

## **VISITE D'UN DIGESTEUR ANAÉROBIE FERME KLAESI, RENFREW, ONTARIO**

Le 4 avril dernier, un groupe d'une cinquantaine de producteurs et d'intervenants de différents milieux a pris la route pour se rendre à Renfrew, en Ontario. L'objectif du voyage était de visiter la ferme des frères Klaesi, où un digesteur anaérobie est en opération depuis 3 ans. Les producteurs ont eux-mêmes fait l'installation et la mise en opération du système de traitement anaérobie du lisier de vache. L'entreprise possède un cheptel de 200 têtes et cultive tout près de 200 hectares.

Les frères Klaesi (un ingénieur électrique et un éleveur, tous deux sur la ferme) souhaitaient atteindre l'autosuffisance en énergie en implantant un digesteur anaérobie. Leurs coûts en électricité étaient de l'ordre de 2 500 \$/mois avant l'installation du digesteur. Actuellement, les coûts oscillent entre 20 et 25 \$/mois. N'ayant pas de problèmes de manque de superficies d'épandage, l'extraction du phosphore et/ou de l'azote ne les intéressait pas. Au contraire, l'obtention d'un digestat (lisier traité) riche en éléments fertilisants minéralisés s'avérait encore plus avantageux pour leurs cultures.

### **CONSTRUCTION**

Le tout a débuté avec la parution d'un article, dans un journal suisse, qui traitait d'un digesteur anaérobie à fumier, simple d'opération et de construction. Suite à la lecture de cet article, les frères Klaesi ont démarré leur projet en important d'Allemagne une génératrice à moteur bi-énergie et un automate. Ces équipements, d'une valeur approximative de 100 000 \$, comptent pour près de 50 % des frais d'immobilisations de leur installation. Une mini-fosse constituant le bioréacteur, d'une capacité de 500 m<sup>3</sup>, a été aménagée à même la fosse existante. Le reste de la fosse est utilisé pour l'entreposage du digestat. Un agitateur a été inséré dans le bioréacteur, ainsi qu'une entrée pour le lisier frais et une sortie pour le digestat. Le biogaz produit est capté sous une toile élastique qui recouvre le bioréacteur (voir schéma ci-bas). Le bioréacteur se retrouve 3,6 mètres sous terre et 1,2 mètre hors terre. La digestion étant prévue à 40 degrés Celsius, l'intérieur du digesteur a dû être isolé complètement. Cette tâche s'est avérée coûteuse et il semble qu'il n'y ait pas eu d'économie à se servir de la fosse existante. L'isolation extérieure d'un digesteur construit à côté de la fosse aurait été moins complexe.



**Figure 1. Bioréacteur construit à même la fosse existante**

Lors de la construction, une ligne d'air a été installée à l'intérieur du bioréacteur, dans la section où la toile élastique se gonfle. Le tuyau perforé fait la circonférence du bioréacteur. Ceci permet l'injection d'air dans le biogaz (et non dans le fumier) afin de le désulfurer naturellement en le diluant et en stimulant des bactéries déjà présentes dans le biogaz. Avec l'ajout de la ligne d'air, la concentration de sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) chute de 2000 ppm à 200 ppm, une concentration beaucoup moins dommageable pour les équipements et moteurs. D'ailleurs, grâce à la désulfuration, l'entretien des moteurs s'effectue toutes les 500 heures. À 2 000 ppm de  $H_2S$  dans le biogaz, l'huile du moteur devrait être changée toutes les 100 heures de fonctionnement.

Le coût global de la construction a été d'environ 200 000 \$ pour la Ferme Klaesi, sans subvention du gouvernement et avec plus de 1 500 heures de travail faites par les producteurs.

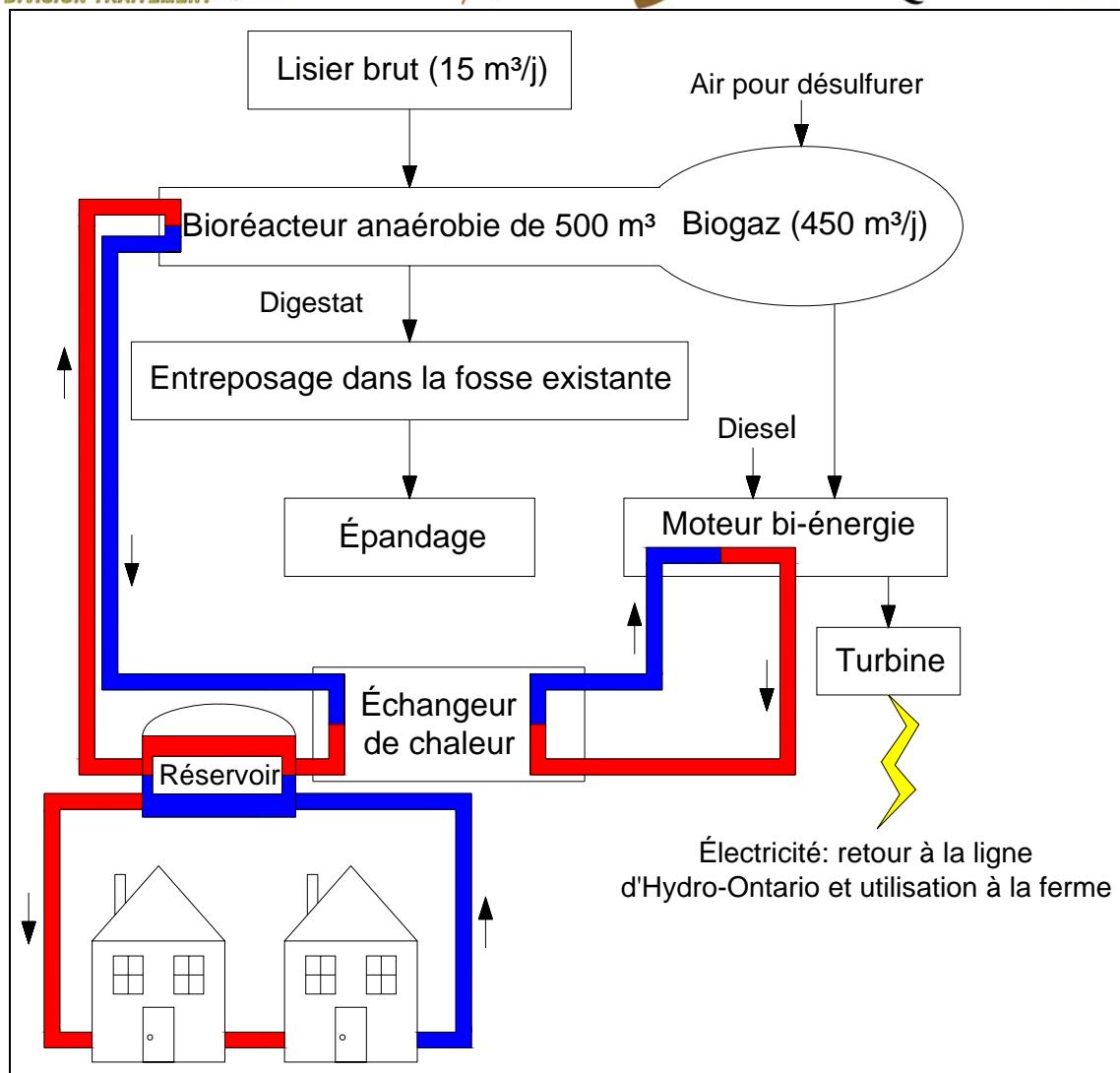


Figure 2. Schéma de fonctionnement

Le lisier de vache (12 % de siccité) est introduit quotidiennement, par gravité, dans le bioréacteur. Le fumier entre à 0,6 mètre du haut du bioréacteur. L'agitateur mélange le fumier frais au contenu du digesteur de façon continue, afin de s'assurer que la nouvelle matière se mélange au fumier partiellement digéré et pour empêcher que les fibres ne flottent à la surface. Il est connu que les bactéries anaérobies se fixent sur la partie fibreuse du fumier (paille, refus d'alimentation, etc.), d'où l'importance de bien mélanger la masse afin de mettre le plus de fumier possible en contact avec les bactéries. L'ajout de lisier frais provoque la sortie d'un volume équivalent de digestat par le bas du digesteur, vers la fosse. Le temps de rétention du fumier dans le digesteur varie de 25 à 28 jours.

Le fumier frais entre dans le système à 10-15 degrés Celsius. Il ne produit donc pas de biogaz immédiatement. La température doit augmenter à 40 degrés Celsius pour que la matière organique (carbone) soit digérée par les bactéries et produise du biogaz. Le chauffage de la masse à digérer se fait à l'aide de tuyaux de plastique qui circulent à l'intérieur du fumier. La lecture de la température du fumier entrant, du digestat et de l'eau chaude est effectuée automatiquement et l'approvisionnement en eau chaude (glycol) dans les tuyaux est régularisé selon les besoins.

La génératrice est mise en fonction près de 16 heures par jour. Un premier démarrage a lieu le matin, à l'heure de la traite (5 h 30 à 11 h). À ce moment, c'est le biogaz produit durant la nuit et accumulé sous la toile gonflante, qui est brûlé. Un deuxième démarrage s'effectue en milieu d'après-midi, vers 14 h. La génératrice fonctionne en continu jusque vers 23 h. Le démarrage de la génératrice est programmé.

Les producteurs passent en moyenne 15 minutes le matin pour vérifier la température, le pH, le volume de biogaz produit et la quantité de diesel restante. Ils tendent aussi l'oreille lorsqu'ils circulent près du garage où se trouve la génératrice. Tous les mois, un entretien d'une demi-journée est requis.

#### **RENDEMENT EN ÉNERGIE**

Actuellement, le digesteur fonctionne à 50 % de sa capacité. La digestion quotidienne de 15 m<sup>3</sup> de fumier de vache frais permet de produire près de 450 m<sup>3</sup> de biogaz. Le biogaz contient jusqu'à 60 % de méthane (CH<sub>4</sub>), le reste du gaz se composant de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de traces de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), de vapeur d'eau et de traces d'autres gaz. Le biogaz est transféré à la génératrice en deux phases. La génératrice est d'abord démarrée avec du diesel. Après une période de 2 minutes, le biogaz refroidit est introduit dans le moteur, jusqu'à ce que la production d'énergie atteigne une puissance de 50 kW. À ce point, l'injection du diesel passe de 5,5 litres/heure à 1,5 litre/heure. La proportion d'alimentation est donc de 8 % de diesel et de 92 % de biogaz une fois la production d'énergie stabilisée.

Le méthane produit quotidiennement est converti en électricité et en chauffage. 36 % du rendement énergétique sert à produire de l'électricité et 48 % est récupéré sous forme de chaleur via le liquide de refroidissement du moteur et un

échangeur de chaleur. Le reste représente les pertes de chaleur. L'électricité produite permet de subvenir aux besoins de la ferme (750 kWh/jour), alors que 50 % de l'énergie produite sous forme d'eau chaude sert à régulariser la température du digesteur. L'autre moitié de la chaleur permet de chauffer deux maisons. Le surplus d'électricité est envoyé, gratuitement pour l'instant, sur le réseau de Hydro-Ontario. Cependant, selon les producteurs, il est possible qu'un contrat de 0,145 \$/kWh, en période de pointe, soit signé dans un avenir rapproché.



Figure 3. Générateur bi-énergie

Il faut également mentionner l'impact de l'alimentation du troupeau sur le rendement en biogaz, car c'est un élément non négligeable. Les Klaesi ont dû faire des modifications à l'alimentation des vaches afin d'obtenir un fumier « énergétique », plus riche en carbone.

## AIDE FINANCIÈRE

La Ferme Klaesi n'a pas profité de subventions du gouvernement. Par contre, un réservoir en béton et une pompe ont été installés et subventionnés par le Ministère de l'Agriculture de l'Ontario. Ce réservoir permet à l'entreprise de recevoir des graisses de restaurant afin de les incorporer au fumier. L'ajout de 1 à 1,5 m<sup>3</sup> par jour de graisse aux 15 m<sup>3</sup> de lisier de vache pourra potentiellement permettre de doubler le rendement en biogaz. De plus, les producteurs pourront être rémunérés par les restaurateurs, car ils chargeront environ 30 à 40 \$ par tonne de graisse reçue à la ferme. Ils ont le droit de recevoir un volume de sous-produits (autres que du fumier) jusqu'à concurrence de 25 % du volume total de produits (fumier+autres) entrant dans le digesteur. Le fait de charger les restaurateurs et de vendre de l'électricité sur le réseau de Hydro-Ontario leur permettra d'avoir un retour sur leur investissement en 5 ans. En économisant seulement sur leurs coûts d'électricité (0,10 \$/kWh), le retour sur l'investissement se ferait en 10 ans.



Figure 4. Réservoir pour recevoir des sous-produits

## INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LA DIGESTION ANAÉROBIE

Voici quelques informations d'ordre général sur la digestion anaérobie :

La digestion anaérobie peut se faire à trois plages de température :

- basse température (20-25 degrés Celsius, psychrophile);
- moyenne température (37-40 degrés Celsius, mésophile);
- haute température (60 degrés Celsius, thermophile).

Chacune des plages de température possède des avantages. Plus la température est élevée, plus la production de biogaz est importante, mais moins le procédé est stable. Inversement, les digesteurs à basse température sont très stables, mais moins performants en termes de production de biogaz. La Ferme Klaesi a choisi un système mésophile, pour la stabilité et le rendement relativement bons.

Pendant la digestion anaérobie, la décomposition de la matière organique se produit. Plus il y a de carbone à digérer, plus la production de méthane est accrue ( $\text{CH}_4$ ). Le digestat (fumier digéré) contient environ 50 % du carbone et tous les éléments fertilisants (N, P, K) sont sous forme minérale. Ceux-ci sont plus assimilables par les plantes. Le digestat ne dégage pas de mauvaises odeurs et est facile à homogénéiser avant l'épandage (temps de brassage réduit).

Les pathogènes sont grandement diminués suite à la digestion, ce qui diminue ainsi les risques de contamination de la nappe phréatique lors de l'épandage. À la Ferme Klaesi, une étude faite en 2004-2005 a permis de mesurer que 95 à 97 % des pathogènes sont détruits.

Il ne faut pas négliger de bien nourrir le digesteur. Quelques degrés en trop ou en moins, une variation du pH ou tout autre changement de milieu peut détruire les micro-organismes responsables de la digestion. Ceux-ci se développent à même la masse à digérer. Une période de rodage est donc nécessaire et il faut toujours laisser une quantité de biomasse dans le digesteur pour que les microorganismes puissent continuer à y vivre. La qualité et la quantité de gaz produits dépendent de la matière à décomposer et des conditions dans lesquelles elle se trouve.

La digestion anaérobie permet de réduire considérablement l'émission de gaz à effet de serre. Lorsque les processus d'échange de crédits de  $\text{CO}_2$  seront mis en place, une entreprise comme celle des frères Kleasi pourra vraisemblablement vendre des crédits de  $\text{CO}_2$ . Cette partie du dossier est à suivre...