

Effets conjugués d'une évacuation rapide des déjections porcines et de leur méthanisation sur le devenir de la matière organique et les émissions de méthane

Pierre QUIDEAU et Solène LAGADEC

Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, CS 74223, 35042 Rennes Cedex, France

pierre.quideau@cotes-d-armor.chambagri.fr

Avec la collaboration technique de Paul Landrain

Effets conjugués d'une évacuation rapide des déjections porcines et de leur méthanisation sur le devenir de la matière organique et les émissions de méthane

Les lisiers de porcs présents dans les élevages sont une source d'émission de méthane contribuant au réchauffement climatique. L'évacuation rapide des déjections hors des bâtiments (lisiers frais) et la méthanisation permettent de limiter partiellement ces émissions. Une évaluation des effets procurés par le couplage de ces deux techniques a été réalisée en se basant sur des mesures en station expérimentale. Avec le lisier frais, la production d'énergie sous forme de biogaz est maximisée et les émissions de méthane au niveau des bâtiments sont minimisées. Ainsi, le potentiel méthanogène par porc à l'engrais (30-115 kg) est de 10,8 Nm³ de CH₄ pour du lisier frais, contre 8,1 et 5,0 dans le cas de deux lisiers collectés dans des préfosse. Les émissions de méthane au niveau des bâtiments sont de 0,7 kg C-CH₄ par porc pour du lisier frais et de 1,4 et 2,6 kg C-CH₄ pour les lisiers stockés. Pour ces derniers, on observe une grande variabilité des résultats qui s'explique par la nature et l'intensité des phénomènes de dégradation des matières organiques agissant dans les préfosse.

Lors du stockage, les digestats de lisier frais et de lisier stocké produisent moins de méthane que les lisiers bruts. En période chaude, le potentiel méthanogène restant en sortie de digesteur, après un temps de séjour moyen de 30 jours, a été rapidement converti en méthane, conduisant à une émission de méthane supérieure à 1 m³ par porc. Une méthanisation plus longue ou leur passage dans un post-digester permettraient de minimiser ces pertes.

Combined effects of rapid discharge of excreta in pig farms and their anaerobic digestion on degraded organic matter and methane emissions

Liquid pig manure is a source of methane (CH₄) emissions contributing to global warming. The rapid discharge of excreta out of the building (« fresh liquid manure ») and their anaerobic digestion should enable these emissions to be limited. An evaluation of the effects procured by coupling these two techniques was carried out based on measurements in an experimental station. With fresh liquid manure, energy production in the form of biogas is maximized and methane emissions from the building are minimized. Thus, the methane potential per pig (30-115 kg) was 10.8 Nm³ CH₄ for fresh liquid manure as against 8.1 and 5.0 Nm³ CH₄ in the case of slurry collected after storage in the pit under the slats (« stored slurry »). Methane emissions from the building were 0.7 kg C-CH₄ per pig for the fresh liquid manure. For the two types of stored slurry, they were 1.4 and 2.6 kg C-CH₄. For stored slurry, we observed a large variability in results due to the nature and intensity of organic substance degradation in the pit.

During storage, digestate from fresh liquid manure and stored slurry produced less methane than untreated liquid manure. During the warm period, their remaining potential CH₄ production was rapidly converted to methane, resulting in a methane emission of more than 1 m³ per pig. Longer methanisation or the transfer of the digestate into a post-digester could minimize these losses.

INTRODUCTION

Les déjections des porcs élevés sur caillebotis, collectées sous forme de lisier, sont rapidement soumises à des processus de décomposition aérobie et anaérobie entraînant, pour les seconds, l'émission de méthane vers l'atmosphère. Cette méthanisation spontanée se produit au niveau des bâtiments d'élevage dans les préfosse et se poursuit dans les ouvrages de stockage extérieurs. Une part variable des matières organiques contenues dans les rejets des animaux est ainsi décomposée, ce qui a pour inconvénients i) au plan environnemental, l'émission d'un gaz à effet de serre, ii) du point de vue énergétique, une perte de pouvoir méthanogène.

Les bâtiments équipés d'un système d'évacuation rapide des déjections permettent de limiter leur temps de séjour dans le bâtiment. Différents systèmes ont été expérimentés depuis plusieurs années (Ramonet *et al.*, 2007) et certains connaissent à présent un développement dans les élevages, en particulier les systèmes de raclage sous caillebotis qui conduisent à séparer une fraction solide majoritairement composée des fèces et une fraction liquide formée par l'urine.

La technique de méthanisation est par ailleurs encouragée dans le but de produire des énergies « renouvelables » (électricité, chaleur, biométhane) à partir de résidus organiques et, en particulier, de déjections animales. Les lisiers de porc constituent une base favorable pour la méthanisation par voie liquide, cependant le pouvoir méthanogène des lisiers ayant séjourné plusieurs mois dans les fosses est souvent faible (Béline *et al.*, 2012).

Le couplage d'une évacuation rapide des déjections et de leur méthanisation constitue une stratégie devant permettre à la fois de réduire les émissions de méthane au niveau des bâtiments et d'accroître la production d'énergie à partir de ces déjections. Afin de tester cette hypothèse à une échelle de terrain, une expérimentation a été réalisée sur la station expérimentale porcine de Guernevez (Finistère). Les résultats présentés concernent principalement la production de méthane et le devenir de la matière organique des déjections, du bâtiment jusqu'au stockage.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Dispositif et modalités

Le dispositif comporte 3 modalités (figure 1). La première modalité correspond à une gestion habituelle du lisier de porc. Le lisier (L) accumulé dans la préfosse sous les salles d'élevage est évacué en fin de bande vers une fosse intermédiaire puis stocké plusieurs mois dans une fosse extérieure. Dans la seconde modalité, ce même lisier subit une digestion anaérobie à une température de 38°C, puis le digestat (dL) est stocké en fosse. Dans la troisième modalité, le lisier provient de plusieurs petites porcheries équipées d'un système d'évacuation fréquente des déjections dont le mélange est appelé lisier frais (LF). Il subit également une digestion anaérobie. Son digestat (dLF) est ensuite stocké dans des conditions semblables aux deux autres effluents.

Les deux digesteurs utilisés, de type « infiniment mélangé » et d'une capacité utile de 20m³ chacun, sont associés à de petites cuves d'alimentation en amont et de collecte du digestat en aval permettant de gérer et d'échantillonner les produits entrant et sortant sur un pas de temps hebdomadaire. L'alimentation des digesteurs est de 630 litres par jour, ce qui

conduit à un temps de séjour hydraulique (TSH) moyen de 32 jours. La vidange se fait par trop plein.

Le stockage a été réalisé dans 4 cuves de dimension réduite (10 m³ d'effluent, hauteur 2,8 m) partiellement enterrées de façon à limiter les variations de température. Le remplissage se fait en une seule fois pour le lisier et sur 3 semaines pour les digestats. Deux suivis ont été effectués, le premier suivi en période hivernale (3 à 4 mois), le second en période estivale (5 à 7 mois) avec des effluents renouvelés.

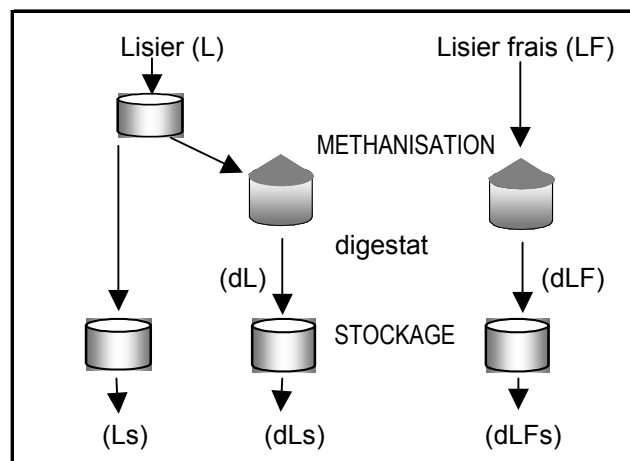


Figure 1 – Schéma du dispositif expérimental et sigles désignant les différents types d'effluents ()

1.2. Mesures et analyses

L'alimentation différenciée des deux digesteurs s'est faite durant 7 mois (novembre 2010 à juin 2011) avec des lisiers de porcs à l'engrais. Les mesures présentées ont été réalisées sur 3 périodes restreintes (4 à 6 semaines) au cours desquelles une caractérisation des intrants et des digestats produits a été effectuée sur la base d'un échantillonnage hebdomadaire. La détermination du potentiel méthanogène des effluents a été réalisée par des tests BMP (Biological Methane Potential) selon la norme ISO 14853, ainsi qu'avec une méthode d'analyse rapide (Envital®) basée sur la mesure de l'activité des microorganismes anaérobies à l'aide d'un révélateur fluorescent (Pautremat et Dudal, 2012). Un rapprochement des résultats pour une douzaine d'échantillons montre une concordance satisfaisante entre les deux méthodes.

La matière organique est assimilée aux matières volatiles (MV) déterminées par différence entre la matière sèche (MS) mesurée après séchage à 103°C et la matière minérale (MM) mesurée après calcination.

Au niveau du stockage, les évolutions concernant les matières organiques et l'azote sont appréciées par un bilan de masse des éléments en vérifiant la constance des éléments minéraux stables (P, K, matières minérales). La production de biogaz des digestats a été mesurée à l'aide de 2 chambres statiques flottantes (surface de 2 m²). Elle a été également mesurée sur des tubes fermés d'une longueur de 2,5 m et d'une contenance de 50 litres plongés dans les fosses de stockage afin d'assurer des conditions de température similaires.

2. PRODUCTION DE METHANE

La quantité de méthane qu'il est possible de produire à partir des déjections d'un porc à l'engrais est fonction de la quantité de matière organique contenue dans les déjections collectées,

du potentiel méthanogène de cette matière organique et du taux de réalisation de ce potentiel dans le digesteur.

2.1. Caractérisation des lisiers

Le tableau 1 présente la composition moyenne de 2 lisiers stockés en préfosse (L1, L3) et de 2 lisiers frais (LF2, LF3) utilisés pour alimenter les digesteurs durant plusieurs semaines.

Tableau 1 – Composition des effluents en g par kg

	L1	L3	LF2	LF3	LFr
Matière sèche (MS)	55	78	64	69	112
Matière volatile (MV)	40	57	51	57	91
Azote total	4,8	6,1	3,8	4,3	7,8
% N ammoniacal	67%	63%	38%	47%	49%
DCO	68	105	98	128	-
AGV	0,01	1,51	3,6	3,5	-

AGV – acides gras volatils exprimés en équivalent acide acétique

L1 est un lisier relativement dilué résultant d'une bande de porcs démarrée en été (juin). L3 est un lisier à plus forte concentration en matière sèche issu d'une bande démarrée en hiver. Dans les deux cas les porcs ont reçu un aliment sec et s'abreuvaient à volonté. Le lisier frais de référence (LFr) présenté dans le tableau 1 correspond à une valeur moyenne des déjections (fraction solide + fraction liquide) de 3 bandes successives recueillies dans deux porcheries équipées l'une d'un raclage en V®, l'autre d'un raclage en W®. Les lisiers frais utilisés pour l'expérimentation, comparés au LFr, sont plus dilués et moins riches en azote. Ils sont un mélange de la phase solide issue de raclage (28 à 30% de MS), de lisier frais issu d'une porcherie avec des gouttières dans le sol et d'eau. La fraction liquide issue du raclage n'a pas été utilisée, elle contient environ 8% de la matière organique des déjections, mais 40 à 45% de l'azote. Cette dilution a été faite volontairement afin que les deux digesteurs fonctionnent avec des TSH et des charges organiques comparables. Concernant les teneurs élevées en acides gras volatils de ces lisiers frais, précisons que la prise d'échantillonnage a été effectuée 1 à 2 jours après la mise en mélange. Une production d'acides gras volatils a pu s'effectuer durant ce laps de temps (acidogénèse). Ces composés très méthanogènes étant en grande partie non comptés dans la matière volatile (Vedrenne, 2007), les potentiels exprimés par rapport à la MV sont de ce fait plus élevés.

2.2. Potentiel et production de méthane

Tableau 2 – Potentiels méthanogènes (BMP) et quantités de gaz produit par les digesteurs exprimés en Nm^3 de méthane par tonne de produit brut (PB) ou de matière volatile

Type d'effluent	L1	L3	LF2	LF3	LFr
Potentiel par t de PB	9,3	20,1	17,6	21,8	31,7
Potentiel par t de MV	232	356	347	384	358
Produit par t de PB	8,1	16,1	16,9	20,6	-
Produit par t de MV	202	284	333	362	-
Produit / potentiel	87%	80%	96%	94%	-

On note un contraste important entre L1 et les autres lisiers. Le potentiel méthanogène rapporté à la matière volatile pour les lisiers de porcs à l'engrais varie de 200 à 347 (GUIDE PRATIQUE, 2012). Des valeurs moyennes de l'ordre de 270 à

310 sont fréquemment utilisées (METHASIM, 2010). Celui de L1 est sensiblement inférieur, tandis que L3 présente un potentiel très élevé, comparable aux potentiels des lisiers frais qui sont de l'ordre de 350 m^3 par tonne de MV. Ces valeurs qui peuvent paraître élevées sont voisines de celles rapportées par Moller *et al.* (2004) et plus récemment par Jarret (2011) pour des déjections porcines fraîches.

Dans le cas des lisiers classiques, la comparaison de la quantité de méthane produite au niveau des digesteurs et du potentiel méthanogène est conforme aux performances attendues (80 à 85%) pour du lisier de porc, avec un TSH de 30 jours. En effet, l'alimentation et la vidange en continu du digesteur entraînent inévitablement vers la sortie des matières biodégradables non encore digérées et converties en biogaz. Pour les lisiers frais, les rendements ainsi déterminés semblent anormalement élevés. Pour LF3, il ne concorde pas avec la quantité de biogaz produite par le digestat dLF3 au cours de son stockage (voir chapitre 3.2). Si l'on tient compte de cette production résiduelle au stockage, le rendement du digesteur serait au plus de 87%.

2.3. Production par porc

Pour les lisiers pré-stockés, la production de lisier par porc étant connue, il est possible de calculer le potentiel de production de méthane par porc (tableau 3). Pour les lisiers frais qui résultent du mélange d'effluents provenant de plusieurs bâtiments, ce calcul n'est pas possible. Il sera évalué en considérant la quantité de matière organique correspondant au lisier LFr. Les quantités de déjections produites sont rapportées à un gain de poids vif de 85 kg (de 30 à 115 kg).

Tableau 3 – Potentiel de production de méthane des déjections d'un porc à l'engrais selon le type de déjections

	L1	L3	LFr
Quantité de MV par porc (kg)	21,5	22,8	30,3
Potentiel (Nm^3 par t MV)	232	356	358
Méthane par porc (Nm^3)	5,0	8,1	10,8

L'évacuation rapide des déjections permet d'obtenir le plus fort potentiel de production de méthane par porc. Si l'on se réfère au lisier L1, la mise en œuvre de cette technique conduit à doubler le potentiel de production de méthane (+116%), soit un gain de 5,8 m^3 de méthane par porc. La différence résulte à la fois d'une plus grande quantité de MV contenue dans les déjections fraîches (+40%) et d'un potentiel méthanogène plus élevé de la MV (+ 55%). Par contre, par rapport au lisier L3, le gain observé est deux fois moins important en valeur absolue (+2,7 m^3) et beaucoup plus faible en valeur relative (+ 34%). Il résulte uniquement de la différence de MV.

Les lisiers L1 et L3 ont évolué au niveau des préfosse de manière différente. Quelques éléments explicatifs peuvent être avancés. Concernant L1, son faible potentiel méthanogène laisse supposer l'existence d'une biodégradation très active des matières organiques dans la préfosse, favorisée par des températures estivales en début de bande et une certaine dilution des effluents. De plus, cette fosse retient, après vidange du lisier, des boues jouant alors le rôle d'inoculum pour le lisier de la bande suivante. La très faible teneur en acides gras du lisier (valeur comparable aux valeurs observées en sortie de digesteur) suggère également que la méthanogénèse était très bien établie.

Dans le cas du lisier L3, une fosse totalement vidée avant l'arrivée des animaux, des températures plus basses et une moindre dilution du lisier ont à l'inverse pu limiter certaines étapes de la digestion anaérobie, laissant dans le lisier des composés à fort potentiel méthanogène.

3. EMISSIONS LORS DU STOCKAGE

3.1. En période hivernale

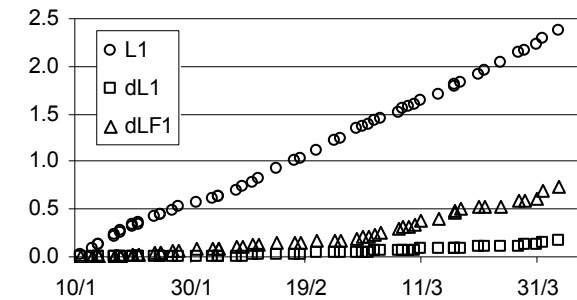


Figure 2 – Biogaz produit lors du stockage hivernal ($\text{m}^3 \text{t}^{-1}$)

Entre janvier et fin mars, en fosse non couverte, la température des effluents a varié entre 7 et 9 °C. Les émissions de biogaz ont été faibles et ont progressé de façon relativement linéaire. Malgré ces températures basses, le lisier L1 a produit près de $0,6 \text{ m}^3 \text{CH}_4 \text{t}^{-1}$ par mois (tableau 4), soit l'équivalent de 25% du potentiel méthanogène en 4 mois. Son digestat dL1 en a produit dix fois moins.

Le digestat de lisier frais, d'une teneur en MV semblable à L1, a produit trois fois moins que L1. Le lisier contenait une flore méthanogène adaptée aux basses températures, pour les digestats en sortie de digesteur ce n'était sans doute pas le cas.

Tableau 4 – Facteurs d'émission de méthane au cours du stockage en période froide (décembre-mars)

	L1	dL1	dLF1
$\text{m}^3 \text{ par t d'effluent par mois}$	0,58	0,06	0,022
$\text{m}^3 \text{ par porc pour 4 mois}$	1,26	0,13	0,43

3.2. En période estivale

La cinétique de production de biogaz du lisier L2 présente une phase de démarrage lente (figure 3). Elle est suivie d'une phase de production intense ($5,4 \text{ m}^3$ de biogaz par t et par mois) lorsque la température atteint son maximum (entre 16 et 18°C), puis d'une phase de ralentissement qui précède la baisse des températures.

Au cours de la phase la plus productive, l'émission de méthane atteint $0,03 \text{ g C-CH}_4 \text{ h}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ MV}$, ce qui reste sensiblement inférieur à celle mesurée par Sommer *et al.* (2007) à une température de 20°C ($0,1 \text{ g C-CH}_4 \text{ h}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ MV}$). Le facteur d'émission de méthane sur 4 mois (juin-septembre) correspond à 32% du BMP.

Après 212 jours de stockage, le lisier a réalisé 42% de son potentiel méthanogène. Il convient de préciser que ce lisier atypique est caractérisé par une forte teneur en MS (10%) et un BMP élevé ($27 \text{ m}^3 \text{CH}_4 \text{t}^{-1}$). Une charge élevée en matière organique biodégradable et en azote ($7,3 \text{ g kg}^{-1}$) sont des facteurs pouvant induire des inhibitions partielles de la méthanisation (Vedrenne, 2007 ; Jarret, 2010).

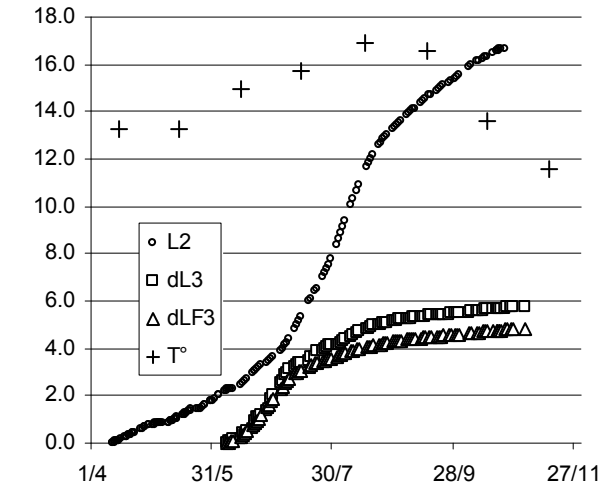


Figure 3 – Biogaz produit lors du stockage estival ($\text{m}^3 \text{t}^{-1}$) et température moyenne mensuelle (°C)

Les digestats placés en stockage début juin ont immédiatement produit beaucoup de biogaz, puis la production s'est fortement ralentie du fait de l'épuisement des matières organiques facilement digestibles qui étaient encore présentes en sortie du digesteur. On observe que la production de biogaz des digestats est pendant quelques semaines plus intenses que celle du lisier qui a pourtant un potentiel méthanogène 5 à 6 fois supérieur.

Tableau 5 – Facteurs d'émission de méthane au cours du stockage en période chaude (juin-septembre)

	L2	dL3	dLF3
$\text{m}^3 \text{ par t d'effluent par mois}$	2,17	0,89	0,74
$\text{m}^3 \text{ par porc pour 4 mois}$	2,72	1,11	1,56

En période estivale, Les digestats de lisier et de lisier frais ont émis deux à trois fois moins de méthane par tonne que le lisier brut, toutefois ces différences sont plus faibles qu'en hiver. Exprimé par porc, le facteur d'émission des digestats est inférieur à celui du lisier classique mais dépasse 1 m^3 par porc pour 4 mois. Il est plus élevé pour le dLF3 que pour dL3, du fait d'une plus grande quantité de matière organique collectée par porc, ce qui se traduit (à rendement identique au niveau des digesteurs) par un potentiel résiduel également plus important en sortie du digesteur. Un temps de séjour hydraulique plus long ou le passage du digestat dans une cuve équipée d'une couverture étanche (post-digesteur) durant 1 à 2 mois permettrait de réduire ces émissions. Un petit supplément d'énergie serait ainsi récupéré mais au prix d'investissements supplémentaires dont il conviendra d'évaluer l'intérêt sur le plan économique.

4. DEVENIR DE LA MATIERE ORGANIQUE

4.1. Evolution des matières volatiles

Au cours de la méthanisation, la perte de matière volatile varie de 23% pour le lisier L1 à 27% pour le lisier L3. Pour les lisiers frais, les pertes sont comprises entre 40 et 46%. Au cours du stockage en été, les pertes de matière volatile ont été maximales pour le lisier L2, atteignant 25% en 7 mois. Pour les digestats, elles varient de 17% pour dL3 à 20% pour dLF3.

Ces niveaux de pertes semblent élevés et excèdent les niveaux de pertes attendus au regard des émissions de biogaz mesurées (tubes fermés). La présence très active de nombreuses larves de mouches (*Eristalis Tenax*) constitue une voie de dégradation de la matière organique, peut être à ne pas négliger.

La figure 4 présente un bilan approché du devenir de la matière volatile des déjections d'un porc pour les différents modes de gestions des effluents étudiés. La quantité de matière volatile initiale correspond au lisier frais de référence (tableau 3).

Evacuation rapide des déjections et méthanisation (dLF3) permettent bien de maximiser la proportion de MV transformée dans le digesteur en énergie collectée sous forme de biogaz.

Compte tenu des pertes au stockage en période chaude, la MV restant dans les digestats correspond à environ 46% de la MV de référence.

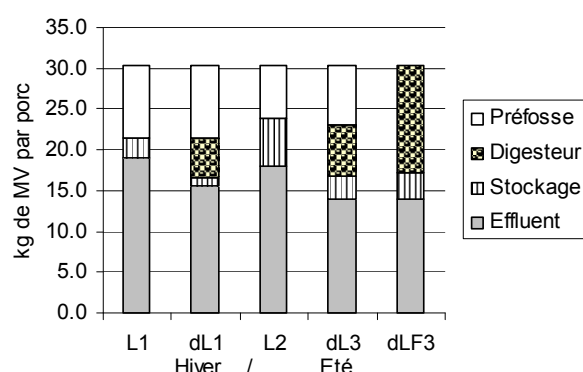


Figure 4 – Devenir de la matière volatile des déjections. MV dégradée au niveau des préfosse, digesteur et stockage extérieur et MV restant dans l'effluent final

4.2. Evolution du rapport MV/MM

La figure 5 représente les valeurs du rapport MV/MM des lisiers et lisiers frais étudiés, classés dans un ordre allant des produits les plus « frais » aux plus évolués (digestats stockés). La baisse du rapport MV/MM s'explique par la perte progressive d'une partie des MV initiales.

Ainsi ce ratio évolue de 4,3 en moyenne pour le lisier de référence à moins de 2,0 pour les digestats après stockage. Cette évolution est cohérente avec la perte calculée ci dessus. Ce ratio MV/MM, qui repose sur des analyses simples et rapides, pourrait donner une indication grossière et relative du niveau de pertes en MV dans le cadre d'une comparaison de différents lisiers issus d'animaux ayant reçu une alimentation similaire.

Sur la station expérimentale, le ratio s'élève à plus de 3 pour les meilleurs lisiers et baisse à moins de 2,5 pour des lisiers à faible potentiel méthanogène.

La dispersion des valeurs pour les lisiers frais montre cependant une forte variabilité de ce ratio alors que, dans ces bâtiments, l'évacuation des déjections est rapide. Ceci semble indiquer que d'autres facteurs agissent et seraient également à considérer.

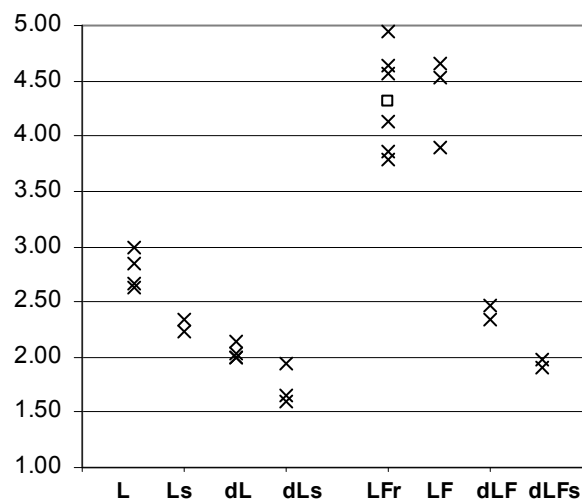


Figure 5 – Rapport MV/MM selon le stade d'évolution des effluents. □ Lisier frais de référence (moyenne)

5. DISCUSSION

Les différences importantes en terme de quantité et de qualité des matières organiques collectées en sortie de bâtiment entre le mode de gestion classique avec pré-stockage des effluents sous forme de lisier et les lisiers frais sont la conséquence des processus de dégradation des matières organiques au niveau des préfosse, dont la nature et l'intensité peuvent être très variables. La différence entre L1 et L3 illustre cette variabilité.

Moller *et al.* (2004) a montré que les phénomènes aérobies pouvaient dans certaines circonstances être majoritaires, conduisant alors à de faibles émissions de méthane. Lorsque la digestion anaérobie est intense et malgré une possible décomposition d'une partie de ce méthane dans la croûte de surface, les émissions de carbone sous forme de méthane s'accroissent.

Dans le cadre d'une autre étude conduite sur la station expérimentale de Guernevez portant sur l'adaptation d'un système d'évacuation fréquente des déjections dans un bâtiment porcin existant (Loussouarn *et al.*, 2012), les émissions gazeuses ont été mesurées sur les trois bandes suivantes pour les porcheries correspondant aux lisiers L1, L3 et LFr. Avec $0,70 \pm 0,24$ kg C-CH₄ par porc, les bâtiments en lisier frais (LFr) génèrent des émissions de méthane plus de trois fois inférieures aux émissions du bâtiment « L1 » ($2,58 \pm 0,18$ kg C-CH₄ par porc) et deux fois plus faibles que le bâtiment « L3 » ($1,4$ kg C-CH₄ par porc).

D'après Lagadec *et al.* (2011), les systèmes d'évacuation fréquente des déjections de type raclage permettent de réduire les émissions de méthane. En effet, le temps de présence des déjections est trop faible pour que se forme un milieu anaérobie propice aux émissions de ce gaz.

Pour le lisier L3, il semble que la digestion anaérobie ait été peu active, ce qui est cohérent avec la qualité du lisier collecté (fort BMP).

Dans la porcherie L1, les émissions de méthane sont toujours fortes, comprises entre 2,4 et 2,8 kg C-CH₄ par porc.

Cette valeur nettement supérieure aux références habituelles (1,5 selon Gac *et al.*, 2006) reflète l'existence d'une digestion anaérobie très active. Ce résultat est également cohérent avec la qualité du lisier recueilli (faible quantité de MV par porc et faible potentiel méthanogène). Le fait que cette préfosse ne soit jamais totalement vidée et que le lisier soit plus dilué sont deux facteurs favorables à la méthanisation spontanée. A l'opposé, il a été constaté que les porcheries dont les préfosses sont lavées entre chaque bande (Haeussermann *et al.*, 2005) et produisant des lisiers riches en matière sèche (alimentation en soupe) génèrent de faibles émissions de méthane et donnent des lisiers à potentiel méthanogène élevé.

En cas de changement du mode de gestion des effluents dans un bâtiment, le supplément d'énergie qu'il sera possible de produire par méthanisation grâce à la mise en œuvre d'un système d'évacuation rapide des déjections, sera également variable en fonction de la situation préexistante. Partant d'une situation de type « L1 », avec des pertes en préfosse importantes, le supplément de potentiel méthanogène atteint 5,8 Nm³ de méthane par porc à l'engrais. Pour 10 000 porcs produits, cela représenterait un supplément d'énergie considérable de 576 MWh, soit l'équivalent de 57 tonnes de fioul. Cela s'accompagnerait en outre d'une réduction des émissions au niveau des porcheries de 18,8 tonnes de C-CH₄. Pour une situation de type « L3 » le supplément d'énergie serait moindre (268 MWh) mais encore appréciable.

CONCLUSION

Le couplage d'une évacuation rapide des déjections suivie de leur méthanisation présente le double avantage de maximiser

la production d'énergie sous forme de biogaz (valorisable) et de réduire les émissions de méthane au niveau des bâtiments d'élevage, ainsi que lors du stockage en fosse extérieure.

Par rapport à des lisiers séjournant en préfosses dans les porcheries, ces avantages seront cependant d'importance variable en fonction de la nature et de l'intensité des phénomènes de dégradation des matières organiques opérant dans les préfosses. Cette expérimentation a permis de décrire deux situations contrastées. Lorsque le lisier est sujet dans la préfosse à une intense digestion anaérobie (forte perte de potentiel méthanogène et importante émission de méthane), la mise en œuvre de cette stratégie innovante peut conduire à un doublement de la production d'énergie et à une réduction des émissions de méthane (bâtiment + stockage) d'un facteur compris entre 2 et 3. Cette situation correspond notamment à des préfosses qui ne sont pas parfaitement vidées après chaque bande de porcs, en présence de températures élevées (été) et d'une dilution de l'effluent.

A l'inverse, dans le cas où le lisier de préfosse conserve un bon potentiel méthanogène, les avantages d'une évacuation rapide des déjections seront plus limités. La méthanisation de ces lisiers permet en effet une production d'énergie intéressante et réduit également les émissions de méthane au cours du stockage en fosse extérieure.

La réalisation d'un diagnostic portant sur l'évolution de la matière organique (quantité et potentiel méthanogène) dans les préfosses permettrait d'indiquer aux éleveurs utilisant les lisiers porcins en méthanisation les marges de progrès dont ils disposent pour accroître la quantité d'énergie produite à partir des déjections. Cela pourrait alors les conduire à faire évoluer la gestion des lisiers dans les préfosses ou à opter pour des modes d'évacuation rapide des déjections mieux adaptés à un objectif de production d'énergie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Béline F., Girault R., Peu P., Trémier A., Tégia C., Dabert P., 2012. Enjeux et perspectives pour le développement de la méthanisation agricole en France. Sciences Eaux & Techniques, 7, 34-43.
- Gac A., Béline F., Bioteau T., 2006. Flux de gaz à effet de serre (CH₄, N₂O) et d'ammoniac (NH₃) liés à la gestion des déjections animales : Synthèse bibliographique et élaboration d'une base de données. Rapport final ADEME n°0375C0118, 79p.
- GUIDE PRATIQUE, 2011. Réussir un projet de méthanisation territoriale multipartenariale. Editions Coop de France & FNCUMA, 237 p.
- Haeussermann A., Hartung E., Gallmann E., Jungbluth T., 2006. Influence of season, ventilation strategy, and slurry removal on methane emissions from pigs houses. Agriculture, Ecosystems & Environment, 112, 115-121.
- Jarret G., 2010. Optimisation des stratégies alimentaires des porcs en vue de la maîtrise des émissions gazeuses (NH₃ et CH₄) via l'incorporation des coproduits des biocarburants. Thèse, Université de Rennes 1, 141p.
- Lagadec S., Landrain B., Landrain P., Quillien J.-P., Robin P., Hassouna M., 2011. Evaluation zootechnique, environnementale, sanitaire et économique des techniques d'évacuation fréquente des déjections en porcherie. Rapport final ADEME n°0974C0184, 57p.
- Loussouarn A., Lagadec S., Picard P., 2012. Adaptation du système PROLAP® dans un bâtiment porcin existant (évacuation fréquente des déjections par raclage et séparation de phases). Rapport final ADEME n°0974C0304, 67p.
- METHASIM, 2010. Outil de simulation technico-économique pour la méthanisation. Logiciel en ligne, IFIP, <http://www.methasim.ifip.asso.fr>
- Moller H.B., Sommer S.G., Ahring B.K., 2004. Biological degradation and greenhouse gas emissions during pre-storage of liquide animal manure. Journal of Environmental Quality, 33, 27-36.
- Pautremat N., Dudal Y., 2012. An innovative assay to measure anaerobic biodegradability of organic wastes in two days. ORBIT 2012, International Conference, Rennes, France.
- Ramonet Y., Callarec J., Guivarch C., Dappelo C., Robin P., Laplace A., Prado N., Amrane A., Meinhold J., Ochoa J.C., 2007. Le lisier frais : évacuation fréquente des lisiers des porcheries. Faisabilité technique et conséquences environnementales. Journées Rech. Porcine, 39, 31-42.
- Sommer S.G., Petersen S.O., Sorensen P., Poulsen H.D., Moller H.B., 2007. Methane and carbon dioxide emissions and nitrogen turnover during liquid manure storage. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 78, 27-36.
- Vedrenne F., 2007. Etude des processus de dégradation anaérobie et de production de méthane au cours du stockage des lisiers. Thèse, ENSA de Rennes, France.