

**CARACTÉRISATION DES SOURCES D'ÉMISSIONS DE GES D'UNE STRUCTURE
D'ENTREPOSAGE DU LISIER DE PORC AVEC COUVERTURE ET SYSTÈME DE TRAITEMENT DU
BIOGAZ**

16-GES-05

DURÉE DU PROJET : 04-2017 / 03-2019

RAPPORT FINAL

Réalisé par :
Ariane Lévesque, IRDA
Matthieu Girard, IRDA

Février 2019

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

TITRE DU PROJET :

CARACTÉRISATION DES SOURCES D'ÉMISSIONS DE GES D'UNE STRUCTURE D'ENTREPOSAGE
DU LISIER DE PORC AVEC COUVERTURE ET SYSTÈME DE TRAITEMENT DU BIOGAZ

NUMÉRO DU PROJET :

16-GES-05

RÉSUMÉ DU PROJET

L'entreposage du lisier est une source importante de méthane (CH₄), un puissant gaz à effet de serre (GES). En vue de réduire les GES, les structures d'entreposage peuvent être couvertes et munies d'un système de traitement du biogaz. Toutefois, il est possible que certaines opérations de gestion du lisier engendrent des fuites de GES dans l'environnement. Suivant leur importance, ces émissions fugitives pourraient remettre en question la pertinence d'un entreposage étanche muni d'un système de traitement, à moins de correctifs visant à les réduire significativement. L'objectif principal du projet est donc de documenter ces émissions afin de valider la pertinence de telles mesures.

Une caractérisation des émissions de GES de trois structures d'entreposage (deux avec couverture de béton et une avec toile flottante), toutes munies d'un biofiltre (volet 1), a été réalisée durant 2 ans, d'environ mai à novembre 2017 et 2018. L'effet de l'ouverture de porte et de la vitesse du vent sur les pertes de GES (volet 2) devait être évalué, mais la méthode in-situ prévue n'a pu être appliquée pour des raisons techniques. Afin d'étudier l'impact du brassage du lisier sur les émissions (volet 3), un essai en laboratoire a d'abord été réalisé à l'hiver 2017 afin de planifier les essais terrains effectués au printemps et à l'automne 2018.

Les résultats obtenus viennent agrémenter les connaissances actuelles sur les émissions de GES entourant la gestion du lisier (entreposage et traitement). Ils offrent un aperçu de l'importance des émissions fugitives et révèlent certaines limites de la biofiltration.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Ce projet vise à documenter l'ensemble des sources d'émissions de GES (CH₄, CO₂, N₂O et NH₃) entourant l'entreposage du lisier et l'opération d'un système de traitement des biogaz générés. L'étude porte sur trois sources potentielles d'émissions de GES : 1) système de traitement du biogaz, 2) ouverture de la porte d'une fosse étanche, et 3) brassage du lisier. Deux producteurs ayant des structures d'entreposage du lisier avec couverture munies d'un biofiltre sur leur ferme ont acceptés d'être partenaire du projet. Le site 1 (St-Narcisse-de-Beaurivage, Québec) comporte deux fosses avec couverture bétonnée (fosses GFb de 3716 m³ et PFb de 1708 m³) tandis que le site 2 (St-Elzéar, Québec) est équipé d'une fosse avec toiture flottante (fosse TGFp de 5560 m³), chacune étant munies d'un biofiltre. La campagne de suivi s'est déroulée d'environ mai à novembre de chaque année (2017 et 2018).

Dans le cadre du volet 1, en vue de caractériser les émissions de GES des structures d'entreposage, les conditions d'opération (débit, pression, température, etc.) mesurées avec un anémomètre à fil chaud (KIMO AMI310) et la concentration des gaz à la sortie des fosses et des biofiltres, en plus de l'air ambiant, ont été échantillonnés une à deux fois par semaine. Tous les points de mesures ont été sélectionnés en respect des distances prescrites par la norme ASHRAE 41.2-1987(RA92). Les gaz ont été prélevés avec une seringue (20 mL) et conservés dans des fioles sous vide pour être analysés avec un chromatographe à phase gazeuse équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID pour CO₂ et CH₄) et à capture d'électrons (ECD pour le N₂O) (Agilent 6890 et Varian 3600) dans un délai de 24h. Aussi, le NH₃ a été capté par bullage (1 L/min) dans l'acide sulfurique (0,1N) sur des périodes de 1 semaine, seulement pour la fosse GFb. En plus de mesurer le niveau de lisier dans les fosses et sa température, des échantillons composites (500 mL) ont été prélevés aux deux semaines aux fins de caractérisation par le Laboratoire d'analyses agroenvironnementales de l'IRDA (pH, ST, STV, NTK, N-NH₄, P, K, Ca, Mg, Na).

Pour le volet 2, une étude de faisabilité approfondie a permis de démontrer la difficulté de mesurer de manière contrôlée l'effet de tirage thermique engendré par le vent à la surface de l'ouverture de la porte par une méthode in-situ tel que prévu initialement. Cette approche est détaillée en annexe.

Au volet 3, un test à échelle réduite de brassage du lisier a été ajouté au protocole à l'hiver 2017 afin de mieux comprendre les phénomènes et de bien planifier les essais terrain de 2018. Ces tests ont été effectués sur trois réservoirs de 1000 L étanches avec un soutirage d'air constant pour simuler une structure d'entreposage couverte et munie d'un biofiltre. Les conditions d'opération et les émissions de GES (CO₂, CH₄) ont été mesurées en continu (aux 15 min.) quelques jours avant, pendant (3-5h) et après l'opération de brassage avec un méthodologie similaire à celle du volet 1. La méthode éprouvée a ensuite été appliquée au printemps et à l'automne 2018 sur la fosse GFb. À chaque saison, un premier brassage avec porte fermée (tel qu'en laboratoire) a été réalisé par l'équipe de recherche, suivi quelques jours après d'un brassage avec porte ouverte par le producteur (tel qu'à l'habitude). Afin de rapporter les résultats sur une base comparable, un test de potentiel de biométhanisation (PBM) du lisier a été développé à partir des principales méthodes reconnues de la littérature. Le PBM du lisier prélevé (avant et après brassage) a été analysé en triplicata et comparé à celui d'un standard (Cellulose microcristalline, Sigma-Aldrich) pour contrôle de qualité.

RÉSULTATS NOTABLES OBTENUS

Seuls les résultats de la fosse GFb du site 1 en 2018 sont présentés pour une analyse complète répondant aux objectifs du projet. Tous les autres résultats sont disponibles en annexe.

Volet 1 : Caractérisation des émissions des fosses et efficacité des biofiltres

Un portrait des émissions de la fosse est présenté à la Figure 1. Au fil de l'année, la part des GES attribuable au méthane s'accroît, sans doute dû à une amélioration progressive des conditions favorables à la biométhanisation du lisier dans la fosse : réveil de l'activité bactérienne post-hivernage, hausse des températures moyennes, apport périodique de lisier frais, temps de résidence croissant, etc. Le ratio $\text{CO}_2\text{-CH}_4$ initial de 68-31% s'inverse alors complètement, alors que la part du N_2O reste négligeable. Suite aux brassages, le taux d'émission diminue. Une fois la fosse vidée pour l'épandage d'automne, les émissions deviennent négligeables. En considérant les principaux gaz (CO_2 , CH_4 et N_2O) et leur potentiel de réchauffement global respectif par rapport au CO_2 (1x, 25x et 298x; IPCC, 2014), il a été mesuré à la fosse une émission totale cumulée de 57 t. CO_2 éq.

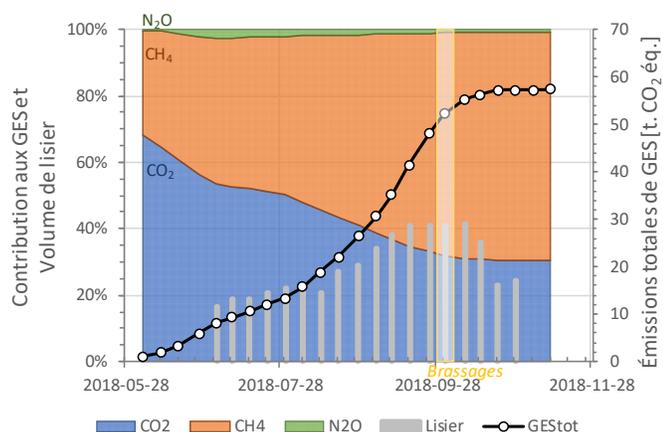


Figure 1: Portrait des émissions de GES d'une structure d'entreposage couverte (site GFb, An 2)

L'efficacité du biofiltre à traiter le méthane est présentée à la Figure 2. La hausse graduelle de la charge en CH_4 à l'entrée du système ne semble pas avoir eu de répercussions négatives sur ses performances qui restent plutôt faibles tout au long de l'année ($8 \pm 9\%$). La capacité du système semble limitée à une faible charge ($< 10 \text{ g CH}_4/\text{m}^3/\text{jour}$; ex.: lorsque la fosse est vidée), ce qui permet d'atteindre une meilleure efficacité (jusqu'à $\approx 30\%$)¹. À noter que le temps de résidence de l'air (EBRT : « empty-bed residence time »), présenté à titre indicatif, a été estimé selon l'hypothèse que 75% du volume du système est utile au traitement. De plus, il a été observé lors de la mesure des débits d'air qu'il y a une importante infiltration d'air ambiant dans le biofiltre, ce qui engendre une dilution non négligeable de l'air à traiter ($\approx 70\%$). Ainsi, il serait erroné de se baser uniquement sur les concentrations pour déterminer l'efficacité du système car elle serait alors de $72 \pm 6\%$.

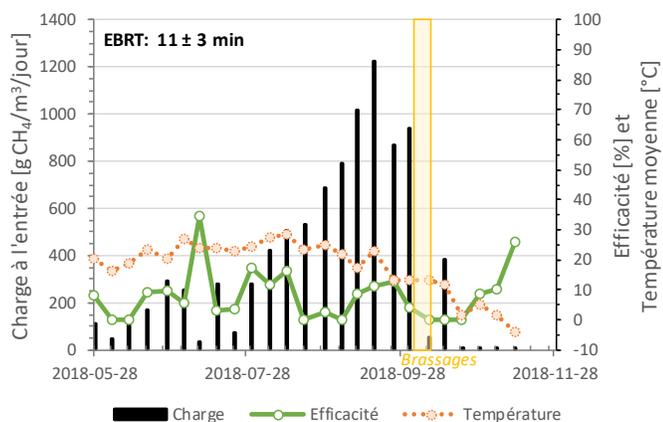


Figure 2: Traitement du méthane par un système de biofiltration (site GFb, An 2)

¹ À titre comparatif, dans une étude précédente de Girard et Lévesque (2017), deux biofiltres opérant à un EBRT de 9 min et soumis à une charge 100 à 1000 x plus importante ont démontrés des performances moyennes de 28 et 37 % et pouvant aller jusqu'à 76%. À l'échelle laboratoire, des performances de plus de 95 % ont déjà été obtenus avec un EBRT de 15 minutes (Nikiema, 2008).

Comme le biofiltre ne traite pas adéquatement le méthane, une analyse des émissions azotées (NH_3 et N_2O) a été effectuée et est présentée à la Figure 3. Ainsi, le système semble plutôt spécialisé dans le traitement de l'ammoniaque avec une bonne performance, quoique variable, de l'ordre de $78 \pm 15\%$ (Fig.3a). La capacité du système semble limitée à une faible charge ($< 700 \text{ mg N-NH}_4/\text{m}^3/\text{jour}$; ex. : lorsque la fosse est vidée), ce qui permet d'atteindre une meilleure efficacité ($> 80\%$) et ainsi de limiter la production de N_2O par une nitrification plus complète (Fig.3a). Globalement, alors qu'on observe une réduction totale d'environ 4600 g N-NH_3 , il y a production de près de $150 \text{ g N-N}_2\text{O}$ à la sortie du système (Fig.3b) qui s'ajoutent aux émissions de GES. Même en considérant le potentiel de déposition de l'ammoniaque au sol à engendrer des émissions indirectes de N_2O (EF : « *emission factor* » de 0.01; GIEC, 2006), on constate que l'opération du biofiltre sous ces conditions offre un bilan négatif de GES en générant $0,08 \text{ t. CO}_2\text{éq.}$ sous forme de N_2O (Fig.3c). Ainsi, le traitement du NH_3 tend à augmenter les GES émis. À noter que, en l'absence de mesure pour tenir compte de l'infiltration d'air ambiant observée au biofiltre, une concentration de $0,02 \text{ mg NH}_3/\text{m}^3$ représentative de l'air entourant les bâtiments porcins (Larios et al., 2018) a été utilisée.

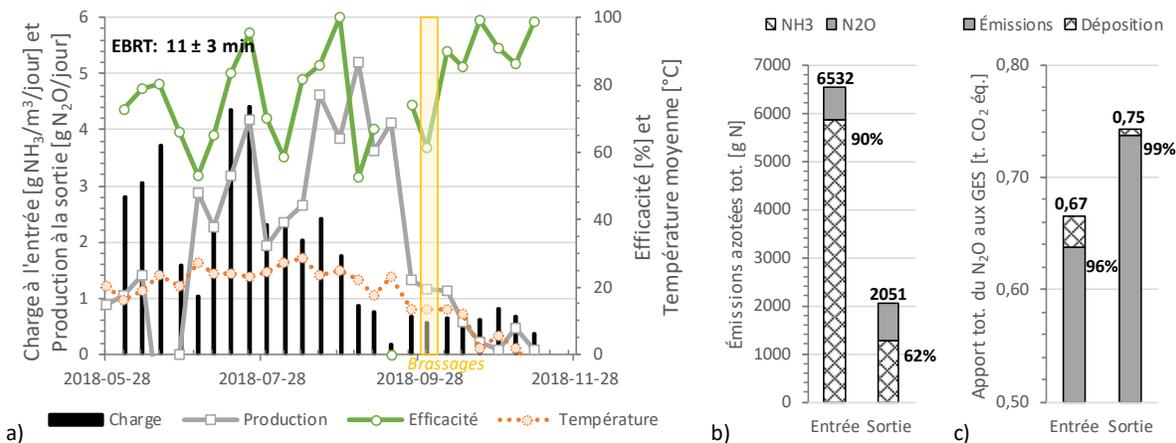


Figure 3: Portrait des émissions azotées au biofiltre : ammoniaque (NH_3) et protoxyde d'azote (N_2O). a) Traitement du NH_3 (site GFb, An 2), b) Bilan des émissions totales de NH_3 et N_2O , et c) Impact sur les GES des émissions directes et indirectes de N_2O .

Le bilan complet de l'impact du biofiltre sur les émissions de GES est présenté à la Figure 4. Puisque le système traite davantage l'ammoniaque que le méthane, ce qui engendre des émissions de protoxyde d'azote supplémentaire, on observe globalement à peine 1 % de réduction des GES. Un véritable impact pourrait ainsi être observé si le biofiltre traitait le méthane plutôt que l'ammoniaque : en supposant une efficacité de 70% du CH_4 , on pourrait s'attendre à une réduction globale de 45% des GES. Toutefois, même avec un traitement complet du méthane, le potentiel de réduction serait de 65% attribuable aux CO_2 et N_2O résiduels.

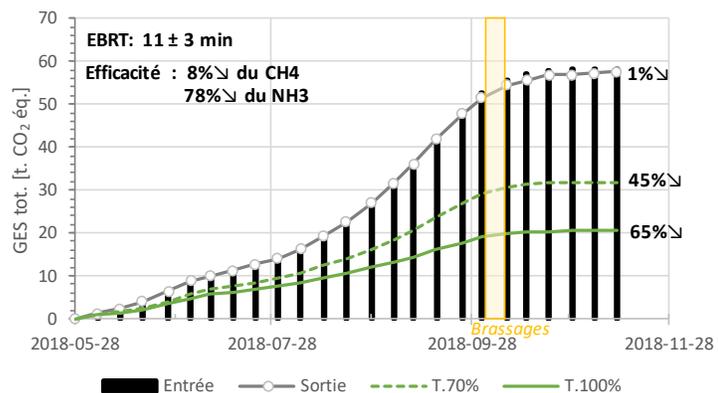


Figure 4 : Impact d'un système de traitement du méthane sur le bilan complet des GES (site GFb, An 2)

Volet 2 : Ouverture de porte et effet de vent

Ce volet n'a pu être évalué sur le terrain (voir l'analyse en annexe). Toutefois, si le tirage thermique et l'effet venturi du vent combinés est supérieur au soutirage du biofiltre, alors l'émission maximale serait équivalente à la vidange du plénum d'air de la fosse (voir volet 3).

Volet 3 : Brassage du lisier pré-épandage

Les émissions lors du brassage ont été comparées au bruit de fond des concentrations mesurées avant (conditions initiales) et après l'opération (conditions finales) à titre de base comparative. Ainsi, le brassage avec porte fermée (Fig.5a) a permis d'observer une hausse des concentrations (CO₂ et CH₄) qui se traduit par un dégazage des GES contenus dans le lisier s'accumulant dans le plénum d'air sous la toiture de la fosse jusqu'à être pris en charge par le biofiltre. Lors du brassage avec porte ouverte (Fig.5b), l'ensemble des gaz s'est échappé par l'ouverture.

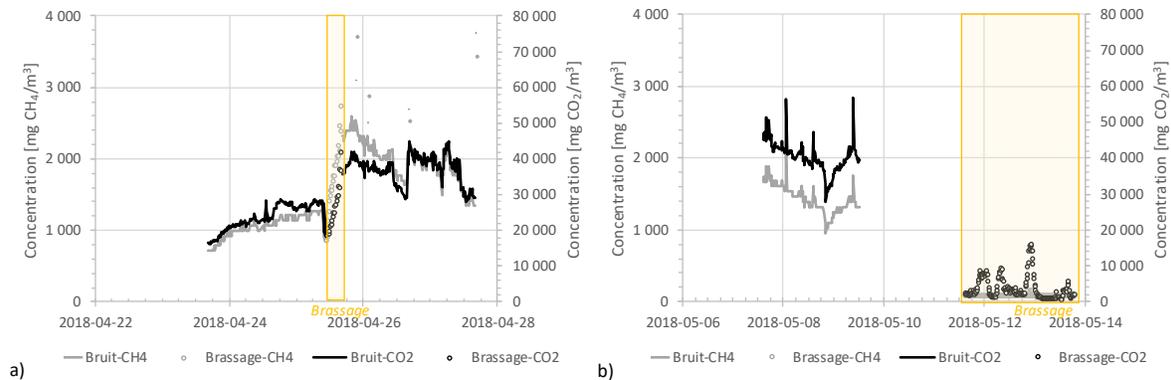


Figure 5: Profil de concentration lors du brassage (GF, An2), a) avec porte fermée et b) avec porte ouverte.

Ainsi, les émissions fugitives associées au brassage sous conditions habituelles (porte ouverte) seraient celles contenues initialement dans le plénum en plus du dégazage occasionné. Ces résultats étant affectés par les tests précédents avec porte fermée sont montrés à titre indicatif seulement (Tableau 1). Avec des concentrations plus élevées, l'impact du brassage à l'automne serait plus important (1 519 vs 114 kg CO₂ éq. avec porte fermée).

Tableau 1: Émissions fugitives (pertes potentielles) de GES (CO₂ et CH₄) durant les brassages (GFb, An 2) de printemps et d'automne 2018 sous conditions de porte ouverte et fermée

Tests de brassage (2018)		Printemps		Automne	
		Fermée 25 avr. 2018	Ouverte 11-13 mai 2018	Fermée 2 oct. 2018	Ouverte 8-9 oct. 2018
Durée	[h]	5	52	3	17
Volume de plénum	[m ³]	NA ¹	NA ¹	2 193	2 168
Moyenne au plénum (CO ₂)	[mg/m ³]	23 761	40 221	75 100	40 703
Moyenne au plénum (CH ₄)	[mg/m ³]	1 064	1 426	23 761	8 556
Pertes du plénum	[kg CO ₂ éq.]	94	141	1 468	552
Pertes de dégazage	[kg CO ₂ éq.]	20	NA	52	NA
Pertes totales potentielles ²	[kg CO ₂ éq.]	114	161	1 519	603

1. Capacité supposée de 50% de la fosse (1858 m³). A titre comparatif, la capacité maximale mesurée est de 42% à l'automne.

2. La perte au dégazage ne peut être mesurée avec la porte ouverte et est supposée équivalente à celle avec la porte fermée.

Par rapport aux estimations du GIEC (2006) pour 2000 places porc (Tableau 2), le bilan des émissions mesurées au site 1 à l'étude est bien inférieur, soit dû à la méthodologie du projet

ou à des conditions particulières d'élevage et de gestion des lisiers. Toutefois, les émissions fugitives au brassage restent négligeables par rapport à l'ensemble des émissions mesurées durant l'année à la sortie de la fosse ($\approx 1\%$).

Tableau 2: Émissions annuelles de méthane (mesurées vs estimées; GFb, An2)

Émissions totales [t. CH ₄ /an]			
Fosse	Brassage	Suivi total	GIEC (2006)
1,97	0,02	2	20

DIFFUSION DES RÉSULTATS

D'abord, le rapport final et une fiche synthèse résumant les éléments clés du projet seront diffusés sur le site web de l'IRDA (3 500 visiteurs par mois en moyenne), dans l'Agrosolutions Express, notre bulletin électronique mensuel (plus de 2 000 abonnés) ainsi que sur la page Facebook de l'Institut (2 130 abonnés). Aussi, une fiche technique basée sur les conclusions du projet regroupera une série de recommandations quant aux correctifs à apporter et aux pratiques agricoles à adopter pour réduire les émissions fugitives de GES lors d'opérations importantes entourant l'entreposage du lisier.

Puis, les résultats permettant d'agréments les connaissances quant à l'ensemble des émissions de GES entourant la gestion des lisiers et l'opération des biofiltres seront présentés lors du congrès annuel d'envergure internationale ACE 2019 de la « Air and Waste Management Association » regroupant plus de 500 professionnels et scientifiques du milieu réunis cet été à Québec. Ils pourront aussi être présentés lors d'un colloque tenu par l'AIAQ (Association des ingénieurs en agroalimentaire du Québec) et durant des journées portes ouvertes organisées par le MAPAQ ou l'IRDA afin de rejoindre les professionnels et producteurs locaux.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Ce projet a permis de mettre en perspective la pertinence d'un système de recouvrement des structures d'entreposage des déjections animales couplé à un système de traitement du biogaz et d'émettre des recommandations.

D'abord, l'utilisation d'un système de traitement reste pertinente pour réduire les GES dans l'optique où le traitement du méthane est adéquat. Dans le cas de la biofiltration, il est primordial de s'assurer que l'ammoniaque généré à la fosse n'altère pas la microflore et les capacités du système à traiter le méthane. Sinon, des systèmes thermiques peuvent être envisagés. De plus, pour valider la performance des systèmes mis en place, il est nécessaire de tenir compte à la fois de la concentration et du débit d'air aux entrées et sorties afin de s'assurer qu'il y a bien traitement et non simple dilution des contaminants.

Enfin, les émissions fugitives lors du brassage du lisier sont jugées négligeables par rapport aux émissions totales générées à la fosse. Toutefois, par soucis d'améliorer le bilan de GES à la ferme, il est recommandé de couvrir la porte lors d'un brassage à l'automne, car son impact serait plus important qu'au printemps. La recherche et l'industrie pourraient mettre à contribution leurs connaissances et expériences respectives afin de trouver des solutions applicables à la ferme pour 1) l'amélioration de l'opération d'un biofiltre traitant le méthane, 2) l'application d'un système de traitement thermique du biogaz et 3) la couverture étanche de la porte lors du brassage.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Pour toute information supplémentaire relativement au projet, veuillez contacter Matthieu Girard au (418) 643-2380 poste 670 ou par courriel à matthieu.girard@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé en vertu du volet 4 du programme Prime-Vert 2013-2018 et il a bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) par l'entremise du Fonds vert. Il a été réalisé en collaboration avec l'Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement (IRDA) par son soutien financier et technique.

Les auteurs tiennent à remercier particulièrement les producteurs partenaires des fermes R&R Fortin (St-Narcisse-de-Beaurivage, Qc) et Porcité inc. (St-Elzéar, Qc), ainsi que l'équipe technique de l'IRDA (Jérémy Gravel, Cédric Morin, René Paquet, Alain Gonthier, Harold Dusablon et Christian Gauthier) qui ont permis la conduite du projet avec succès.

RÉFÉRENCES

- GIEC - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC) (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use* (Chapters 10-11). [En ligne] <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Girard M., Lévesque A. (2017) *Traitement du méthane d'une structure d'entreposage du lisier avec couverture à l'aide de biofiltre à haute efficacité*. Rapport final (14-GES-09). IRDA. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation – Programme Fonds Vert. 9 pages.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Larios A.D., Chebana F., Godbout S., Brar S.K., Valera F., Palacios J.H., Avalos Ramirez A., Saldoval-Salas F., Larouche J.P., Medina-Hernandez D., Potvin L. (2018). *Analysis of atmospheric ammonia concentration from four sites in Quebec City region over 2010-2013*. Atmospheric Pollution Research. 9, 476-482.
- Nikiema J., 2008. Attenuation of greenhouse gas emissions by means of methane biofiltration: optimization of the operating parameters. Thèse de doctorat. Département de génie chimique, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Qc. Canada.

ANNEXE(S)

Volet 1 : Résultats comparatifs (3 fosses, 2 ans)

Le même constat a été observée d'une année à l'autre sur les trois systèmes de traitement par biofiltration étudiée, soit que l'efficacité à réduire le méthane est faible (< 21%) (Figure 6). Les biofiltres du site 1 (GFb et PFb) ont un temps de résidence similaire (EBRT : 9-12 min), alors que celui du site 2 (GFp) est nettement plus grand (EBRT > 30 min) avec une charge en méthane plus faible, sans toutefois qu'il n'y ait d'impact observable sur l'efficacité. Il est à noter que le suivi sur le site 2 a débuté seulement en octobre 2017, d'où des températures plus froides à l'an 1, et que plusieurs problèmes d'opération du biofiltre en question ont empêché un suivi aussi rigoureux que sur le site 1.

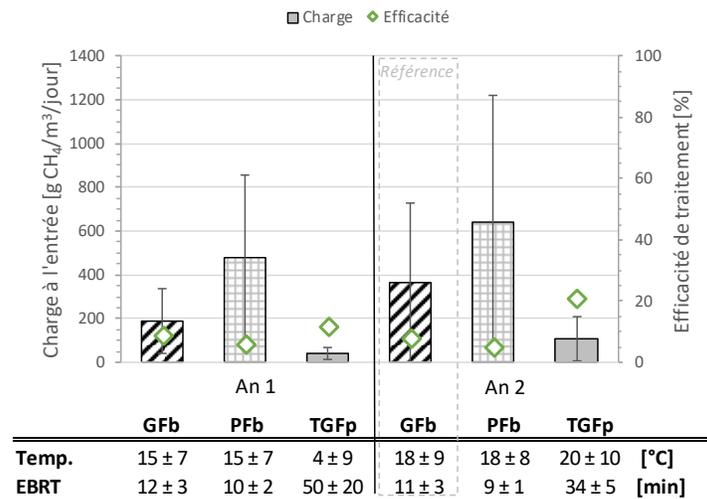


Figure 6: Traitement du méthane par un système de biofiltration : Comparaison de trois fosses (2017-2018)

La fosse GFb est favorable au traitement de l'ammoniaque d'une année à l'autre (Figure 7). Comme cette analyse n'a pas été effectuée sur les autres systèmes, il n'est pas possible de vérifier si c'est pour cette même raison que leur efficacité à traiter le méthane est faible.

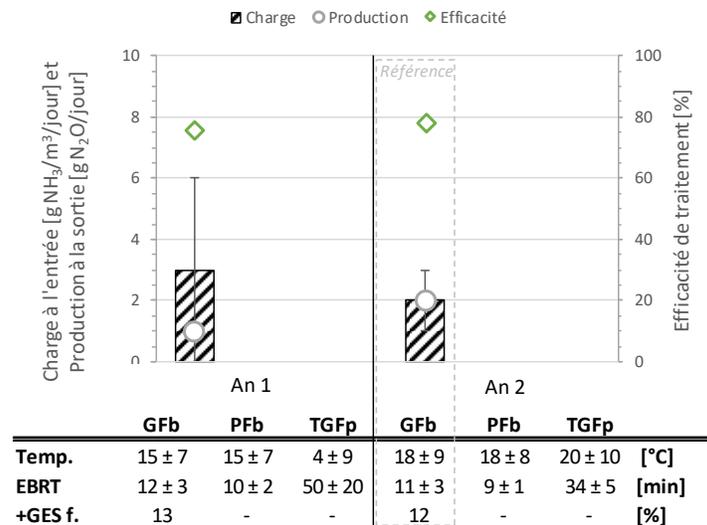


Figure 7: Traitement de l'ammoniaque par un système de biofiltration (fosse GFb, 2017-2018)

Le bilan varie d'une fosse à l'autre selon leurs caractéristiques (Figure 8). D'abord, la plus petite fosse (PFb) est aussi celle qui a généré en général le plus de GES. Il y a été mesuré un plus grand ratio de CH₄ (près de 90%), indice que les conditions présentes étaient très favorables à la biométhanisation. Comme ce gaz possède un potentiel de réchauffement plus important que le CO₂ (25x), il a un grand impact sur le bilan. Ainsi, le traitement du méthane est d'autant plus intéressant pour la réduction des GES si le ratio CO₂ : CH₄ est faible. Ensuite, pour des ratios similaires entre les fosses GFb et TGFp (environ 30 :70 à l'an 2), une quantité nettement supérieure de GES a été produite par GFb, ce qui pourrait être un effet de couverture; ainsi le béton pourrait être plus étanche que la toile de plastique et la différence observée pourrait correspondre à des émissions fugitives à l'environnement qui n'ont pu être mesurées.

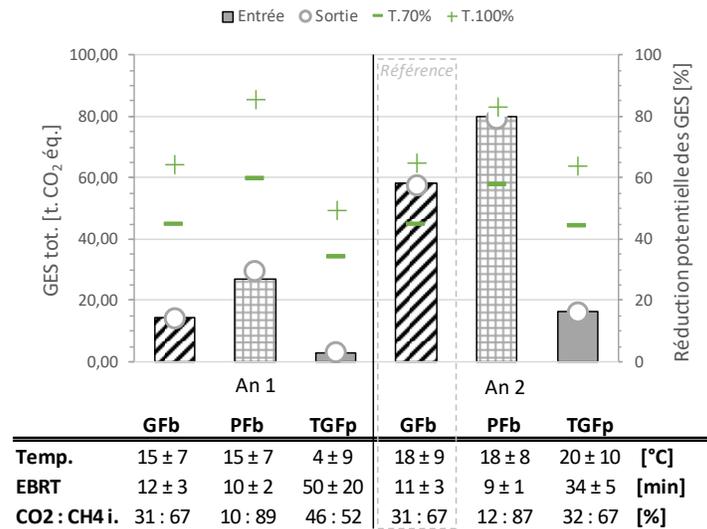


Figure 8: Impact d'un système de traitement du méthane sur le bilan complet des GES : Comparaison de trois fosses (2017-2018)

Une infiltration d'air ambiant a été observée dans chacun des biofiltres étudiés (Tableau 3). Celle-ci représente une part considérable du débit traité, d'environ 10 % sur le site 2 et pouvant aller jusqu'à environ 70 % sur le site 1. Comme tous les systèmes de la présente étude opéraient à pression négative (aspiration de l'air d'entrée), il est possible qu'un manque d'étanchéité combiné au colmatage du milieu filtrant soit à l'origine de cette prise d'air ambiant. Le bilan sur les débits serait donc essentiel pour valider les performances d'un système et potentiellement diagnostiquer son état pour en assurer l'entretien.

Tableau 3 : Infiltration d'air ambiant dans les biofiltres (part du débit traité)

	GFb	PFb	TGFp
	[%]	[%]	[%]
An 1	68 ± 7	45 ± 14	-
An 2	71 ± 6	42 ± 6	10 ± 6

Volet 2 : Ouverture de porte et effet de vent

Une analyse détaillée a été réalisée afin de concevoir un dispositif de mesure (Figure 9) permettant de capter les émissions fugitives lors de l'ouverture des portes sous l'influence de différents vents contrôlés.

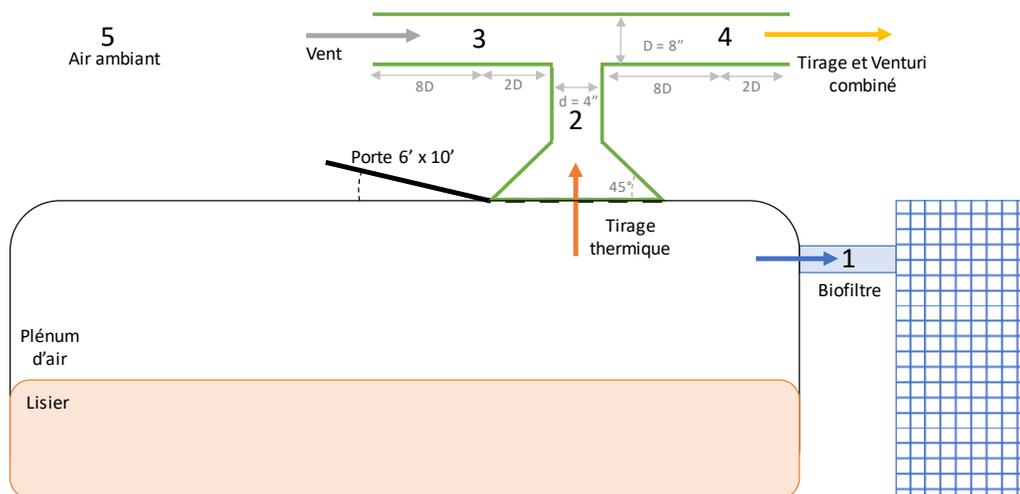


Figure 9: Schéma du dispositif de mesure des émissions et positionnement des points d'échantillonnage

Basé sur le principe du tirage thermique, une cheminée devait être installée au-dessus de la porte et conçu de sorte à ne pas nuire au phénomène naturel (ex. : $d \geq 40\%$ la surface de la porte et $D \geq 2d$). Ensuite, pour simuler des vents de différentes vitesses (0-5-15-30 km/h), un tunnel de vent devait y être superposé et muni d'un ventilateur. Pour mesurer les débits (vent) et concentrations en GES selon la norme ASHRAE 41.2-1987 (RA 92), soit avec une longueur minimale de 10D (10x le diamètre du tunnel), il s'est avéré nécessaire de réduire le diamètre de la cheminée (d) par rapport à la surface de la porte.

Une analyse d'échelle a alors été réalisée afin de s'assurer qu'il soit possible de transposer les résultats obtenus avec le dispositif (échelle réduite) à ceux de la fosse (taille réelle). L'échelle ainsi obtenue pour dimensionner le dispositif était de l'ordre de 1:600. Le nombre de Reynolds a été sélectionné comme constante de similitude géométrique afin d'ajuster les vitesses du vent pour conserver le même régime d'écoulement des gaz (ratio estimé à 1 :23). Les capacités du ventilateur alors nécessaires à reproduire le vent sous cette échelle étaient irréalistes (près de 7 m³/s). Aucun dimensionnement n'a permis de répondre à tous les critères pour représenter les phénomènes (tirage thermique et venturi du vent) sans risquer de les altérer. Ainsi, cette méthode de mesure n'a pu être employée sur le terrain.

Toutefois, il est possible de supposer que si le tirage thermique et l'effet venturi du vent combinés est supérieur au soutirage du biofiltre, alors l'émission maximale serait équivalente à la vidange du plénum d'air de la fosse au moment de l'ouverture. Or, tel qu'observé et après consultation des producteurs, l'ouverture de la porte d'une fosse ne semble pas être une opération régulière. Considérant les dangers entourant les gaz de fosse, elle est ouverte en cas de nécessité, soit principalement lors du brassage du lisier avant épandage. De plus, il a été observé dans le cadre du présent projet que les émissions fugitives lors du brassage (comprenant celle de l'ouverture de la porte) restent négligeables par rapport à celles mesurées durant l'année.