



Bureau de l'efficacité et de l'innovation
énergétiques

BIOMÉTHANISATION

FICHE DÉTAILLÉE

Cette fiche détaillée fait partie d'une série de 16 fiches présentant des mesures et pratiques en efficacité énergétique applicables au secteur agricole, publiées en août 2012.

Le contenu de cette fiche détaillée est une copie de l'une des sections du document *Étude de faisabilité technico-économique pour la mise en place d'une ferme modèle écoénergétique au Saguenay-Lac-Saint-Jean, Rapport final*. Ce document a été réalisé pour le compte de l'Agence de l'efficacité énergétique en juillet 2010.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE

Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques
5700, 4^e avenue Ouest, B 406
Québec (Québec) G1H 6R1

Téléphone : 418 627-6379 ou 1 877 727-6655
Télécopieur : 418 643-5828
Site Internet : www.efficaciteeenergetique.mrnf.gouv.qc.ca
Courriel : efficaciteenergetique@mrnf.gouv.qc.ca

Août 2012
© Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

ISBN (PDF)

Le procédé de biométhanisation est également appelé digestion anaérobie, fermentation anaérobie ou méthanisation.

1 DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE

La biométhanisation consiste en une dégradation naturelle de la matière organique par des microorganismes vivants en absence d'oxygène. Cette réaction génère un mélange de composants gazeux à partir du carbone contenu dans la matière organique. Ce mélange est appelé « biogaz » et est constitué de méthane (50-75 %), de dioxyde de carbone (25 à 45 %) ainsi que de quelques autres éléments (moins de 2 %) tels que l'hydrogène sulfureux (H₂S), l'hydrogène (H₂), l'eau (H₂O), l'oxygène (O₂), l'ammoniac (NH₃) et l'azote (N₂). Parmi ces composants, seul le méthane est considéré pour la valorisation énergétique. Il est à noter que le gaz naturel commercialisé est composé à environ 97 % de méthane.

Contrairement à la digestion aérobie, la biométhanisation est un procédé qui dégage peu de chaleur. Elle transfère jusqu'à 90 % de l'énergie contenue dans la matière organique vers les molécules de méthane. Le procédé de biométhanisation se réalise à travers quatre phases successives qui exigent des conditions spécifiques pour en tirer le meilleur bénéfice. Pour cette raison, ce procédé est réalisé à l'intérieur d'un réacteur hermétique, le biodigesteur (figure 4-1). Plusieurs technologies de biométhanisation sont en opération à travers le monde. Ils se distinguent principalement par la température d'opération des bioréacteurs (procédé psychrophile, mésophile ou thermophile) et par le séquençage des opérations (alimentation discontinue, semi-continue ou continue). Le traitement thermophile (autour de 50 à 55°C) est plus rapide et nécessite des installations de plus petite taille. Toutefois, le contrôle des paramètres d'opération est plus sensible et le procédé consomme une plus grande proportion du biogaz produit. Les procédés mésophiles (autour de 35°C) sont les plus communs alors que les différents séquençages sont mieux représentés.

Le biogaz produit peut être utilisé à des fins diverses. Sa valorisation thermique (sous forme de chaleur) est généralement la plus simple car elle requiert un minimum d'investissement (équipement de désulfuration, réseau de distribution et brûleurs). Elle est également la plus efficace récupérant jusqu'à 90 % du contenu énergétique du biogaz. Sur les fermes, le biogaz se substitue facilement au propane ou au gaz naturel. Toutefois, il est difficile de valoriser la totalité du biogaz à la ferme sous forme thermique en raison d'une part du décalage entre la période de besoins élevés de chauffage (hiver) et la production maximale (été) et d'autre part, de la production qui excède généralement les besoins thermiques de l'entreprise (chauffage des bâtiments et de l'eau). Certaines entreprises peuvent mieux valoriser thermiquement ce biogaz (séchage de foin et de grain, serres, séchage de grains, etc.). Aussi, la mise en oeuvre d'un tel procédé doit être précédée d'une analyse systématique des applications possibles pour l'entreprise. Lorsque la quantité de produits organiques (lisiers, cultures énergétiques, etc.) est suffisamment grande, il peut être intéressant de générer de l'électricité pour une utilisation à la ferme ou pour éventuellement alimenter le réseau public. Cette cogénération dégage une grande quantité d'énergie thermique à basse température qu'il est aussi disponible de valoriser (figure 4-2). Cette application, bien que moins efficace et nécessitant des investissements plus importants, valorise une plus grande proportion de biogaz. D'autres applications sont en théorie disponibles. Elles impliquent toutefois des investissements plus lourds et des étapes de purification du biogaz qui se justifient par une production importante de biogaz.



Figure 4-1
Biodigesteurs isolés thermiquement

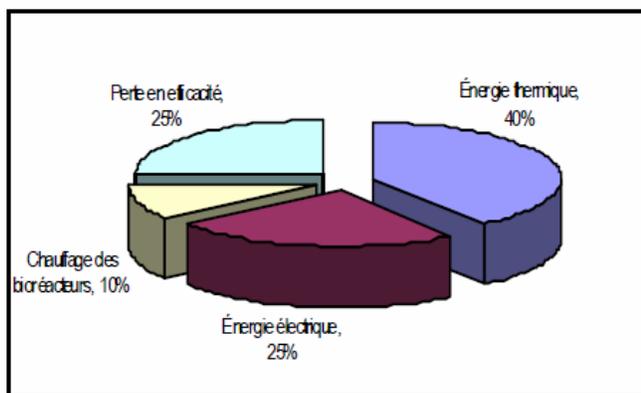


Figure 4-2
Répartition de l'énergie produite par cogénération du biogaz

2 DOMAINE D'APPLICATION

La biométhanisation a été développée en Occident principalement pour la « digestion anaérobie » d'effluents présentant des charges organiques élevées (boues provenant du traitement des eaux usées municipales ou industrielles, effluents d'élevage, etc.). Elle a été introduite au Québec dans le cadre de la réduction de la problématique des surplus de lisiers de porcs dans certaines régions du Québec. Elle est toutefois de plus en plus reconnue pour sa capacité à générer de l'énergie renouvelable à partir de matière organique, résiduelle ou non, et pour son impact positif sur le bilan des GES. La biométhanisation est particulièrement développée dans les pays où le coût de l'énergie est élevé et où des incitatifs économiques ont été mis en place. C'est le cas particulièrement en Allemagne où on dénombrait plus de 4000 installations en 2008. Afin d'améliorer le rendement énergétique des digesteurs, la biométhanisation fait appel à la codigestion des effluents d'élevage avec des résidus organiques (déchets urbains, résidus agroalimentaires) et de plus en plus avec des cultures énergétiques.

Aux États-Unis, depuis l'instauration du programme AgSTAR en 1994, il y aurait eu 140 systèmes de biométhanisation construits, soit 116 en production laitière, 19 en production porcine, 3 en aviculture et 2 en production bovine (AgStar, 2010). La taille moyenne des fermes laitières est de 2 000 têtes et celle de la plus petite, de 150 têtes alors que la taille moyenne des fermes porcines est de 23 000 têtes et celle de la plus petite, 145 têtes. La production totale d'énergie est de 378 500 MWh (soit l'équivalent de 26,5 M\$ à 0,07 \$/kWh) et 126 sites génèrent de l'énergie électrique ou thermique. Près de 25 % des fermes recourent à la codigestion des lisiers, principalement avec des résidus d'industrie agroalimentaire.

Au Canada, une dizaine de systèmes de biométhanisation seraient en opération. Au Québec, deux systèmes de technologie Bio-Terre Systems Inc. sont implantés sur deux sites de production porcine ; le lisier de porc y est traité sans codigestion. Le biogaz est utilisé sous forme thermique uniquement sur un site alors que sur le second, on produit également de l'électricité. La puissance totale de production est estimée à 270 kW, dont 210 kW, thermique et 50 kW, électrique. La technologie Lipp a été installée pour traiter du lisier de volaille mais les essais n'ont pas été satisfaisants. Un procédé de biométhanisation est également installé à la Fromagerie Blackburn pour le traitement des eaux blanches et du lactosérum. Le biogaz est consommé sur place pour produire l'eau chaude de l'usine. D'autres projets sont actuellement en cours pour le traitement des eaux usées domestiques.

3 POTENTIEL D'ÉCONOMIE ET/OU DE PRODUCTION D'ÉNERGIE

Les fermes sont à la fois des productrices et des utilisatrices potentielles de biogaz. Le potentiel de production dépend des produits générés et de leur quantité. Le tableau 4-1 présente la production énergétique maximale (sous forme thermique) et la production d'électricité que peuvent fournir différents intrants d'origine agricole. De façon générale, les lisiers et les fumiers ont un potentiel énergétique limité en raison de leur faible teneur en matière sèche et de leur faible contenu en matière organique fermentescible (solides volatils). À l'inverse, l'ensilage de maïs et les corps gras ont un potentiel très élevé, d'où l'intérêt de la codigestion des fumiers et lisiers avec d'autres produits à valeur énergétique élevée.

À titre indicatif, les projets de biométhanisation de lisier de porcs au Québec peuvent générer des puissances thermiques de 90 kWth et de 180 kWth (ou 60 kWe plus 120 kWth) respectivement pour des productions de 4 000 et 8 000 m³ de lisier par année. Le potentiel de production d'énergie thermique d'une ferme laitière est de l'ordre de 300 W par animal en inventaire, soit 30 kW pour une ferme de 100 têtes (vaches et remplacement), générant ainsi 720 kWh par jour. Sous forme thermique, ce potentiel représente l'équivalent d'environ 110 litres de propane ou 70 litres d'huile à chauffage.

Le potentiel d'économie dépend en grande partie de la possibilité pour l'entreprise de consommer l'énergie produite au moment de sa production. De façon générale, si l'entreprise réalise la cogénération, elle est autonome d'un point de vue énergétique. Aussi, les économies potentielles sont équivalentes à leur consommation. Si la valorisation du biogaz est sous forme thermique uniquement, les économies envisagées sont équivalentes à la consommation de combustibles.

Tableau 4-1
Potentiel énergétique de différents produits d'origine agricole (source : Fischer, 2007)

Intrant	Taux de matière sèche (% b.h.)	Taux de solides volatils (% b.s.)	Production de biogaz		Production énergétique ¹	
			(L/kgSV)	(m ³ /tm)	Thermique ² (kWh/tm)	Électrique ³ (kWh _e /tm)
Maïs (ensilage)	30	94	700	197	1 032	380
Blé (ensilage)	30	90	600	162	849	313
Foin (ensilage)	30	89	550	145	760	280
Bovin (lisier)	8	80	200 - 500	13 - 32	68 - 168	25 - 62
Porc (lisier)	6	75	350 - 500	16 - 23	84 - 121	31 - 44
Volaille (fumier)	24	85	300 - 550	61 - 112	320 - 587	118 - 216
Déchets domestiques	20	90	700	126	660	243
Gras	25	95	1 000	238	1 247	460

¹ Biogaz composé à 65% de méthane.

² Consommation de 10% pour chauffer les bioréacteurs et une efficacité thermique de 95% du méthane.

³ Consommation de 10% pour chauffer les bioréacteurs et une efficacité de cogénération de 35%.

4 DISPONIBILITÉ DE LA TECHNIQUE

Au Québec, Bio-Terre Systems est la firme présentant le plus d'expérience dans le domaine de la biométhanisation d'effluents d'élevage. Elle s'est associée des partenaires québécois dans le domaine de l'ingénierie, Le Groupe S.M. International et Les Entreprises Kanitek, ainsi que la firme DGH Engineering du Manitoba. Bio-Terre Systems est à l'origine des deux projets à échelle commerciale en activité sur des fermes porcines au Québec.

La firme Électrigaz offre également des services de consultation dans ce domaine en partenariat avec des firmes étrangères, notamment avec la firme allemande Krieg & Fischer qui ont réalisé plusieurs projets de biométhanisation principalement en Allemagne et en Europe mais également au Canada.

Il existe plusieurs firmes en Ontario et aux États-Unis qui offrent les services de consultation pour cette technologie (OMAFRA, 2010).

5 ESTIMATION DE LA RENTABILITÉ

Les coûts d'implantation et d'opération d'un projet de biométhanisation varient avec le type et la taille de l'entreprise et la possibilité ou non de faire la cogénération et la codigestion. Le coût d'un système de biométhanisation avec cogénération pour une ferme laitière de 100 vaches en production et leur remplacement serait de \$ 300 000 (Camirand, 2007) et générerait 450 kWh_{el} et 560 kWh_{th} par jour soit la puissance pour électrifier 5 maisons et l'équivalent de 100 litres de propane. La valeur annuelle de cette production serait de l'ordre \$ 36 000 (0,07 \$/kWh_{el} et 0,68 \$/L propane). Le coût d'un tel système pour une ferme porcine naisseur - finisseur produisant 10 000 porcs par année serait d'environ 550 000 \$ (Laflamme, 2007) et aurait la capacité de générer 790 kWh_{el} et 990 kWh_{th} par jour pour une valeur annuelle de \$ 64 000.

Malgré ces revenus potentiels, les systèmes de biométhanisation ne sont pas rentables sur cette seule base. Aussi, dans tous les pays où la biométhanisation s'est développée, les autorités gouvernementales et la population ont contribué de façon significative à la rentabilisation de cette production énergétique. Cette contribution passe par une combinaison de subventions à l'investissement, de prix d'achat plus élevés consentis par les autorités pour de l'énergie renouvelable et d'achat volontaire de blocs d'électricité à des tarifs plus élevés.

5.1 Sensibilité au coût de l'énergie conventionnelle (électricité et/ou hydrocarbure)

Compte tenu de la stabilité relative des coûts d'électricité au Québec, il est peu probable qu'une variation importante soit observée au cours des prochaines années. À l'inverse, le prix des hydrocarbures tels que le propane, le gaz naturel et l'huile n° 2 (huile à chauffage) est soumis à de multiples facteurs tant économiques que politiques. Aussi, le prix de ces combustibles est susceptible de connaître de fortes variations.

5.2 Type d'élevage et taille de la ferme

La biométhanisation s'applique bien à des effluents dont la teneur en matière sèche est inférieure à 12 % (liquide), ce qui explique la prédominance d'installation de biométhanisation sur des élevages laitiers et porcins. Par ailleurs, il est possible d'installer de tels systèmes sur de petites fermes, toutefois le coût peut être prohibitif.

5.3 Bâtiment neuf ou bâtiment existant

L'installation d'un système de biométhanisation est généralement indépendant des bâtiments d'élevage. Aussi, le coût de son installation varie peu s'il est installé à la construction d'un bâtiment ou sur un site déjà en opération.

6 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

La biométhanisation présente plusieurs avantages à différents chapitres.

Environnement et agronomie

- Dégradation de la charge organique des lisiers (DBO et DCO);
- Réduction des odeurs des fumiers;
- Réduction du niveau des pathogènes des fumiers;
- Extraction et exportation possible des boues des digesteurs contenant une quantité importante du phosphore et de certains sels (magnésium et calcium);
- Réduction des émissions de GES découlant de l'entreposage des fumiers solides ou liquide ou lorsque le biogaz est collecté et utilisé en remplacement de combustible fossile;
- Augmentation de la biodisponibilité de certains nutriments.

Économie

- Disponibilité de programme de subvention relié à la réduction des émissions de gaz à effet de serre;
- Indépendance énergétique de la ferme (avec cogénération);
- Disponibilité d'énergie supplémentaire à disposer;
- Stabilisation à long terme des coûts énergétiques;
- Possibilité de codigérer des matières organiques afin d'améliorer le rendement énergétique des digesteurs;
- Possibilité de percevoir des redevances de traitement pour des résidus énergétiques.

Les principaux inconvénients de l'implantation d'un système de biométhanisation sont d'ordre économique.

- Coût élevé des investissements;
- Impact important de la taille de l'entreprise sur les coûts d'immobilisation d'un biométhanisateur;
- Petite taille des entreprises agricoles québécoise;
- Difficulté à arrimer des projets de codigestion en lien à plusieurs aspects : techniques, financier et réglementaire.

7 RECOMMANDATIONS

De façon générale, la biométhanisation d'effluents d'élevage seule ne peut se rentabiliser et ce, même si une utilisation sous forme thermique à la ferme de tout le biogaz produit était possible (par exemple chauffage de serres, séchage de fumier, de fourrages ou de grains, etc.) et que les subventions étaient disponibles à l'entreprise. Par ailleurs, aucun programme d'envergure ne semble se dessiner pour la promotion de l'énergie produite par ce procédé et destiné aux producteurs agricoles.

8 RÉFÉRENCES

AgStar. 2009. Site <http://www.epa.gov/agstar/index.html>, mis à jour le 23 novembre 2009.

CRAAQ. 2008. La biométhanisation à la ferme. Centre de référence en agriculture et en agroalimentaire du Québec. 14p.

OMAFRA. 2010. Site http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/ad_contact.htm#2, mis à jour le 8 janvier 2010.

Camirand, É. 2007. Principes du biogaz. Journée sur la méthanisation des engrais de ferme – Production de biogaz à la ferme : le Québec a-t-il ce qu'il faut ? Sainte-Julie, 26 janvier 2007.

Fisher, T. 2007. Expérience allemande : politique et apprentissage technologique. Journée sur la méthanisation des engrais de ferme – Production de biogaz à la ferme : le Québec a-t-il ce qu'il faut ? Sainte-Julie, 26 janvier 2007.

Laflamme, C.B. 2007. Production électrique à la ferme. Journée sur la méthanisation des engrais de ferme – Production de biogaz à la ferme : le Québec a-t-il ce qu'il faut? Sainte-Julie, 26 janvier 2007.