emission moyennes (kg eq CO₂ / 100kg pv / j) de CH₄ et de N₂O en étable et durant le stockage des engrais de ferme. Les émissions du fumier des stabulations entravées durant la période hivernale sont incluses dans les émissions en étable.

Modalité	Etable		Stockage estival	
	2005-2006	2006-2007	2005-2006	2006-2007
SEP1TQ	/	1,00 a	/	0,072
SEP2TQ	1,04 a	0,98 a	0,067	0,058
SEP2C	/	/	0,077	/
SLP1TQ	1,26 b	1,28 b	0,080	0,100
SLP1C	/	/	0,052	0,046
SLP2TQ	1,37 c	1,26 b	0,075	0,075
SLP2C	/	/	0,051	0,072

SE = stabulation entravée, SL = stabulation libre, P1= paillage faible, P2 = paillage élevé. 100 kg PV = cent kilos de poids vif animal. TQ = fumier stocké en tas tel que, C = fumier composté.

Figure 1 : Accroissement des émissions de GES (CH₄ + N₂O) en étable durant l'hiver 2006-2007

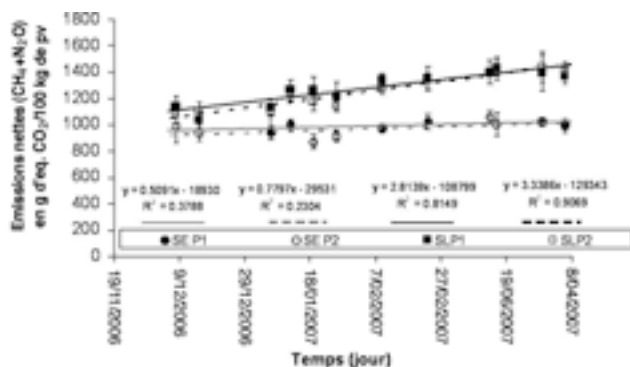
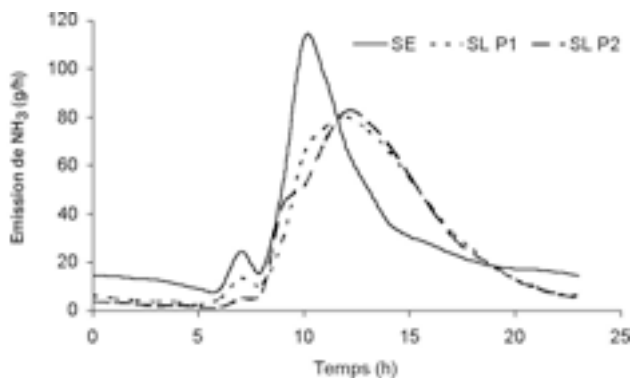


Figure 2 : Cycle quotidien d'émission du NH₃ en étable durant l'hiver 2006-2007. Valeurs moyennes de 29 jours de mesure.



On n'a pas observé d'effets significatifs des traitements sur les émissions de NH₃. Cependant on a constaté que les émissions quotidiennes de NH₃ étaient cycliques (figure 2). Les émissions sont maximales quelques heures après l'affouragement (entre 7 et 11 h 00). Les quantités mesurées sont similaires à la quantité d'azote présente sous forme d'ammonium dans les ensilages. Cependant il y a plusieurs sources potentielles de NH₃ : l'ensilage qui contient du NH₃ mais également l'activité des animaux qui augmente lors de leur alimentation et qui accroît les déjections et l'agitation des matières organiques présentes sous eux durant leurs mouvements. Toutefois, hors pic d'émissions, entre 20 h 00 et 5 h 00, on a constaté que les émissions de NH₃ sont supérieures en stabulation entravée. Les valeurs d'émissions considérées sont cependant largement inférieures aux émissions observées juste après l'affouragement et dans les heures qui suivent.

2.2. LES EMISSIONS DURANT LE STOCKAGE

Les émissions totales de GES mesurées durant le stockage hivernal du fumier de la stabulation entravée sont très faibles quel que soit le niveau de paillage par rapport aux émissions en étables (< 1 %). Elles ne compensent pas la différence d'émission de GES observée en étable entre la stabulation entravée et les stabulations libres. Ces valeurs sont incluses dans le tableau 4 au poste émissions en étables.

Lors du stockage des engrais de ferme durant la période printemps / été, la part des émissions de N₂O dans les émissions de GES devient importante. Elle représente, en moyenne, 13 % des émissions de GES des engrais de ferme issus des stabulations entravées et 43 % de ces dernières pour les fumiers des stabulations libres. Durant cette même période, les cinétiques d'émission de GES sont différentes entre les fumiers de SL (compostés et non compostés) et les fumiers de SE. Les fumiers de SL émettent du méthane principalement en début de stockage (50 % des émissions après 23 jours en moyenne) alors que les fumiers de SE ont tendance à avoir des émissions accrues plus tard durant le stockage (50 % après 42 jours).

Dans trois cas sur quatre le compostage a diminué nettement les émissions de GES pour les fumiers de SL. Ce n'est pas le cas pour les fumiers de SE. En moyenne, les émissions de GES des fumiers compostés issus des stabulations libres (0,055 kg eq CO₂ / 100 kg pv / j) sont inférieures aux émissions des fumiers des stabulations entravées (0,069 kg eq CO₂ / 100 kg pv / j) qui sont elles mêmes inférieures aux émissions des fumiers de stabulations libres stockés tels que (0,083 kg eq CO₂ / 100 kg pv / j).

Etant donné quelques difficultés rencontrées lors de la mesure du NH₃ durant le stockage on n'a pas pu estimer les émissions de NH₃ relatives à ce poste.

L'émission totale réelle moyenne était, pour un mode d'élevage en SE avec stockage des engrais de ferme, tous traitements confondus (paillage et compostage), d'environ 120 kg eq CO₂ / 100 kg pv. Cette valeur était d'environ 150 kg eq CO₂ / 100 kg pv pour les stabulations libres. Le compostage permet en moyenne de diminuer les émissions de GES de 1 %.

3. DISCUSSION

Au cours des deux années d'expérimentation, il a été observé que les émissions de GES en étables sont inférieures en stabulation entravée par rapport aux émissions en stabulation libre avec accumulation de litière.

Le surplus observé en stabulation libre, étant donné que les animaux sont de même gabarit et reçoivent une alimentation identique, provient certainement des engrais de ferme stockés sous les animaux. Ce point est confirmé par la mesure d'émissions gazeuses similaire à la différence entre les émissions en stabulation libre et en stabulation entravée lorsque seul le fumier est présent dans les étables, après la sortie des animaux (avant le début de l'essai de stockage, données non présentées). De plus, tout comme le volume de fumier présent sous les animaux, les émissions de gaz rapportées au poids des animaux sont stables en stabulation entravée alors qu'elles sont croissantes en stabulation libre (figure 1). Finalement, les émissions mentionnées pour les stabulations entravées sont un peu supérieures à celles issues de la fermentation entérique des animaux calculées selon la méthode proposée par Giger-Reverdin (2000) soit 0,9 kg eq CO₂ / 100 kg pv / j et à la valeur utilisée actuellement dans l'inventaire national d'émission (0,86 kg eq CO₂ / 100 kg pv / j).

Les émissions de GES du fumier stocké sous les animaux en stabulation libre sont dès lors estimées par différence entre les émissions en stabulation libre et en stabulation entravée et équivalent à 22 % des émissions de GES émises en stabulation libre, soit en moyenne 0,29 kg eq CO₂ / 100 kg pv / j). Ce surplus d'émission de GES est nettement supérieur aux émissions observées lors du stockage extérieur des engrais de ferme de la stabulation entravée. Il montre clairement l'importance de la gestion des effluents sous les animaux dans ce type d'étable. Une gestion du fumier moins anaérobie produirait vraisemblablement moins de méthane. Le surplus d'émissions généré par le stockage en étable peut trouver son origine dans plusieurs facteurs dont le type de fumier et les conditions de stockage. D'une part le fumier stocké sous les animaux en stabulation libre est plus riche en matière organique *via* l'apport supérieur de paille. Il est également stocké dans des conditions différentes notamment de température et d'humidité. Durant l'hiver 2006-2007 on a procédé à des mesures de températures dans les tas de fumier des stabulations libres. Elles étaient en moyenne de 20,5°C et 30,3°C dans les fumiers de respectivement de SLP1 et SLP2 alors que les fumiers stockés à l'extérieur (SE) avaient une température proche de celle de l'air. La température moyenne dans les étables était supérieure (SE : 6,3°C, SLP1 : 6,8°C et SLP2 : 7,2°C) à celle de l'extérieur (2,5°C) durant les périodes de mesures. Etant donné que les fumiers sous les animaux sont compressés (densité d'environ 0,9 et 0,7 t / m³ pour respectivement SLP1 et SLP2) et ont une température plus élevée, les processus microbiologiques de dégradation du fumier dont la méthanisation sont positivement influencés en comparaison à ce qui se passe dans les fumiers stockés à l'extérieur. Les résultats présentés ci-dessus concernant les stabulations libres ne peuvent toutefois pas être généralisés à toutes les étables en stabulations libres paillées étant donné que dans de nombreux cas le fumier est vidé plus fréquemment que dans cette expérience.

En ce qui concerne les émissions de NH₃ en étable il semble que les émissions soient supérieures en stabulation entravée. Cependant l'interférence supposée de l'alimentation et sa variabilité ne permettent pas d'avoir d'informations suffisamment précises à ce propos.

Lors du stockage des engrais de ferme au printemps et en été, il apparaît que le compostage des fumiers issus des stabulations libres, c'est-à-dire les plus paillés, permet de diminuer les émissions de gaz à effet de serre. Le compostage n'a pas d'effet sur les fumiers des stabulations entravées étant donné le peu de paille ajouté qui implique un C / N plus faible et qui n'a pas d'effet structurant sur le tas (densité identique avant et après compostage). Les émissions moyennes observées sont les plus faibles pour des engrais de ferme compostés issu des stabulations libres.

Elles sont 25 % supérieures pour un fumier de stabulation entravée et 51 % supérieure pour un fumier de stabulation libre non composté. L'effet positif du compostage sur des litières paillées a déjà été observé à des taux plus ou moins marqués (ex : réduction de 7 à 78 % par rapport à un fumier non composté, Amon *et al.*, 2001) en fonction des conditions de stockage (t°, aération). Il est toutefois notable que le poids relatif des différents postes (étable et stockage) est fonction de la durée de chacun d'entre eux et que la part moyenne des émissions relative au stockage est relativement faible : 5 % en moyenne. Un effort sur ce poste *via* notamment le compostage a donc des effets relativement limités sur les émissions totales de GES.

CONCLUSION

Plusieurs systèmes d'élevage de bovins sur litière paillée ont été comparés. En étable, une différence de 20 % a été observée et, lors du stockage des fumiers, des effets positifs du compostage ont été constatés. Ces différences observées en station expérimentale montre que les pratiques d'élevage ont un réel impact sur les émissions de GES. Il est donc important d'une part de mieux connaître les émissions dans les élevages commerciaux et, d'autre part, de développer les recherches pour pouvoir proposer les améliorations techniques permettant de réduire les émissions de GES.

Nous remercions l'ensemble du personnel technique du CRAW-SSA et du centre de Michamps qui a collaboré à la réalisation de cette étude ainsi que la Direction Générale de l'Agriculture de la région Wallonne pour son soutien financier.

Amon B., Amon Th., Boxberger J., Alt Ch., 2001. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 60, 103-113

Cellule Etat Environnement Wallon (CEEW), 2005. Rapport sur l'état de l'environnement wallon. Tableau de bord de l'environnement wallon 2004. Ministère de la région wallonne, DGRNE, Namur, 158 p.

Giger-Reverdin S., Sauvart D. Vermorel M., Jouany J.P., 2000. *Renc. Rech. Ruminant.*, 7, 187-190

IPCC, 1997. *IPCC Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol. 3, Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. IPCC WGI Technical Support Unit, Hadley Centre, Meteorological Office, Bracknell.*

Siterem, 2001. Estimation des émissions dans l'air de CH₄, NH₃ et N₂O par le secteur agricole en région wallonne. Rapport final demandé par le ministère de la région wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement.