



Potentiel méthanogène du fumier équin

Synthèse bibliographique

Contexte

EQUIFUMIER est un projet mené dans le cadre du Contrat de Plan Interrégional Etat-Régions de la collectivité « Vallée de Seine ». Ce projet réunit plusieurs partenaires autour du sujet de la valorisation/transformation des effluents des équidés.

Il comporte différents objectifs :

- **Identifier et développer des filières de valorisation** du fumier équin pérennes et collectives ;
- **Optimiser la valorisation de la ressource** : comparer les solutions ;
- **Faciliter** la mise en relation entre les acteurs.

Dans ce projet global, les différents partenaires avec le soutien de l'ADEME et des Régions Ile-de-France et Normandie cherchent à **améliorer la connaissance** des pratiques et des possibilités de valorisation existantes ainsi qu'à **fédérer** les acteurs pour **mutualiser** les pratiques. Il est question de faire **émerger** des solutions de transformation et **pérenniser** ces solutions de valorisation du fumier équin.

Le travail effectué dans le cadre du projet Valfumier (2019-2020) a permis de confirmer un intérêt pour les fumiers équins en méthanisation. Il a également mis en évidence le besoin de définir et diffuser des critères technico-économiques sur l'intégration du fumier équin en méthanisation. Dans le cadre de l'action sur la méthanisation, il est question de la réalisation d'un guide de bonnes pratiques dans lequel pourra être insérée cette synthèse bibliographique sur le potentiel méthanogène du fumier équin.

Définition

La mesure du potentiel méthanogène renseigne sur la quantité maximale de méthane produit par unité de masse de substrat. Les résultats peuvent être utilisés pour valider la faisabilité économique d'un projet d'installation de méthanisation ou pour contrôler et optimiser le fonctionnement d'un digesteur. Cette mesure est généralement réalisée au laboratoire, en bioréacteur, en mode discontinu à partir d'un seul ajout de substrat, fortement dilué dans un milieu réactionnel dont la composition, largement influencée par la nature de l'inoculum anaérobie utilisé, varie d'un essai à l'autre. Dans cette synthèse, le potentiel méthanogène est exprimé en $m^3 CH_4/tMO$ (mètre cube de méthane par tonne de matière organique).

Méthode

Afin de réaliser cette synthèse sur le potentiel méthanogène des effluents équins, des données ont été extraites d'articles scientifiques. En plus des recherches bibliographiques, des acteurs de la filière méthanisation ont été sollicités pour fournir leurs analyses effectuées sur le terrain. Ces acteurs sont notamment des constructeurs et/ou exploitants d'unités de méthanisation ainsi que des laboratoires d'analyses.

Les données récupérées ont ensuite été analysées sur Microsoft Excel. L'ensemble de ces données a été réparti selon divers paramètres (type d'effluent, durée de stockage avant incubation, type de cheval) afin d'observer et de comparer les moyennes et fourchettes de données de potentiel méthanogène obtenues.

Analyse

Les données bibliographiques analysées proviennent de différentes études scientifiques, ainsi que d'analyses effectuées par des acteurs de la filière méthanisation. L'objectif était d'étudier sous plusieurs critères le potentiel méthanogène des effluents équins, et finalement, de concevoir un outil de calcul de la rentabilité de méthaniser un gisement équin.

Potentiel méthanogène des effluents équins

Les données recueillies comprennent plusieurs types d'effluents : du crottin seul, du fumier sur paille et du fumier sur copeaux. Dans certains cas (20 sur 68), le type d'effluent n'a pas été précisé. Le tableau ci-dessous (Tableau 1) récapitule la moyenne, le maximum et le minimum du potentiel méthanogène ainsi que le nombre total de données :

Tableau 1 : Moyenne, minimum et maximum de potentiel méthanogène des effluents équins.

	Moyenne (m ³ CH ₄ /tMO)	Min (m ³ CH ₄ /tMO)	Max (m ³ CH ₄ /tMO)	Nombre de données
Total général	183,6	20,6	330,6	68

Sur l'ensemble des effluents, le potentiel méthanogène moyen est de 183,6 m³ CH₄/tMO. Lorsqu'on compare cette moyenne à des intrants connus dans la méthanisation, on remarque qu'elle est proche de celle du fumier de bovin (203 m³ CH₄/tMO) mais reste inférieure à celle du lisier de porc (302 m³ CH₄/tMO).

Cependant, il existe un écart-type important (84,8 m³ CH₄/tMO) dû à la diversité des matières analysées. Les valeurs de potentiel méthanogène varient entre 20,6 et 330,6 m³ CH₄/tMO. **En conséquence, les données sont détaillées en catégories puis analysées.**

Potentiel méthanogène en fonction du type d'effluent

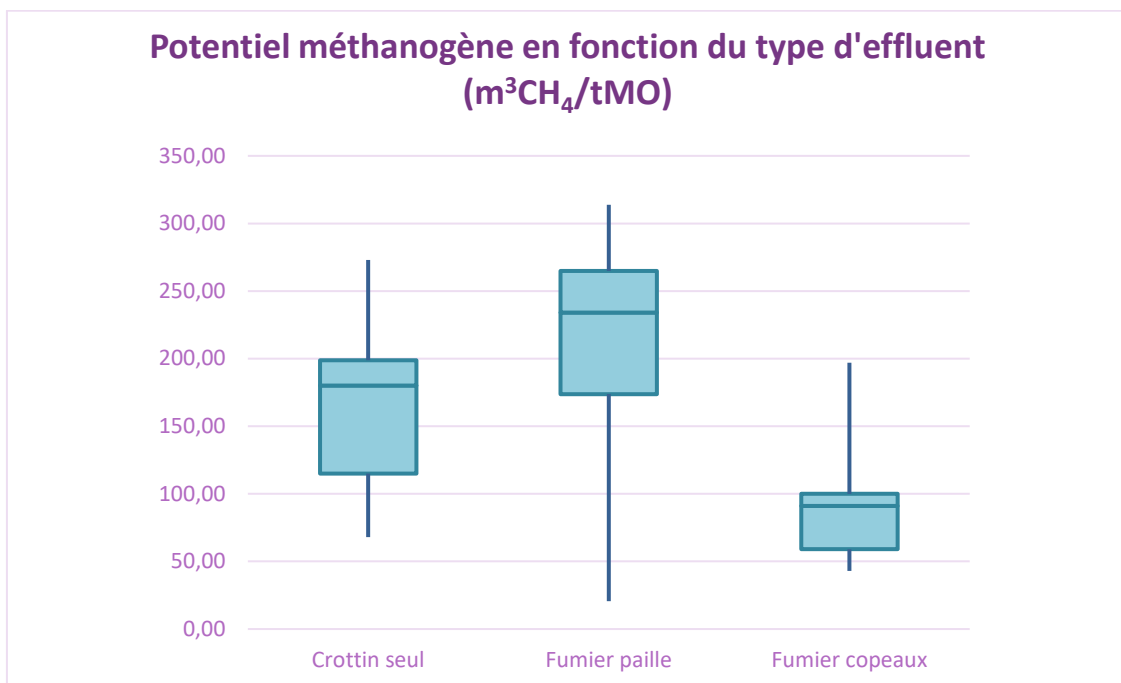
Selon les structures équestres (hippodrome, centre équestre, haras, élevage, ...) et le type de litière qu'elles utilisent (ou non) dans leurs installations, les effluents équins récupérés sont de qualité variable.

Tableau 2 : Moyenne, minimum et maximum de potentiel méthanogène par catégorie d'effluent.

Type d'effluent	Moyenne (m ³ CH ₄ /tMO)	Min (m ³ CH ₄ /tMO)	Max (m ³ CH ₄ /tMO)	Nombre de données
Crottin seul	178,9	68,0	273,0	12
Fumier sur copeaux	92,3	43,0	197,0	9
Fumier sur paille	217,1	20,6	313,8	27

Le tableau ci-dessus (Tableau 2) donne la moyenne, le maximum et le minimum de potentiel méthanogène répertorié pour chaque catégorie d'effluent équin. Le nombre de données disponibles par type est également indiqué.

Le graphique ci-dessous représente un diagramme en boîtes à moustaches de potentiel méthanogène par type d'effluent :



Les catégories « fumier sur paille » et « crottin seul » présentent les potentiels moyens les plus élevés avec 217,1 m³ CH₄/tMO et 178,9 m³ CH₄/tMO. A l'inverse, la catégorie « fumier sur copeaux » a le potentiel méthanogène médian le plus bas avec 92,3 m³ CH₄/tMO. Ce type de fumier possède un temps de latence important avant le début de l'activité microbienne et un taux de dégradation de la matière organique faible, ce qui se traduit par un potentiel méthanogène bas. En effet, les matières ligneuses (bois, branchages, copeaux) ne sont pas des intrants de qualité pour la production de biogaz mais risquent, au contraire, de perturber le fonctionnement du digesteur.

Ces observations sont à mettre en perspective avec le nombre de données pour chaque catégorie, qui varie du simple au double et la grande variabilité qui existe dans chaque catégorie, surtout dans la catégorie « fumier sur paille ».

Potentiel méthanogène en fonction du type d'effluent et de la durée de stockage

La durée de stockage est un paramètre important à analyser puisque plus celle-ci augmente plus la matière peut entrer en fermentation et donc perdre du potentiel méthanogène. Les conditions de stockage ne sont pas suffisamment mentionnées dans la bibliographie pour être prises en compte dans cette étude.

Le Tableau 3 ci-dessous représente les moyennes de potentiel méthanogène par type d'effluent en fonction de la durée de stockage avant incubation. Ce tableau traduit bien le phénomène de perte du potentiel. En effet, à la ligne « Total », le potentiel méthanogène moyen semble diminuer avec l'augmentation du temps de stockage. La catégorie « 0-7 jours » ne contient que 2 données dont une valeur très basse, ce qui peut expliquer la moyenne étonnement faible de 94,3 m³ CH₄/tMO.

Tableau 3 : Potentiel méthanogène moyen par type d'effluent et durée de stockage avant digestion.

Moyenne de potentiel méthanogène (m ³ CH ₄ /tMO)	Durée de stockage avant digestion				
	Type d'effluent	0-7 jours	7-30 jours	1-6 mois	> 6 mois
Crottin seul			188,6		
Fumier sur copeaux			138		59
Fumier sur paille		94,3	190,5	167,5	
Total		94,3	172,4	167,5	59

En effet, la variabilité de chaque catégorie est représentée dans le Tableau 4 qui donne la valeur minimum et maximum de potentiel méthanogène par catégorie. On retrouve alors l'écart de valeur important de la catégorie de stockage « 0-7 jours ». Dans les autres cas, les valeurs sont plus rapprochées. A l'exception de la catégorie « > 6 mois », qui ne contient qu'une seule valeur.

Tableau 4 : Potentiel méthanogène minimum et maximum, par type d'effluent et durée de stockage avant digestion.

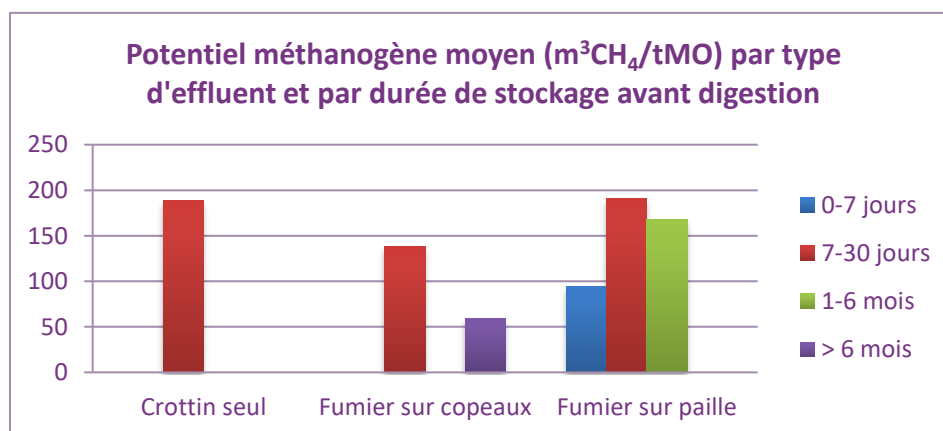
Potentiel méthanogène (m ³ CH ₄ /tMO)	Durée du stockage							
	0-7 jours		7-30 jours		1-6 mois		> 6 mois	
Type d'effluent	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Crottin seul			68	273				
Fumier sur copeaux			91	197			59	59
Fumier sur paille	20,6	168	148	233	145	190		

Il est dommage que de nombreuses sources ne précisent pas la durée de stockage avant analyse, ce qui se traduit dans le Tableau 5. Le nombre de sources par durée de stockage précise se situe toujours entre 1 et 9. Et pour 43 données, aucune durée de stockage n'est mentionnée.

Tableau 5 : Nombre de données par type d'effluent et durée de stockage avant digestion.

Nombre de données	Durée de stockage avant digestion			
	0-7 jours	7-30 jours	1-6 mois	> 6 mois
Type d'effluent				
Crottin seul		4		
Fumier sur copeaux		3		1
Fumier sur paille	2	2	2	
Total général	2	9	2	1

En conséquence, la tendance de baisse du potentiel méthanogène observée lorsque l'on considère la totalité des effluents n'est pas observable lorsqu'il s'agit d'une seule catégorie. Le graphique ci-dessous met en évidence ce manque d'information dans chaque catégorie :



Potentiel méthanogène en fonction de la fiabilité de la source

Comme précisé précédemment, la base de données est composée de sources provenant d'articles scientifiques (que l'on qualifiera de « bibliographiques ») et de sources provenant d'acteurs de la filière méthanisation (que l'on qualifiera de « filières »). Ces deux catégories sont complémentaires, puisque les données de filière proviennent d'unités en fonctionnement, elles constituent donc un retour d'expérience. Cependant ces deux types de données n'ont pas le même degré de fiabilité, les données « filières » manquant souvent de précision sur les substrats analysés.

Le tableau ci-dessous (Tableau 6) montre que les proportions de données entre les deux types de sources sont équivalentes :

Tableau 6 : Nombre de données par type de source.

	Bibliographique	Filière	Total général
Nombre de données	42	26	68

Pour ce qui est des données en elles-mêmes, présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 7), les potentiels méthanogènes moyens sont proches entre deux catégories de sources. Cependant, la catégorie « fumier sur copeaux » n'est pas représentée dans les données filières car les intrants ligneux ne sont que rarement utilisés en méthanisation du fait de leur inefficacité pour produire du biogaz. Pour les données « filières » comme pour les données « bibliographiques », on retrouve que le potentiel méthanogène moyen du fumier sur paille est plus élevé que celui du crottin seul.

Tableau 7 : Potentiel méthanogène moyen par catégorie de d'effluent et par type de source.

Moyenne de potentiel méthanogène ($m_3 \text{ CH}_4/tMO$)	Étiquettes de colonnes	
	Biblio	Filière
Crottin seul	169,05	180,0
Fumier sur copeaux	92,3	
Fumier sur paille	221,9	206,3
Total	167,7	193,2

Bien que les moyennes semblent proches entre les données « filières » et « bibliographiques », leur composition est très différente. Dans le cas du « crottin seul », il n'y a que 2 données provenant des acteurs de la filière, contre 7 provenant de la recherche bibliographique. Et, pour un nombre de données équivalent, la catégorie « filière » présente bien plus de variabilité concernant le « fumier sur paille » que la catégorie « biblio ».

Tableau 8 : Potentiel méthanogène minimum et maximum, par catégorie de d'effluent et par type de source.

Potentiel méthanogène ($m_3 \text{ CH}_4/tMO$)	Étiquettes de colonnes			
	Biblio		Filière	
	Min	Max	Min	Max
Crottin seul	68	273	180	180,0
Fumier sur copeaux	43	197		
Fumier sur paille	145	295	20,6	313,8

Potentiel méthanogène en fonction du type de chevaux

Les données à ce sujet sont peu significatives car la majorité des sources ne précisent pas le type de chevaux d'où proviennent les effluents (précisé pour seulement 3 données dans cette synthèse). Cela vient certainement du fait que les structures équestres n'effectuent pas ce tri. En raison du manque d'éléments, il est pour le moment impossible d'analyser l'influence de ce paramètre sur le potentiel méthanogène.

Conclusion

À la suite de l'analyse des données, il ressort que le potentiel méthanogène moyen des effluents équin (tous types confondus) est de 183,6 m³ CH₄/tMO. Parmi tous les types d'effluents, le « fumier sur paille » est le plus méthanogène avec une moyenne de 217,1 m³ CH₄/tMO. De plus, l'analyse du potentiel méthanogène en fonction de la durée de stockage avant digestion met en évidence qu'un stockage long des effluents diminue leur potentiel méthanogène. En effet, le potentiel moyen d'un effluent stocké plusieurs jours est de 163,2 m³ CH₄/tMO alors que celui d'un effluent stocké plusieurs mois est de 124,2 m³ CH₄/tMO. Cependant, le manque de données ne permet pas de confirmer cette dynamique pour chaque catégorie d'effluent. Enfin, l'analyse du pouvoir méthanogène par type de chevaux n'a pas été concluante, faute de sources suffisantes. En effet, une grande partie des sources ne donnent pas beaucoup de précision sur la provenance des effluents et les conditions d'analyse (durée et conditions de stockage, type d'animaux, type de litière, durée d'incubation). Les données de la filière apparaissent comme les plus imprécises. Bien que constituant un retour d'expérience précieux, il convient de les traiter avec précaution.

Sources

Bibliographiques

- Böske, J., Wirth, B., Garlipp, F., Mumme, J., & Van den Weghe, H.** (2014). Anaerobic digestion of horse dung mixed with different bedding materials in an upflow solid-state (UASS) reactor at mesophilic conditions. *Bioresource technology*, 158, 111-118.
- Böske, J., Wirth, B., Garlipp, F., Mumme, J., & Van den Weghe, H.** (2015). Upflow anaerobic solid-state (UASS) digestion of horse manure: thermophilic vs. mesophilic performance. *Bioresource technology*, 175, 8-16.
- Carabeo-Pérez, A., Odales-Bernal, L., López-Dávila, E., & Jiménez, J.** (2021). Biomethane potential from herbivorous animal's manures: Cuban case study. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 1-8.
- CUI Z., SHI J. and LI Y.** (2011). Solid-state anaerobic digestion of spent wheat straw from horse stall. *Bioresource Technology*, 102(20), pages 9432-9437.
- JP. Delgenès, M. Torrijos, JM. Savoie, R. Védie, S. Evanno, I. Zdanevitch, B. Affeltranger, T. Ribeiro, D. Dupin, B. Battistini et R. Crépon** (2012). Maîtrise de la méthanisation des fumiers équin et valorisation du digestat en substrat de culture des champignons. COMPTE RENDU TECHNIQUE DU CONTRAT D'ETUDE CASDAR N° 8068 entre Le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire et la CUMA du Pays Sud Oise et ses Partenaires.
- Hadin, Å., & Eriksson, O.** (2016). Horse manure as feedstock for anaerobic digestion. *Waste management*, 56, 506-518.
- Kusch, S., Oechsner, H., & Jungbluth, T.** (2008). Biogas production with horse dung in solid-phase digestion systems. *Bioresource technology*, 99(5), 1280-1292.
- Mönch-Tegeder, M., Lemmer, A., Oechsner, H., & Jungbluth, T.** (2013). Investigation of the methane potential of horse manure. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(2), 161-172.
- OLSSON H., ANDERSSON J., EDSTRÖM M., ROGSTRAND G., PERSSON P.O., ANDERSSON L., BOBECK S., ASSARSSON A., BENJAMINSSON A., JANSSON A., ALEXANDERSSON L. and THORELL K.** (2014). Samrötning av hästgödsel med nötflytgödsel - Fullskaleförsök vid Naturbruksgymnasiet Sötåsen (Co-digestion of horse manure with cattle slurry - Full-scale trials at Naturbruksgymnasiet Sötåsen). JTI-rapport : Kretslopp & Avfall (Recycling & organic waste) n°51, Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Sweden, 62 pages.
- Wartell, B. A., Krumins, V., Alt, J., Kang, K., Schwab, B. J., & Fennell, D. E.** (2012). Methane production from horse manure and stall waste with softwood bedding. *Bioresource technology*, 112, 42-50.

Filières

- Base de données de la CA Aisne : données recueillies auprès d'agriculteurs
- Base de données personnelle de l'exploitant Ferme équestre de Bois-Guilbert
- Bastide, G. (2013). Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation.
- C. GALIBARDY, C.LOUSTALE, E.ARRIBARROUY (2009) Etude de caractérisation des fumiers de cheval issus de centres équestres afin d'aider à la décision sur les possibilités de valorisation. REF : FUMVAL_2262 | RAPPORT FINAL.
- Données recueillies auprès de Biomasse Normandie
- Données du constructeur Planet Biogaz
- Données du constructeur Enertrag
- Données recueillies par la CA Bretagne
- ERigène. Etude de faisabilité du projet de la ferme équestre de Bois-Guilbert.
- IFIP-Institut du porc (2018). Base de données MéthaSim des potentiels méthanogènes et analyses chimiques (co)produits organiques Version 1.1.
- LABOCEA, EVALOR (2019). Rapport d'analyses de 3 échantillons de fumier équin prélevés à EARL La vallée des logers.
- LBE INRA (2009). Valorisation des fumiers équin : Etude de l'aptitude des fumiers équin de l'Aire Cantilienne à être méthanisés par voie humide. RAPPORT FINAL DE CONTRAT DE COOPERATION ET D'ETUDES entre le Pôle de compétitivité filière équine, la CUMA du Pays Sud Oise et le LBE-INRA de Narbonne.
- METHA REAGIR – BMP FUMIER EQUIN 1 – COPIE CH AGRI NORMANDIE .Résultats d'analyses
- METHA REAGIR – BMP FUMIER EQUIN 2 – COPIE CH AGRI NORMANDIE. Résultats d'analyses.
- METHA REAGIR – BMP FUMIER EQUIN 3 – COPIE CH AGRI NORMANDIE. Résultats d'analyses.
- Projet "Valorisation du fumier de cheval", France Galop, FIVAL et Cheval Français (2008). Résultats d'analyses.
- P.POUECH (2008). Etude préliminaire pour la mise en place d'une unité de méthanisation de fumier de cheval. Parc Equestre Fédéral de LAMOTTE BEUVRON. Fédération Française d'Equitation. REF : 2901_FFE

Anne WALLRICH
Conseillère agricole énergie



ALLEZ PLUS LOIN avec la Chambre !

Ensemble des résultats du projet EQUIFUMIER

Vous pouvez retrouver l'ensemble des résultats du projet EQUIFUMIER sur la voie de valorisation en méthanisation sur le site internet des Chambres d'agriculture de Normandie :

- Guide pratique du traitement du fumier équin en méthanisation
- Outil de calcul de l'intérêt à traiter du fumier équin
- Synthèse des unités traitant du fumier équin en Normandie.

