



Solagro

Initiatives pour l'Énergie, l'Environnement, l'Agriculture

Association Loi 1901

75 Voie du TOEC - 31076 TOULOUSE Cedex 3

☎ 0 (+33) 5 67 69 69 69 - Fax 0 (+33) 5 67 69 69 00

Email : solagro@solagro.asso.fr

Site Internet : www.solagro.org et www.lebiogaz.info



Programme FEDER

La méthanisation « à la ferme »

Fiche n° 1. LA METHANISATION

□ Qu'est-ce que la méthanisation ?

La méthanisation est un procédé biologique de transformation de la matière organique en biogaz, par l'action de bactéries.

Le procédé se déroule en plusieurs étapes, avec des bactéries adaptées à chaque étape, exactement comme pour la digestion des aliments :

- l'hydrolyse, qui transforme les molécules complexes (cellulose, lipides, protéines...) en molécules plus simples (acides gras...);
- l'acidogénèse, qui transforme ces acides en acide acétique, en gaz carbonique et en hydrogène ;
- la méthanogénèse, qui transforme l'acide acétique en méthane et gaz carbonique, et le gaz carbonique et l'hydrogène en méthane.

□ D'où viennent ces bactéries ?

Il s'agit de **bactéries que l'on retrouve à l'état naturel** : par exemple dans les intestins, au fond des marais, dans la vase, le fumier... Ce sont ces bactéries qui permettent la digestion des aliments, et elles vivent sans oxygène : on parle de « **digestion anaérobie** ».

Il n'y a aucun besoin d'ajouter des bactéries : elles sont déjà présentes dans les déjections animales et se développent spontanément lorsque les conditions sont remplies.

□ Que peut-on digérer ?

Le produits « digestibles » sont les **lisiers, fumiers, les végétaux, des déchets de l'agro-alimentaire, des boues, des déchets de cuisine, des graisses**, et d'une façon générale tout produit... digestible !

Un digesteur fonctionne comme un estomac ou le rumen d'une vache. Il peut digérer de la paille, par exemple, si elle est rendue digestible en ajoutant de l'ammoniaque (que l'on trouve dans les déjections).

Photo SCHMACK



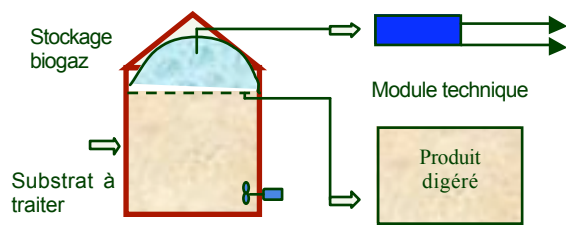
Fiche n° 2. TECHNIQUES DE METHANISATION

□ A quoi ressemble une unité de méthanisation ?

Le digesteur est constitué d'un **réservoir** étanche, en béton ou en acier, où les matières à digérer séjournent plusieurs semaines : c'est le **digesteur**. C'est le cœur du procédé, ou plus exactement son estomac.

La méthanisation se déroule classiquement à 37°C (mode dit « mésophile »), et plus largement entre 20 et 60°C. Pour que les bactéries colonisent l'ensemble de la masse en fermentation, il est nécessaire d'homogénéiser le produit.

Un digesteur est donc généralement **chauffé** et **brassé**.



□ Quels sont les principaux types de digesteurs ?

Les **digesteurs-fosse** : ce sont des fosses à lisier classiques, couvertes par une membrane étanche et thermiquement isolante. Photo SOLAGRO



Les **digesteurs silos** : ce sont des cuves verticales, en acier ou en béton. Photo SOLAGRO



Les **digesteurs horizontaux**, en acier. Photo SOLAGRO



Le digesteur fosse est équipé d'un pilier central, qui supporte une structure en bois sur laquelle est posée une membrane isolante. Photo Agrikomp



Fiche n° 3. TECHNIQUES DE METHANISATION

Alimentation et extraction

Les digesteurs « modernes » sont à **fonctionnement continu** : le produit est introduit de façon régulière par exemple par pompage (substrats liquides), ou par trémie et pompe hacheuse (fumiers) voir pompe à béton (substrats solides).

Une quantité de matière équivalente est extraite par surverse.

Préfosse d'alimentation avec brassage. Photo SOLAGRO



Introduction de substrat solide par trémie. Photo SOLAGRO



Extraction du digestat par pompage et tonne à lisier. Photo SOLAGRO



Brassage

Le brassage est essentiel : il permet d'homogénéiser le substrat, et d'éviter la formation d'un chapeau de masse solidifiée à la surface, ce qui empêcherait l'évacuation du biogaz.

Il existe différentes techniques de brassage, qui peuvent être complémentaires.

Agitateur sur axe à hauteur réglable. Photo Solagro.



Mélangeur à grandes pales sur axe incliné. Photo Agrikomp.



Mélangeur à grandes pales sur axe horizontal. Photo Agrikomp



Fiche n° 4. LE BIOGAZ

❑ Qu'est-ce que le biogaz ?

La méthanisation produit du biogaz, contenant environ 60% de méthane et 40% de gaz carbonique. Le méthane est le principal constituant du gaz naturel (gaz de Lacq, de Groningue, d'Algérie...).

1 m³ de biogaz possède un pouvoir calorifique d'environ 6 kWh soit l'équivalent énergétique de 0,6 litre de fioul.

❑ Combien produit-on de biogaz ?

La production de biogaz varie entre 15 m³ par tonne de lisier, à 50 m³ par tonne de fumier.

Elle dépend de la **teneur en matières digestibles**, qui représentent souvent la moitié des matières sèches d'un substrat. 1 tonne de matière digérée à 100% produit 500 m³ de méthane.

1 tonne de...	m ³ de biogaz	Equivalent litre de fioul	KWh élec.
Lisier	16	11	30
Fumier	60	35	100
Paille	220	120	350
Graisse	450	350	1000

❑ Faut-il stocker le biogaz ?

Il faut 1.000 m³ (ballon souple par exemple) pour stocker l'équivalent de 700 litres de fioul. Le stockage représente généralement quelques heures de fonctionnement du digesteur, car sinon son coût devient prohibitif.

Le stockage sous pression permettrait de réduire ce volume, mais la compression est coûteuse et consomme de l'énergie. Cette option est réservée aux installations très importantes.

Le biogaz doit être utilisé pratiquement au fur et à mesure de sa production.

Une installation de méthanisation possède en général une capacité tampon, qui correspond à quelques heures de production :

- Soit intégrée au digesteur ou à la fosse de stockage du digestat

- Soit en ouvrage séparé (ballon souple)

Exemple de stockage de gaz intégré au digesteur.
Photo AGRIKOMP



❑ Le biogaz est-il dangereux ?

Le biogaz est explosif, corrosif et toxique (présence d'hydrogène sulfuré), et un minimum de précautions doit être pris pour éviter la dégradation rapide des matériels et les risques pour les personnes : appareils électriques adaptés près de la « zone gaz », surveillance des fuites, matériaux non corrosifs.

Lorsque ces précautions élémentaires sont prises, le risque est très faible.

Les quantités d'énergie stockées sont comparables à celles qui sont stockées dans une cuve de fioul domestique.

Soupape de sécurité. Photo AGRIKOMP



Le stockage sous une légère surpression empêche toute infiltration d'air, et donc toute formation de mélange explosif.

En cas de fuite et d'incendie, une flamme se développe au point de fuite mais le biogaz n'explose pas.

Fiche n° 5. LA VALORISATION DU BIOGAZ

□ Quelles sont les utilisations du biogaz ?

Le biogaz peut être utilisé pour produire, par exemple :

- de l'eau chaude (chaudière) ;
- de l'air chaud (brûleur en veine d'air ou récupération sur gaz d'échappement moteur ou chaudière) ;
- de l'électricité par moteur. Le rendement d'un moteur est d'environ 30%. 1 m³ de biogaz produit 2 kWh électrique.
- la cogénération consiste à utiliser la chaleur du moteur pour produire de l'eau chaude. Pour 1 kWh électrique, on peut récupérer 1,5 kWh de chaleur.

L'utilisation la plus fréquente du biogaz est la cogénération : production d'électricité et récupération de la chaleur pour chauffer le digesteur et les bâtiments voisins : ces consommations de chaleur sont en général limitées, et on n'utilise que rarement la totalité de la chaleur disponible.

Groupe électrogène Gaz. Photo SOLAGRO



□ Quels types de moteur utiliser ?

- Moteurs à gaz : fonctionnent à 100% biogaz, investissement et coûts d'entretien plus élevés, rendement plus faible (compter 25% pour un moteur de moins de 50 kWél)
- Moteur dual-fioul : moteurs diesel fonctionnant avec un mélange 90% biogaz et 10% fioul. Meilleur rendement, investissement et coûts d'exploitation plus faible, mais achat de fioul. Pour certains moteurs, on peut envisager de remplacer le fioul par de l'huile carburant.

□ Faut-il chauffer le digesteur ?

Les bactéries travaillent à la même température que le corps humain, autour de 37°C. Les digesteurs doivent être **isolés thermiquement**.

Une partie du biogaz (environ 20 à 30%) est utilisée pour maintenir cette température. En général, le chauffage s'effectue par un échangeur à l'intérieur du digesteur.

Chauffage par réseau de tubes ; agitation par un malaxeur mécanique. Photo AGRIKOMP



Fiche n° 6. LE DIGESTAT

❑ Quelles sont les propriétés du produit digéré ?

Le produit digéré - ou digestat - contient la matière organique non biodégradable (lignine...), les matières minérales (azote...) et l'eau.

Il peut être stocké et manipulé **sans odeurs nauséabondes** par rapport à un produit non traité.

Sa valeur fertilisante n'est pas dégradée. Seule la fraction rapidement putrescible de la matière organique est transformée en gaz, **la fraction ligneuse qui contribue à la formation de l'humus n'est pas attaquée.**

L'azote est majoritairement sous forme d'ammoniaque : plus facile à gérer que l'azote organique, mais aussi plus volatile. La valorisation agronomique doit donc tenir compte de ces propriétés pour en tirer le meilleur parti.

La méthanisation n'est pas un moyen de « détruire » l'azote, mais un procédé **conservatif de l'azote** et qui constitue un outil pour **améliorer la gestion de l'azote.**

❑ Est-il intéressant de tamiser le digestat ?

Si l'on tamise le digestat, on obtient un produit solide qui contient l'essentiel de la matière organique stable, et une bonne part du phosphore.

Ce produit est utilisable comme amendement de fond (restauration de l'humus, relargage progressif de faibles quantités d'azote).

La fraction liquide contient au contraire peu de matière organique, mais l'essentiel de l'ammoniac. Elle est utilisable comme engrais liquide (effet fertilisant immédiat), en remplacement des engrais minéraux azotés.

Photo SOLAGRO



Fiche n° 7. DONNEES ECONOMIQUES

□ Quel est l'investissement pour une unité de méthanisation ?

Pour des exploitations produisant plus de 300 t de matières sèches (MS) par an (déjections animales + co-substrats), avec des teneurs en matière sèche à partir de 10-12% (valeur considérée comme minimum pour la réalisation d'une étude de faisabilité dans les conditions actuelles), l'investissement est d'environ 700 € par t de MS.

On compte environ 300 à 400 Euro par m³ de digesteur, pour le poste « méthanisation ».

L'investissement pour un groupe électrogène adapté au biogaz est de l'ordre de 1.200 à 1.800 Euro par kW installé.

Ajouter 20 à 30% de coûts supplémentaires divers.

Attention, il ne s'agit que d'ordres de grandeur. Les investissements peuvent varier considérablement d'un projet à l'autre, par exemple en fonction de la configuration des lieux (distances de canalisations), de la teneur en matière sèche.

□ Quels sont les coûts de fonctionnement ?

La conduite nécessite généralement entre 10 et 30 minutes par jour.

L'entretien représente environ 2 à 3% de l'investissement hors groupe électrogène, plus environ 5 à 10% de l'investissement du groupe électrogène.

Globalement, le coût d'exploitation est de l'ordre de 5 à 10 € / m³ de produit à digérer, ou encore de 50 à 90 € / MWh (1 MWh = 1.000 kWh).

□ Quelles sont les recettes ?

En France, la loi fait obligation au distributeur d'acheter l'électricité produite à partir du biogaz. Le producteur peut souscrire :

- Soit un contrat d'achat « petites installations » pour des puissances de moins de 36 kVA. Le prix d'achat est

égal au prix de vente : environ 75 € / MWh pour un tarif de base.

- Soit un contrat d'achat « biogaz de méthanisation, pour des installations de puissance supérieure. Le tarif est alors d'environ 50 € / MWh.

□ Quelle est la rentabilité d'une unité de méthanisation ?

La rentabilité des installations de méthanisation repose, en Allemagne par exemple, sur les prix d'achat de l'électricité.

Le développement du biogaz à la ferme en France nécessite donc des compléments de revenus pour ces installations :

▪ Valorisation aussi poussée que possible de la **chaleur** (qui représente l'équivalent, en quantité, de l'électricité produite).

▪ **Co-digestion**, c'est-à-dire traitement combiné des déjections d'élevage, et de résidus de l'agro-alimentaire avec rémunération de l'agriculteur pour une prestation de traitement.

▪ **Soutien public**

□ Les subventions

Les études peuvent être subventionnées (jusqu'à 70% par l'ADEME), et les investissements bénéficient de subventions maximales de 60% à 75%, dont 30% de l'ADEME.

Le surcoût peut être minimisé en fonction du contexte local, par exemple en intégrant l'unité de méthanisation dans la mise aux normes de l'exploitation.

*Dans les conditions actuelles, nous considérons qu'il est possible de rentabiliser une installation de biogaz à la ferme en 10 ans, à condition de **disposer de 300 tonnes de matières sèches**, dont une partie de substrats payants.*

Une telle installation coûterait 200.000 €, et bénéficierait normalement de 50% de subventions. La puissance installée serait de 35 kW, l'électricité est alors vendue à 77 € / MWh.



Fiche n° 8. QUELS CO-SUBSTRATS ?

□ Une condition nécessaire

Dans le contexte actuel, il est **extrêmement rare qu'un projet de biogaz agricole puisse être rentabilisé si celui-ci ne traite pas des co-substrats** (de 10 à 30% du tonnage disponible sur l'exploitation).

Les co-substrats apportent des recettes nécessaires à l'équilibre financier :

- grâce à une production plus importante de biogaz, qui génère des recettes de vente d'énergie ;
- grâce aux redevances de traitement payées par les producteurs de déchets.

□ Quels sont les co-substrats envisageables ?

Une installation de biogaz agricole peut traiter des déchets organiques propres :

- Tontes de gazon et feuilles provenant des espaces verts des communes et des ménages.
- Déchets de l'industrie agro-alimentaire.
- Résidus d'assainissement (boues, matières de vidange, graisses de stations d'épuration...).
- Déchets de restauration collective, huiles de friture, eaux grasses...

□ À quelles conditions peut-on ajouter des co-substrats ?

Ces co-substrats doivent être compatibles avec l'installation :

- Au plan **technique** : vérifier que le substrat envisagé n'implique pas de contraintes supplémentaires (chargement, tri, pompabilité...).

- Au plan **agronomique** : actualisation du bilan de fertilisation.
- Au plan **réglementaire** : statut du substrat, règlement sanitaire, plan d'épandage, statut de l'installation au regard de la loi sur les ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement)... Il est conseillé de se rapprocher des autorités compétentes (par exemple la direction vétérinaire).

□ Quel est le montant de la redevance ?

Il varie selon le type de substrat et selon le contexte local.

Les déchets organiques propres et facilement digestibles, qui sont les plus intéressants sur les plans technique, agronomique et réglementaire, sont souvent épandus sans difficulté particulière, ou compostés pour un coût modéré. Le « prix du marché » peut donc être bas, de l'ordre de 10 à 30 € par tonne.

A contrario, les substrats dont le « prix du marché » est élevé, de l'ordre de 50 à 100 € par tonne, sont souvent des substrats qui présentent une difficulté.

Si le potentiel local de déchets organiques peut sembler élevé, celui-ci se réduit souvent fortement lorsque l'on veut concilier à la fois les intérêts économiques, techniques, agronomiques et réglementaires.

□ Quels substrats privilégier ?

Lors des études préalables, il est préférable de miser sur des produits végétaux propres, à fort contenu énergétique : déchets verts exempts de branches et d'impuretés, déchets végétaux d'entreprises agro-alimentaires, huiles de friture...

Fiche n° 9. ETAT DES LIEUX EN FRANCE ET EN EUROPE

□ La méthanisation en général

La méthanisation de déchets organiques est appliquée depuis plus d'un siècle pour traiter différents produits : boues d'épuration, lisiers et fumiers, effluents industriels, déchets municipaux organiques... L'objectif est de réduire les odeurs, la teneur en matière organique très fermentescibles, les germes pathogènes, et de produire de l'énergie.

□ Le biogaz « à la ferme » en France

En France, la méthanisation a été développée pour des installations à l'échelle de l'exploitation agricole dans les années 30, puis dans les années 1939-1945 (pénurie d'énergie), à nouveau ensuite en 1956-1957 (crise de Suez). A la fin des années 1970 (crises du pétrole), le biogaz « à la ferme » a été à nouveau développé. Un programme de diffusion a permis la réalisation d'une centaine d'installations.

A partir de 1985, le contre-choc pétrolier a conduit à l'abandon de nombreuses installations dont tout l'équilibre économique était bâti sur la perspective d'un fioul cher. De plus, beaucoup d'installations étaient des prototypes qui ont connu des difficultés de mise au point.

Celles-ci auraient pu être surmontées si le programme s'était poursuivi. Mais les pouvoirs publics ont arrêté toute action dans ce domaine, dans le cadre de la réduction drastique de soutien aux énergies renouvelables qui a suivi le contre-choc pétrolier.

□ Le biogaz « à la ferme » en Europe

Dans d'autres pays d'Europe, cet effort a néanmoins été poursuivi. Il a trouvé un nouvel élan avec la prise en compte des problèmes d'environnement.

Aujourd'hui, le biogaz « à la ferme » se développe dans d'autres pays d'Europe : Autriche, Danemark, Suisse, mais surtout Allemagne (près d'une centaine d'installations nouvelles par an en moyenne depuis 10 ans).

Cet essor est permis par plusieurs facteurs dont les principaux sont les suivants :

- le biogaz « à la ferme » bénéficie de tarifs d'achat d'électricité élevés (90 à 100 € /MWh ; le tarif en Allemagne a été

révisé à la hausse en 2004, il peut atteindre 200 €/MWh) ;

- un grand nombre d'installations traite des déchets (de collectivités locales, du secteur agro-industriel...) avec les lisiers, et bénéficient de redevances de traitement qui permettent d'améliorer l'équilibre économique.

□ Adapter les « modèles » européens

La méthanisation s'est développée dans ces différents pays, dans des contextes qui leur sont propres.

La diffusion de ces techniques en France doit tenir compte de la différence de contexte, car il ne suffit pas de les transposer telles quelles.

Le « biogaz agricole » devrait être relancé à l'initiative des pouvoirs publics. Le Plan Climat adopté en Juillet 2004, prévoit en effet de soutenir ces opérations. L'ADEME (Agence de l'Environnement et la Maîtrise de l'Energie) sera chargée pour cela, de lancer un appel à propositions auprès des Régions.

Fiche n° 10. MONTER UN PROJET DE METHANISATION

□ Autoconstruction ou clés-en-mains ?

En pratique, une installation de méthanisation est toujours réalisée en partie en autoconstruction, et en partie avec du matériel clés-en-mains.

Certains composants ne peuvent évidemment pas être fabriqués par l'agriculteur (groupe de cogénération), et inversement il est plus judicieux que certains équipements soient réalisés par l'agriculteur (tranchées, aménagements).

La part d'autoconstruction qui peut être assurée par l'agriculteur dépend de la manière dont celui-ci compte son temps. Au tarif de la main d'œuvre agricole, l'autoconstruction apporte peu d'économie significative.

L'agriculteur peut également travailler « en régie » sous la responsabilité de l'ensemblier. Il est important dans ce cas de préciser les responsabilités de chacun.

□ Indispensable : l'ensemblier

Nous considérons qu'il est impératif, dans le contexte actuel en France, de recourir à un ensemblier, car celui-ci :

- Dispose d'un savoir-faire capitalisé par de nombreuses expériences.
- Dispose de compétences multiples (électricité, électromécanique, tuyauterie, génie civil...) que l'agriculteur ne possède pas forcément.
- Assure la responsabilité globale de l'installation.

□ Le préalable : les études

Avant de demander un devis à un ensemblier, l'agriculteur devra rassembler les éléments permettant à celui-ci d'établir son offre :

- Nature, quantité, saisonnalité des produits à traiter, teneurs en matière sèche et en matière organique.
- Bilan des consommations d'énergie sur le site, saisonnalité.
- Implantation des ouvrages, réseaux de canalisations.
- Existence ou non d'une préfosse et de fosses de stockage ; volumes, équipements (pompes).

L'agriculteur devra faire appel à un bureau d'étude spécialisé pour l'assister lors des études préalables, lors de la passation des marchés, ou en assistance lors de la réalisation des travaux.

□ L'offre commerciale d'équipements

La méthanisation « à la ferme » est aujourd'hui bien maîtrisée sur le plan technique.

Cependant, les constructeurs ou fournisseurs de matériels spécifiques sont des entreprises étrangères (Allemagne, Suisse, Autriche...) qui travaillent sur un marché national, voire régional (Bavière par exemple). Certains constructeurs commencent à s'implanter en France.

Pour en savoir plus : www.solagro.org ; www.lebiogaz.info ;
christian.couturier@solagro.asso.fr,
sylvain.doublet@solagro.asso.fr, sylvaine.berger@solagro.asso.fr.

Tél. 05 67 69 69 69