

2 sources d'énergie à partir du Méthane d'origine Agricole.

Afin d'appréhender de manière pragmatique les gisements d'énergie à base de méthane d'origine agricole la SRIPF BN a visité **2 sites de production** de méthane l'un GAEC dont la production finale est de l'électricité et un groupement d'agriculteurs associé avec une ville en SARL pour produire du Gaz de ville. Des compléments plus théoriques complètent les témoignages recueillis lors des visites. **Le Gaec du pays Bichois** installé à la Chapelle Biche près de Flers de l'orne comprend actuellement 2 associés, 3 salariés, un apprenti. Il est issu d'une ferme où 4 générations d'une même famille se sont succédées depuis 102 ans. Le dernier en date **Hubert Letellier** est associé aujourd'hui en Gaec avec l'un de ses collègues près de Flers. Le Gaec est créé depuis 2014 composé de 2 fermes avec des bâtiments à quelques kilomètres pour les veaux et les génisses.

L'installation a été mise en route en 2016 avec une production de 32 KW /h. Cette installation a nécessité un investissement 1,7 millions d'euros avec une charge d'emprunts 1/3 de l'investissement. Le Gaec est le seul actionnaire de cette installation avec la volonté d'être autonome et la prise en compte des déchets de la ferme pour faire cette unité production de méthane à vocation d'énergie électrique. Autrement dit le site a été conçu avec un investissement à la taille de la ferme et son potentiel de développement. Le Gaec installé dans le bocage normand, dispose **de 230 hectares de terrain, de 220 vaches**. La majeure partie des vaches laitières sont installées à la ferronnerie nom de la ferme. Une salle de traite de 32 vaches assure la production du lait deux fois par jour. Les génisses sont dans l'autre ferme à 7 km de distance. De plus le Gaec agit en



tant que prestataire pour un groupement porcins afin d'apporter le logement, l'alimentation et le soin **de 700 petits porcins et leurs mères**. L'ensemble reste quelques semaines dans la ferme avant d'être repris par ce regroupement. Les associés projettent de réunir l'ensemble des animaux dans un même lieu avec une extension de 4000 m2 de Bâtiment supplémentaire couvert de panneaux photovoltaïques. Le Gaec **reste en priorité une ferme d'élevage laitière** avec un métier principal de producteur de lait et un autre de prestataire de service pour de l'élevage porcins. L'organisation en Gaec permet aux associés de disposer un week-end sur 3 entièrement libre, de se libérer pour des congés avec une planification de travail de l'ensemble du personnel. Avantage du Gaec : 1 week-end sur 3 de libre, un cycle de traite tous les personnes associés et salariés sont impliqués. Le site de production de méthane a pour vocation de traiter les déchets de la ferme à la fois par la récupération du méthane et l'utilisation du digestat en engrais à destination de l'exploitation agricole et de sa production de blé, de maïs, seigles. L'unité de méthane génère 450000 euros de CA annuel. La méthanisation est effectuée sans air avec une température de 43 °pour créer les conditions favorables au développement des bactéries. Il faut du fumier, des effluents mais aussi des compléments tels que des pommes et des matières issues de végétales : betteraves, seigles pour nourrir tous les jours les bactéries. De manière général le gaz a deux vocations : 1 - soit il est purifié pour le transformer en gaz de chauffage transporté par des canalisations spécifiques. 2- soit il est consommé par un moteur qui alimente une génératrice de courant, celui-ci arrive à un transformateur Enedis à l'entrée de la ferme. L'obligation exigée par ENEDIS ce moteur doit fonctionner 1600h minimum/an (235 Kg Watt / Heure produit.) avec un CA / jour de 2100 à 2300 euros/ jour. **La ferme ne s'autoalimente pas**. Elle fournit tout le courant qui est revendu à ENEDIS en cas de panne un groupe électrogène est installé pour assurer l'activité de la ferme. Un Contrôle du moteur est effectué tous les 40 jours par des motoristes spécialisés. **La ferme a 2 compteurs d'énergie**, un pour l'énergie sortante (plus chère, c'est celle fabriquée) et l'énergie rentrante

tant que prestataire pour un groupement porcins afin d'apporter le logement, l'alimentation et le soin **de 700 petits porcins et leurs mères**. L'ensemble reste quelques semaines dans la ferme avant d'être repris par ce regroupement. Les associés projettent de réunir l'ensemble des animaux dans un même lieu avec une extension de 4000 m2 de Bâtiment supplémentaire couvert de panneaux photovoltaïques. Le Gaec **reste en priorité une ferme d'élevage laitière** avec un métier principal de producteur de lait et un autre de prestataire de service pour de l'élevage porcins. L'organisation en Gaec permet aux associés de disposer un week-end sur 3 entièrement libre, de se libérer pour des congés avec une planification de travail de l'ensemble du personnel. Avantage du Gaec : 1 week-end sur 3 de libre, un cycle de traite tous les personnes associés et salariés sont impliqués. Le site de production de méthane a pour vocation de traiter les déchets de la ferme à la fois par la récupération du méthane et l'utilisation du digestat en engrais à destination de l'exploitation agricole et de sa production de blé, de maïs, seigles. L'unité de méthane génère 450000 euros de CA annuel. La méthanisation est effectuée sans air avec une température de 43 °pour créer les conditions favorables au développement des bactéries. Il faut du fumier, des effluents mais aussi des compléments tels que des pommes et des matières issues de végétales : betteraves, seigles pour nourrir tous les jours les bactéries. De manière général le gaz a deux vocations : 1 - soit il est purifié pour le transformer en gaz de chauffage transporté par des canalisations spécifiques. 2- soit il est consommé par un moteur qui alimente une génératrice de courant, celui-ci arrive à un transformateur Enedis à l'entrée de la ferme. L'obligation exigée par ENEDIS ce moteur doit fonctionner 1600h minimum/an (235 Kg Watt / Heure produit.) avec un CA / jour de 2100 à 2300 euros/ jour. **La ferme ne s'autoalimente pas**. Elle fournit tout le courant qui est revendu à ENEDIS en cas de panne un groupe électrogène est installé pour assurer l'activité de la ferme. Un Contrôle du moteur est effectué tous les 40 jours par des motoristes spécialisés. **La ferme a 2 compteurs d'énergie**, un pour l'énergie sortante (plus chère, c'est celle fabriquée) et l'énergie rentrante



SNIPF B.Normandie

Notre Président Jean-Luc LEVEQUE a eu le plaisir de remettre à Christine GUIBOUT ; l'attestation de **Membre Eminent des Ingénieurs Professionnels de France**. Ingénieure Qualité, Christine a exercé notamment dans le domaine des industries de la



santé.

(Suite 1 méthane)

(moins chère, celle dépen- sée par la ferme). L'énergie dégagée par la ferme pourrait alimenter la population de la Chapelle Biche, le bourg voisin sur une année pour 500 personnes. C'est environ **30 tonnes de matières / jour** (fumier, lisier, végétaux) qui alimente l'unité de méthane en énergie. 40% retourne au process. Sur des déchets 30 Tonnes /jour, **27 Tonnes restent (Digestat) et 3 tonnes dévorés par les bactéries**. Une partie de la chaleur dégagée est utilisée pour l'eau chaude de l'exploitation nettoyage de la stabulation et autres bâtiments.





(Suite 2 Méthane) mais elle sert aussi pour l'eau chaude de l'habitation et le chauffage de la maison d'un des associés à proximité de la ferme, c'est environ de 2 à 3%. Du volume de Gaz. Il faut environ **8 tonnes de végétaux** / jour ce sont des matières issues de l'inter-culture par exemple du seigle entre 2 cycles de maïs. 140 hectares sont utilisés pour produire le Maïs en 2 cycles. **50 hectares sont utilisés** sur une période donnée pour **produire cette inter-culture**. Le Gaec fait des ratios de végétaux pour déterminer ce qui est bon pour les vaches en priorité et bon pour la méthanisation mais en moindre qualité. Le Gaec n'a pas le droit d'utiliser plus de 15% de tonnage de culture dédiée. L'unité dispose de **2 cuves dont 1 pour le digestat** qui sera épandu dans les champs par la suite. Le temps de séjour du **mix matière** dans la cuve est de **80 jours**. Le digestat permet

d'avoir de l'azote assimilable **60 m² l/hectare** avec une technique **d'enfouissement automatique** au moment de l'épandage qui permet d'éviter les 20% habituels de perte d'azote déposé traditionnellement. La ferme effectue **des analyses périodiques de la matière organique** pour vérifier les différentes propriétés de la terre : sa stabilité ou sa transformation notamment la possible perte de carbone qui peut être récupérée en plantant par exemple de la moutarde ou autres végétaux qui favorisent l'apport de carbone. **Le Gaec fait des études d'impacts sur la terre** (avec la méthanisation et les déchets récupérés utilisés comme enrichissement de la terre (engrais naturels). Le **digestat de la ferme est uniquement végétal**.

Meth@domf. est une Sarl qui regroupe 13 actionnaires : 12 agriculteurs et une ville Domfront en Poiraise 61700 Elle a pour vocation de réunir l'ensemble des fumiers, lisiers, déchets végétaux de ces agriculteurs pour **fournir du Gaz au réseau de distribution de gaz : GRDR**. L'installation représente un investissement de 13 Millions d'euros. L'ensemble des exploitations représente 2500 hectares, 183 tonnes d'effluents par jour. La SARL prévoit alors de traiter 66 783 tonnes de déchets agricoles par an. L'unité de Méthane produit 300 m³/h de gaz et ramené à l'équivalent kw/h : **80640 kw/ jour**. Elle est construite sur une **surface de 33000 m²**. 4 salariés à temps complets assurent l'activité de l'unité avec un technicien de maintenance en permanence. Elle nécessite une organisation logistique optimisée pour l'arrivée sur site des déchets effectués par les exploitations du groupement des agriculteurs et la récupération des digestats servant d'engrais sur les **2500 hectares de terre**. Cette unité assure la **consommation énergétique de 4500 p de Bagnole de l'Orne** (station thermale) avec un **équipement de 22 kilomètres de canalisation Gaz** spécifiquement construit par GRDR de l'unité de méthane à cette ville. L'unité de production en pleine capacité ne présente **pas de nuisance d'odeur**, en effet un **bio filtre aspire les odeurs rejetées par le site**. Une préparation préalable de la matière est nécessaire avant l'intégration dans les digesteurs. Elle s'effectue dans **2 incorporeurs de 70t** chacun avec un rapport de proportion de **30t de fumier pour 7 tonnes de seigle**. L'unité ne rentre que des déchets à base végétale dont des excréments d'herbivore (bovins) et des végétaux comme le seigle (inter-culture). L'unité est équipée de pré fosses pour récupérer le lisier. Le site comprend 2 digesteurs principaux et un 3ème qui récupère le digestat des 2 autres. La température du digesteur s'élève à 44°. Une **salle de contrôle** permet de contrôler et mesurer régulièrement les dégagements de soufre provenant du maïs ou du seigle et le dégagement d'ammoniac dans les broyeurs. Cette salle permet aussi de surveiller l'intérieur des digesteurs, leur température avec des pointes à 70° et **l'intégration de l'oxygène après 50 jours** dans les digestats. La Sarl a **obligation** dans son contrat

avec GRDR **d'utiliser une partie du gaz fabriqué pour chauffer le site** de production dans un proche délai. Actuellement 3 types de chauffage sont installés un avec le gaz produit par le site, un autre par une chaudière à bois pour l'hygiénisation et une cogénération. **La Station d'épuration** est équipée de **filtres à charbon**. On trouve dans celle-ci 50% de gaz, 2% de CO₂, 0,2% oxygène, 0,2% azote. Le Gaz livré à GRDR est épuré à 98%, GRDR accepte au minima 96%. Le gaz est transporté **en basse pression 7 à 8 bars** dans les canalisations. Ces dernières peuvent être utilisées comme zone de stockages avec des pressions qui peuvent s'élever jusqu'à 50 bars. Ces visites ont donné un aperçu de 2 productions : l'une pour créer de l'énergie électrique et l'autre de l'énergie Gaz. **Des points communs** entre les unités de méthanisation : les unes pour produire de l'énergie électrique et les autres du gaz : **A: Les différents types de**

substrats. Un substrat doit être riche en matière organique biodégradable, pour être méthanisable, On trouve 1 - **les déjections animales**, elles sont sources de bactéries méthanogènes et ont un pouvoir tampon important, mais ont un potentiel méthanogène limité. 2 - **Les matières végétales agricoles** : Produites sur l'exploitation (ensilages de cultures intermédiaires ou fourragères, résidus) ou déchets de silos, les végétaux ont des potentiels méthanogènes intéressants comme ils sont riches en carbone, ils équilibrent facilement la ration, ils ont également une bonne dégradabilité et se stockent 3 - **Les effluents d'élevage** comprennent les déjections animales avec ou sans litière : fumiers et lisiers de ruminants, lisiers de porcs, volailles et autres fumiers.. Ils représentent un gisement important de ressources méthanisables, notamment dans nos régions d'élevage. Leur coût est nul (dans le cas d'un projet intégré à l'exploitation agricole) à faible (coût du transport) et ils sont disponibles sur une grande partie du territoire. Les déjections de ruminants ont aussi l'avantage d'apporter à la ration des bactéries méthanogènes. Ils apportent également un pouvoir tampon intéressant pour la stabilité de la biologie. Les lisiers ont aussi l'avantage d'apporter de l'eau, ils peuvent être un bon intrant pour diluer une ration trop sèche. La méthanisation des effluents d'élevage est un bon levier pour réduire les



(Suite 3 : méthane) émissions de GES (gaz à effet de serre) liés au stockage et à l'épandage : en effet, en absence de méthanisation, les effluents sont stockés la plupart du temps à l'air libre et émettent du CH4 et du CO2. En les méthanisant rapidement après leur production, on évite la dissipation de ces gaz vers l'atmosphère. Avec les déjections animales il faut rapidement les stocker à l'abri de l'air en les recouvrant à minima, des études ont montré que certains d'entre eux peuvent perdre jusqu'à 1% /jour de la qualité méthanogène. 4 - **Les déchets des collectivités et de la restauration** : tontes, feuilles (attention aux ligneux), boues d'épuration, déchets de restauration. 5 - **Les déchets des industries agro-alimentaires** : issus d'industries de la transformation du lait, de la viande, des fruits des légumes, brasseries... Ils ont en général un potentiel méthanogène intéressant, mais nécessitent des stockages appropriés.

B : Les différentes étapes de la production dans une unité de méthanisation 1 : **La collecte et le transport des**

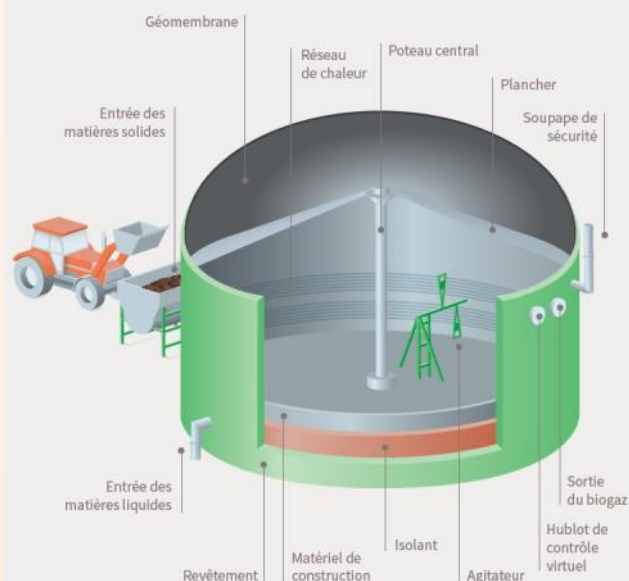


intrants : Déchets organiques appelés **substrats** . ils sont collectés et transportés jusqu'au site de méthanisation, où ils sont **triés**, stockés, conditionnés et chargés pour certains dans des **incorporeurs**

L'étape d'incorporation est à réfléchir avec attention et à adapter au type de matières. Les **matières liquides, stockées en cuve sont pompées plusieurs fois par jour par une pompe** (à vis excentrée, dilacératrice si besoin ou à lobes pour les effluents visqueux). Les **végétaux et fumiers** sont chargés dans une trémie reliée au digesteur par une/des vis sans fin ou un piston. C'est lors de cette étape que les indésirables (cailloux, ficelles, métaux..) devront être au maximum éliminés. Il faut donc envisager l'équipement d'un broyeur et d'un **piège à cailloux** en fonction du type de fumiers incorporés.

2 : le digesteur : puis ces **substrats** sont introduits dans le **digesteur pour effectuer la méthanisation**. Ils sont brassés et chauffés à

environ 37°C. Après une période de 40 à 60 jours les premières quantités de biogaz seront produites. Le biogaz est épuré afin de ne garder que le CH4, qui prend alors le nom de **biométhane**. La méthanisation dans le digesteur est effectuée **en l'absence d'oxygène**. Les **micro-organismes** naturellement présents dans la **matière organique dégradent celle-ci** et produisent le **biogaz**, ainsi qu'un **résidu appelé digestat**. Les bactéries ont un rôle primordial. Elles décomposent les glucides ; les bactéries acidogènes transforment les sucres et les acides aminés en dioxyde de carbone, acides organiques, hydrogène et ammoniac. Dans la troisième étape, ces acides organiques sont transformés jusqu'à ce que les méthanogènes puissent enfin briser les composants de la quatrième étape et obtenir du méthane et du dioxyde de carbone. **Deux procédés peuvent être utilisés l'un Mésophile / l'autre thermophile**. Classiquement, la méthanisation se déroule à une température voisine de **35-40°C, il s'agit du procédé mésophile** (Le plus répandue). Il est donc nécessaire d'isoler et de chauffer le digesteur. **Les procédés thermophiles** s'opèrent à 55°C.



La flore microbiologique possède une vitesse de croissance supérieure et les chaînes carbonées sont mieux dégradées, ce qui **permet de réduire les temps de séjour en digesteur**. La digestion **thermophile améliore la fluidité des lipides (graisses)**. Elle permet une **hygiénisation** plus poussée des germes pathogènes. Cependant, elle est également **réputée plus fragile**, les critères biologiques étant plus difficiles à maîtriser.

Le biogaz est un mélange de 50 à 70 % de **méthane**, 20 à 50 % de gaz carbonique (CO2), quelques traces d'azote, d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène. Le biogaz est stocké à faible pression (2 à 3 mbar en général) dans un **réservoir appelé gazomètre**. **Seul le méthane est exploité, après épuration des autres gaz** (selon son niveau de pureté, le CO2 pourrait également être valorisé).

Le digesteur. Il peut être fabriqué **en béton ou en acier inoxydable** et éventuellement (semi-enterré). Les parties en contact avec le gaz sont protégées contre la corrosion (peinture Epoxy, liner...). Le maintien de la température. Les matières doivent être maintenues à température constante **par un réseau de chauffage**. La chaleur est fournie **par le moteur de cogénération ou par une chaudière**. Le **brassage** est un élément important qui permet de mettre en contact les bactéries et les matières en fermentation. Il **doit permettre d'éviter la sédimentation et d'homogénéiser** la température dans le mélange. Il s'effectue à l'aide de **pâles**



avec un moteur externe ou **avec des hélices** et un moteur immergé ou hydrauliquement pour les mélanges avec peu de matière sèche. Le maintien de la température. Les matières doivent être maintenues à température constante par un réseau de chauffage. La chaleur est fournie par le moteur de cogénération ou par une chaudière.



Les gazomètres (photo à gauche) sont constitués d'une membrane (dite simple peau) ou d'une double membrane, ces dernières étant plus résistantes dans le temps. **Le digestat est le résidu qui sort du digesteur** à l'issue du processus de méthanisation. Autrement dit, c'est la partie de la matière apportée au méthanisateur qui n'a pas été transformée en biogaz : il représente de **90% à 95%** de la masse apportée dans un méthanisateur. Il a **différents types de digestats** en fonction des déchets organiques et de leur proportion initialement intégrée dans le digesteur.

(Suite 4: méthane) Les techniques qui différencient les types de production d'énergie :

A La cogénération pour l'électricité comprend un moteur adapté pour brûler du biogaz, qui entraîne une génératrice de courant. La chaleur est récupérée sur le système de refroidissement du bloc moteur et des fumées de combustion et alimente un circuit d'eau chaude. **L'électricité produite** peut être injectée sur le réseau et revendue à un acheteur d'énergie. (**Gaec Bichois**)



L'épuration et l'injection de biométhane (Meth@domf. Sarl)

L'épuration du biogaz consiste à séparer les éléments inertes ou indésirables tels que le CO₂, le H₂S, l'eau, les siloxanes, pour **obtenir un gaz concentré en énergie**, le biométhane, de qualité similaire à celle du gaz naturel (plus de 97 % de méthane dans la plupart des régions françaises) pour pouvoir **ensuite injecter dans les réseaux. Les différentes étapes d'épuration** Pour pouvoir être injecté dans le réseau, le biométhane devra respecter les qualités



requis, qui dépendent des régions où l'on se trouve (gaz de type H ou B). Afin de respecter ces critères, le biogaz passe par plusieurs étapes d'épuration : **1 Désulfuration, 2 Déshumidification, 3 Décarbonation.**

Plusieurs procédés d'épuration existent pour atteindre 97 % *minimum de taux de méthane.*

L' injection dans le réseau de Gaz : Pour être injecté, le biogaz est acheminé jusqu'à un « **poste d'injection** » dans lequel ont lieu **4 étapes** : **1 L'odorisation** qui permet



de donner au biométhane l'odeur caractéristique du gaz naturel et ainsi assurer la sécurité des usagers. **2 Le contrôle de la qualité du biométhane** permettant de vérifier la conformité de ses caractéristiques physico-chimiques aux prescriptions techniques en vigueur. **3 La régulation de la pression** qui permet au biométhane d'être prioritaire à l'injection dans le réseau. **4 Le comptage permettant de connaître les volumes de biométhane** injectés (ou non) dans le réseau. Le poste d'injection est la propriété de l'opérateur de réseau (GRDF, GRTgaz,)

L' pilotage de l'unité passe également par **le suivi de la performance** (ratio entre la production de biogaz et la quantité/ qualité de la biomasse incorporée). Pour cela, un logiciel de suivi est nécessaire. À défaut et pour les plus petites unités, un fichier Excel peut-être développé par l'exploitant

L' injection dans le réseau de Gaz : Les points de vigilance.

Les principaux dysfonctionnements rencontrés :

A - L'acidose : c'est le problème le plus fréquent, notamment pendant la phase de montée en charge. Elle peut être provoquée par l'introduction d'une quantité trop importante de substrats fermentescibles ou être la conséquence d'une inhibition (H₂S, NH₃, désinfectants...). **B - L'alcalose** provient d'un excès d'ammoniaque dans le milieu, conséquence d'une ration trop

riche en protéines. **C- L'excès de H₂S** peut être provoqué par une ration trop riche en acides aminés contenant du soufre (poils, plumes, cornes, crucifères...).

Les métiers techniques les plus demandés sur le marché de la méthanisation

sont les suivants :

- Chef de projet méthanisation / Ingénieur d'études
- Chef de chantier méthanisation
- Metteur en service d'unité de méthanisation
- Responsable d'unité de méthanisation
- Technicien d'exploitation et de maintenance en méthanisation.



INGÉNIEURS PROFESSIONNELS DE FRANCE
Région Basse-Normandie (Calvados, Manche, Orne)
Membre IESF - Ingénieurs et scientifiques de France
Membre de la Fédération SNIPP

Contact Courriel : jluc.leveque@gmail.com Edition N°24

Les sources documentaires: (textes et autres) sont référencées dans un document annexe joint à cette newsletter