

La méthanisation à la ferme

PRINCIPE DE LA MÉTHANISATION :

La méthanisation est un procédé biologique permettant de valoriser des matières organiques en produisant une énergie renouvelable et un digestat utilisé comme fertilisant.



Figure 1 : Réactions du processus de méthanisation

En l'absence d'oxygène (**digestion anaérobie**), la matière organique est dégradée partiellement par l'action combinée de **plusieurs types de micro-organismes**. Une suite de réactions biologiques (figure 1) conduit à la **formation de biogaz** (composé majoritairement de méthane) et d'un **digestat**. Le biogaz pourra être valorisé en électricité et en chaleur, le digestat sera épandu comme engrais de ferme.

Les bactéries réalisant ces réactions se trouvent à l'état naturel dans les lisiers, il n'est donc pas nécessaire d'en ajouter, elles se développent naturellement dans un milieu sans oxygène.

Pour maximiser le rendement de ces réactions, la matière est placée à l'intérieur d'une grosse cuve (appelé **digesteur**) qui est fermée, chauffée, brassée sans entrée d'air et à l'abri de la lumière. La majorité des installations de méthanisation à la ferme fonctionne à une température de l'ordre de 38 °C (température dite **mésophile**). Une digestion thermophile (environ 60 °C) est également possible et permet une digestion plus rapide des substrats. Cependant la conduite de l'installation est plus délicate et les coûts sont plus élevés. Le pH dans le digesteur est maintenu entre 7,5 et 8. Un brassage régulier doit avoir lieu afin d'homogénéiser les substrats et de favoriser la production de biogaz. Les substrats restent en moyenne 30 à 40 jours dans le digesteur.

La figure 2 montre les différentes étapes d'une installation type de méthanisation à la ferme.

- Étape 1 :** gestion des substrats (déjections animales et co-substrats)
- Étape 2 :** digestion
- Étape 3 :** gestion du digestat épandage
- Étape 4 :** production et valorisation de l'énergie

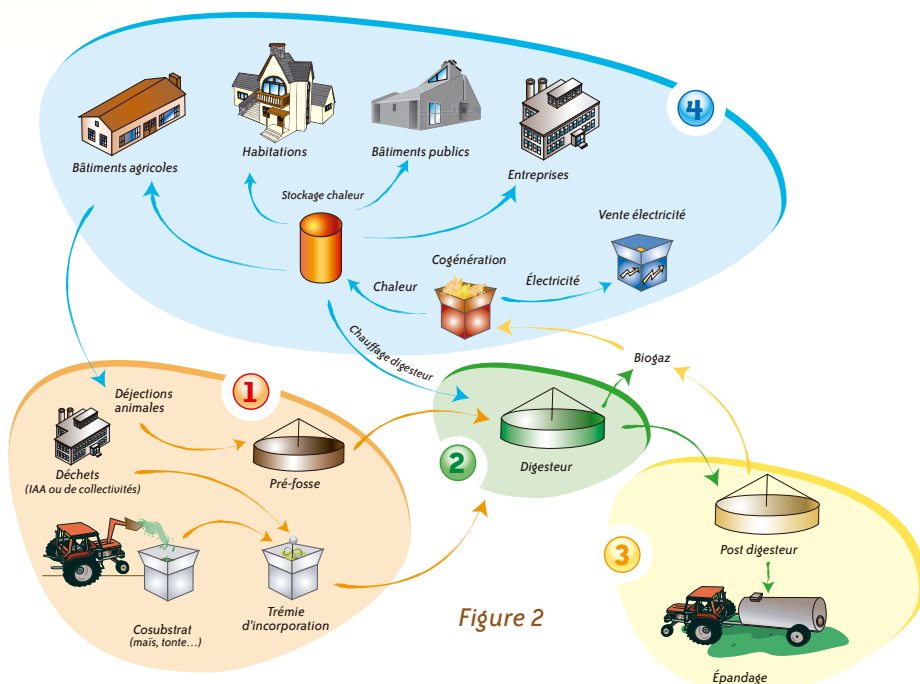


Figure 2



QUELS SUBSTRATS UTILISER ?

Le choix des matières organiques est un point clé de la gestion d'une installation car il détermine le rendement en méthane.

Pour une production maximale de méthane, il est préférable d'utiliser des substrats riches en graisses, protéines et hydrates de carbone car leur dégradation entraîne la formation importante d'acides gras volatils, principaux précurseurs du méthane.

Le choix des matières organiques utilisées et leur mode d'incorporation (quantité, fréquence) est le point le plus sensible de la gestion d'une installation. En effet, une alimentation non équilibrée et mal gérée peut entraîner un dysfonctionnement des bactéries voire leur mort par acidose. Une fois un digesteur en acidose, il ne peut pas être relancé sans une vidange complète et un redémarrage progressif soit 3 à 4 mois de perte de production.

Dans tous les cas, le choix des matières organiques utilisées et les mélanges de co-substrats doivent être validés par le concepteur de l'installation.

> LES DÉJECTIONS ANIMALES

Elles sont particulièrement intéressantes à utiliser quand elles sont **produites en quantités importantes et régulières**. Le lisier est adapté à la méthanisation compte tenu de son état liquide qui facilite sa manipulation et qui permet de diluer les autres substrats. Malgré un faible potentiel méthanogène, les lisiers sont indispensables car ils apportent des bactéries fraîches, ils ont un fort pouvoir tampon (stabilise le pH), ce qui facilite les réactions bactériennes et assure une stabilité du milieu.

Les fumiers sont également intéressants car ils ont un taux de matière sèche plus élevé et ils peuvent servir de support pour les bactéries à l'intérieur du digesteur ; cependant, leur aspect solide les rend plus difficiles à manipuler et plus chers à utiliser (injection dans le digesteur et brassage énergétivore). Ils sont donc, soit mélangés avec le lisier dans la pré-fosse puis envoyés par pompe dans le digesteur, soit introduits à l'aide d'une trémie.

> LES RÉSIDUS DE CULTURES

Les résidus de cultures (pailles, tourteaux, pulpes, fanes,...) ont souvent de hautes teneurs en carbone et sont facilement assimilables dans le digesteur ; ils sont donc de bons substrats pour la méthanisation.

> LES CO-SUBSTRATS

Les quantités et le potentiel méthanogène des substrats issus de la ferme sont en général insuffisants pour rentabiliser une installation. Il faut donc trouver des substrats extérieurs à l'exploitation, afin de réaliser une **co-digestion**. De plus, la prise en charge de ces déchets est une prestation de service pour le fournisseur qui donne lieu à une rémunération de l'agriculteur.

Ces co-substrats peuvent provenir :

- ◆ **d'industries agro-alimentaires** : déchets de légumes ou de fruits, petit lait, huiles, graisses,...
- ◆ **de collectivités** : tontes, feuilles, biodéchets des ménages, boues de station d'épuration,...
- ◆ **de restaurateurs privés ou collectifs, de grandes et moyennes surfaces de distribution,...**

> LES CULTURES

Les cultures (maïs ensilage, herbe ensilage, betterave,...) possèdent des potentiels méthanogènes intéressants et peuvent donc être utilisées à des fins énergétiques. Il est cependant **nécessaire d'étudier les coûts engendrés par ces cultures par rapport aux bénéfices réalisés au travers de la méthanisation**.

En Allemagne, l'utilisation de cultures pour la méthanisation permet de bénéficier d'une prime de 60 €/MWh, en plus du tarif d'achat de base de l'électricité ; c'est pourquoi cette pratique s'est généralisée. En France, il n'existe pas de prime de ce genre, il n'est donc pas forcément intéressant d'intégrer des cultures à la méthanisation.

ATTENTION : DES SUBSTRATS À NE PAS UTILISER

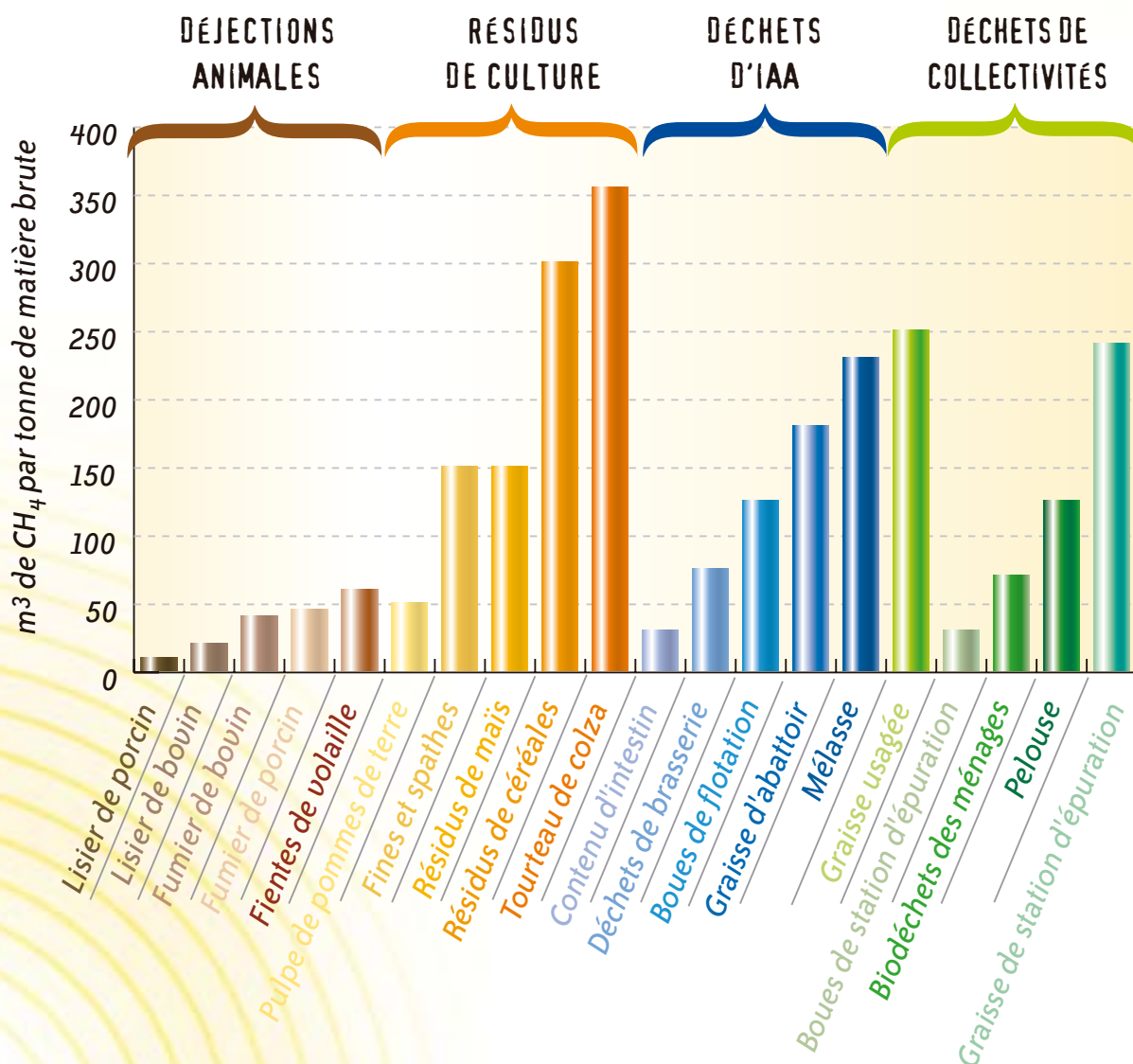
Parmi les différentes matières organiques, seuls **les déchets ligneux (bois, branchage,...) ne sont pas aptes à être digérés par les bactéries**, il est donc inutile de les mettre dans le digesteur.

Il faut également faire attention à **ne pas introduire de produits inorganiques** (sable, verre, plastique,...), car ils ne sont pas dégradés lors de la digestion, risquent de provoquer des perturbations dans le process (séparation de phase, sédimentation, flottation, apparition de mousse) et viendront polluer les terres agricoles par l'épandage du digestat.

Les matières contenant des substances dangereuses telles que les **métaux lourds, les polluants organiques ainsi que les substances présentant un risque sanitaire (antibiotiques) ne doivent pas entrer** dans le digesteur.

Ces substances risquent à la fois de perturber le processus bactérien et d'altérer la qualité du digestat.

La figure 3 suivante indique le potentiel méthanogène de différents substrats et co-substrats (compilation de plusieurs sources).





TECHNIQUES D'UNE INSTALLATION DE MÉTHANISATION

La méthanisation à la ferme s'effectue en plusieurs étapes.
Chacune d'elles requiert un équipement spécifique.

> STOCKAGE ET INJECTION DES SUBSTRATS

Les déjections animales sont en général stockées dans **une pré-fosse** à partir de laquelle elles sont directement pompées dans le digesteur.
Selon leur nature, les cosubstrats liquides sont stockés dans une cuve ou une fosse et introduits par pompage.



Photo 1 :
Pré-fosse de
stockage
de déjection
(source Gaec Oudet)



Photo 2 : Trémie d'incorporation (source Trame)

Différentes techniques
d'introduction
des substrats solides existent :

- > Mis dans une **trémie** puis incorporés dans le digesteur par l'intermédiaire d'une vis sans fin.
- > Piston
- > Mélangés aux substrats liquides puis pompés...

> DIGESTION

Différentes techniques de méthanisation peuvent être utilisées. Dans les exploitations agricoles, la technique la plus utilisée est le système infiniment mélangé.

■ Digesteur infiniment mélangé

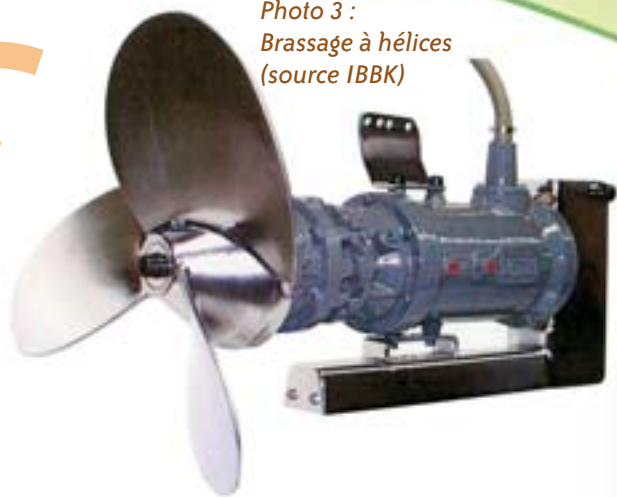
Dans ce type de système les matières en fermentation à l'intérieur du digesteur sont sous forme d'un liquide que l'on maintient le plus homogène possible grâce à un brassage. Il permet de traiter des mélanges de lisiers et de coproduits jusqu'à une teneur totale en matière sèche de maximum 12 %.

Le digesteur est une cuve (en béton, acier, ou autres matériaux) généralement cylindrique. Il peut être enterré ou hors sol et est hermétiquement clos, isolé, brassé et chauffé.

Le brassage assure plusieurs fonctions : éviter la formation de croûte en surface qui empêche un bon dégazage, éviter la sédimentation des matières, faciliter le dégazage.

Le système de brassage dépend du type de matière organique utilisée. Il est le plus souvent mécanique : à hélices ou à pales, fixe ou mobile, mais il peut également être pneumatique par injection de biogaz ou hydraulique avec une boucle de recirculation du digestat. Par ailleurs, l'orientation principale du brassage peut être horizontale, verticale ou oblique.

Photo 3 :
Brassage à hélices
(source IBBK)



La figure ci-dessous schématise un digesteur infiniment mélangé.

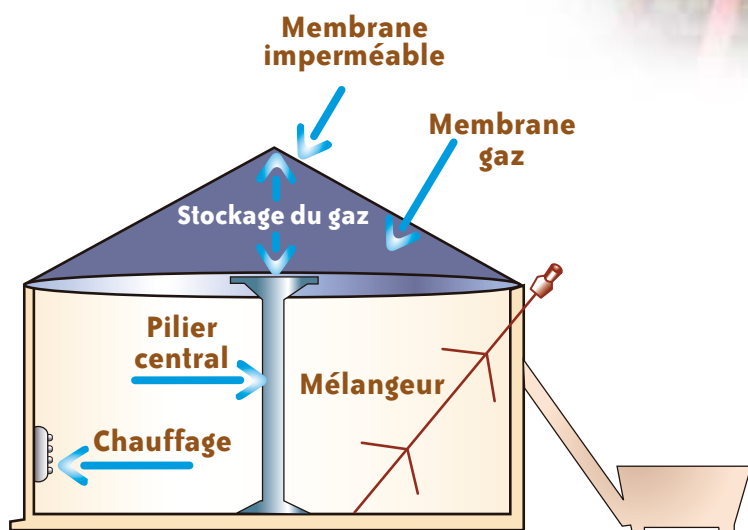


Photo 4 : Brassage à pales
(source agriKomp France)



Figure 4 : Digesteur infiniment mélangé

■ Autres digesteurs

Il existe d'autres systèmes de digestion mais ceux-ci sont peu développés pour la méthanisation agricole, notamment du fait de leur coût élevé. Ces systèmes sont plus adaptés pour le traitement de déchets industriels.

• Digesteur à piston

Dans ce système, les matières circulent à l'intérieur d'un digesteur horizontal à la manière d'un fluide dans un piston. Le digesteur possède un système de brassage mécanique axial à pâles. Ces digesteurs peuvent traiter des mélanges plus épais que les précédents, à base de fumiers par exemple, jusqu'à des teneurs en matières sèches d'environ 20 %.

• Digesteur à deux étapes

Ce système vise à maximiser les performances de la digestion ainsi que l'hygiénisation en utilisant deux digesteurs en série. Les deux digesteurs peuvent être infiniment mélangés ou le premier digesteur peut être de type piston (teneur en matières sèches initiale plus élevée). Le premier digesteur est souvent thermophile et le deuxième mésophile. L'utilisation de deux digesteurs en série permet d'adapter le temps de rétention au type de matière utilisée.

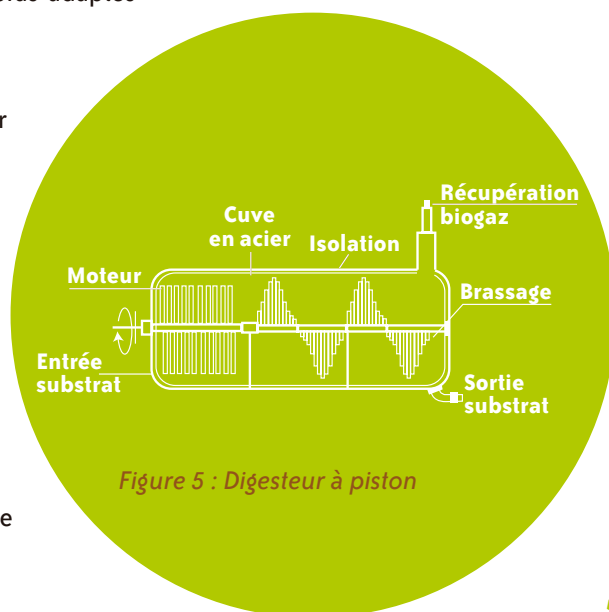


Figure 5 : Digesteur à piston



> STOCKAGE DU DIGESTAT

Après avoir séjourné pendant 30 à 40 jours dans le digesteur, le substrat digéré est stocké dans une fosse de stockage en béton ou en acier.

Il est fortement conseillé de couvrir la fosse de stockage (dalle béton, géomembrane,...) pour deux raisons :

- > **conserver l'azote.** Après la digestion, l'azote se retrouve, dans le digestat, principalement sous forme ammoniacale qui est une forme très volatile. La couverture de cette fosse permet de conserver l'azote, d'améliorer la qualité agronomique du digestat et d'éviter les émissions atmosphériques d'ammoniac.
- > **maximiser la récupération de méthane.** La fin de la digestion de certains déchets a lieu dans cette cuve, du méthane est donc encore produit. Cela permet d'augmenter la production d'énergie et d'éviter des émissions de méthane dans l'atmosphère.

La réglementation liée au stockage et à l'épandage des déjections et effluents d'élevage s'applique au digestat. Le dimensionnement de la fosse de stockage doit être calculé afin de respecter cette réglementation.

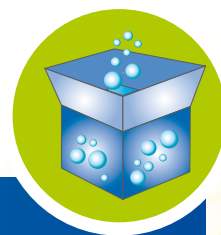
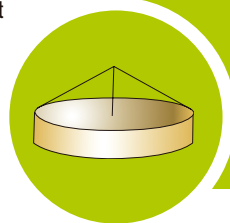


Photo 5 : Post-digester (source Aile)

> STOCKAGE DU BIOGAZ

Le stockage du biogaz s'effectue à pression atmosphérique en général dans une géomembrane fixée au-dessus du digesteur ou du post-digester. La capacité de stockage comprend alors la géomembrane et la partie haute du digesteur non occupée par le digestat. Comme le biogaz est produit à pression atmosphérique il prend beaucoup de place (1 m³ contient autant d'énergie que 0,6 litre de fioul). La capacité de stockage en biogaz est d'environ 5 heures. Ce qui signifie que le gérant doit être très réactif pour gérer les pannes éventuelles sur la cogénération.

Il est également possible d'avoir une poche de stockage séparée du digesteur, mais il s'agit d'un équipement plus coûteux et soumis à des contraintes réglementaires très strictes.



> QUALITÉ DU BIOGAZ

La méthanisation produit du biogaz qui est **majoritairement constitué de méthane** (environ 60 %). Un mètre cube de biogaz possède un pouvoir calorifique d'environ 6 kWh soit l'équivalent énergétique de 0,6 litre de fioul.

Le biogaz est corrosif et toxique (présence d'hydrogène sulfuré), des précautions doivent donc être prises, pour à la fois, garantir la sécurité des personnes, et également éviter la dégradation rapide du matériel (principalement du moteur).

Le biogaz provenant de déjections animales est particulièrement riche en hydrogène sulfuré. **Le biogaz doit donc être partiellement épuré avant utilisation.** Cette épuration est réalisée grâce à l'injection d'un petit débit d'air directement dans le ciel gazeux, celui-ci provoque une précipitation du soufre dans le digesteur (et/ou dans le stockage de biogaz), au niveau de l'interface gaz/liquide, le soufre se retrouve alors dans le digestat.

Figure 6 : Composition du biogaz

Méthane (CH ₄)	50 – 75 %
Dioxyde de carbone (CO ₂)	25 – 45 %
Vapeur d'eau (H ₂ O)	2 – 7 %
Azote (N ₂)	0 – 2 %
Hydrogène (H ₂)	0 – 1 %
Oxygène (O ₂)	0 – 2 %
Hydrogène sulfuré (H ₂ S)	0 – 2 %

(source Bauer)



LES VALORISATIONS DU BIOGAZ

■ La Cogénération

Ce mode de valorisation est le plus utilisé pour les installations de méthanisation à la ferme. La cogénération consiste à produire, à partir du biogaz, de l'électricité et de la chaleur.

Le module de cogénération est constitué d'un moteur qui entraîne un générateur de courant électrique appelé alternateur. La chaleur est prélevée sur le système de refroidissement du bloc-moteur et des fumées. C'est la circulation d'un fluide caloporteur qui permet de valoriser la chaleur dissipée par le moteur. Une série d'échangeurs permet une récupération maximale de l'énergie thermique.

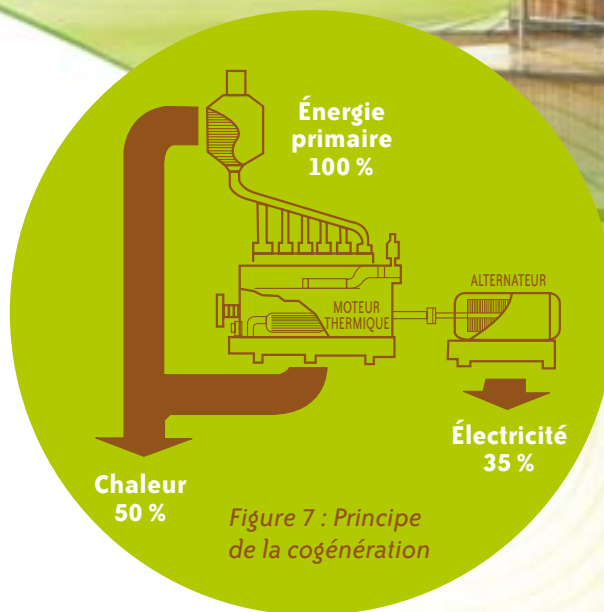


Photo 6 : Moteur biogaz (source Aile)

Un groupe de cogénération possède un **rendement électrique de l'ordre de 35 %**. La récupération de la chaleur permet d'atteindre un **rendement global de 85 % si toute la chaleur produite est utilisée**.

Deux types de moteur peuvent être utilisés :

- > **Moteur à gaz** : ne fonctionne qu'au biogaz, coût d'investissement et d'entretien élevé ;
- > **Moteur dual fioul** : l'injection d'une petite quantité de fioul (environ 10 % de l'énergie primaire consommée) est utilisée pour enflammer le mélange air/biogaz ; ce moteur est moins coûteux à l'investissement mais engendre des frais d'achat et de stockage de fioul ; le rendement électrique est meilleur que pour un moteur gaz particulièrement pour des petites puissances.

■ La production d'eau chaude

Une valorisation du biogaz uniquement sous forme de chaleur est possible par l'intermédiaire d'une chaudière gaz disposant d'un injecteur adapté. Le coût d'investissement est alors moins élevé que pour la cogénération.

Cette valorisation est rentable s'il existe une forte demande de chaleur à proximité du site capable d'absorber toute la chaleur produite sur toute l'année.

La mise en place d'une chaudière peut aussi être envisagée en cas d'arrêt de la cogénération (entretien, panne) pour maintenir les digesteurs à température et éviter les émissions de méthane.

■ La production d'air chaud

Le biogaz peut également servir à produire de l'air chaud qui peut être utilisé dans le but de sécher des produits agricoles (fourrages,...) ou de chauffer des bâtiments agricoles (aérothermes).

■ Le gaz carburant

Il est possible techniquement d'utiliser le biogaz comme carburant. Cependant, cette valorisation peut difficilement être envisageable dans des installations de méthanisation à la ferme. En effet, l'utilisation du biogaz comme carburant automobile demande une excellente qualité de pureté du gaz. Il doit contenir un minimum de 96 % de méthane. Il ne doit pas contenir d'eau, de soufre, d'organo-halogénés, de carbone et de métaux. Il est nécessaire également de le comprimer, ce qui rend son épuration totale indispensable afin de ne comprimer que le méthane. L'investissement nécessaire est donc très élevé et n'est envisageable que sur des installations de grande dimension.

■ Les valorisations non envisageables dans le contexte actuel

L'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel n'est pas autorisée en France contrairement à ce qui se fait en Allemagne ou en Suisse. L'utilisation de biogaz dans les radiants gaz nécessite une épuration du biogaz qui est coûteuse.



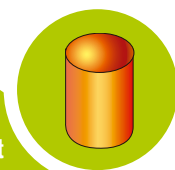
> CONDITIONS DE VALORISATION DE LA CHALEUR

Une partie de la chaleur produite (20 à 40 %) est auto-consommée pour chauffer le digesteur. Le reste est disponible pour d'autres utilisations.

Le taux de valorisation de la chaleur est important car cela va fortement influencer la rentabilité du projet. En effet, le prix d'achat de l'électricité est fonction du taux de valorisation de la chaleur. Par ailleurs, la vente de chaleur apporte un revenu complémentaire.

Il est aussi possible de créer une canalisation de biogaz de quelques kilomètres et d'installer le cogénérateur à proximité d'un consommateur de chaleur.

Plusieurs solutions sont possibles pour valoriser la chaleur : en chauffant des bâtiments agricoles, des habitations, des bâtiments de collectivité,... Cependant, pour des raisons économiques (coût du réseau de chaleur, déperdition), la valorisation devra se faire à proximité de l'exploitation.



> CONDITIONS DE VALORISATION DE L'ÉLECTRICITÉ



La méthanisation, en tant que technique de production d'une énergie renouvelable, bénéficie d'une obligation d'achat de l'électricité produite à partir du biogaz et d'une tarification spécifique avec un contrat de 15 ans. Cette obligation d'achat à un tarif préférentiel rend l'autoconsommation de l'électricité non intéressante économiquement.

Afin d'assurer la rentabilité de l'installation, l'électricité doit être vendue à EDF. Le raccordement au réseau public doit faire l'objet d'une demande préalable auprès de l'Accès au Réseau de Distribution conformément à la procédure publiée par la Commission de Régulation de l'Électricité. Les conditions tarifaires sont publiées dans l'arrêté du 10 juillet 2006.

Le tarif d'achat comprend un tarif de base fixé selon la puissance de l'installation, une prime à l'efficacité énergétique définie selon le pourcentage de valorisation de l'énergie contenue dans le biogaz (tableau 2) et une prime à la méthanisation de 20 €/MWh (tableau 1).

Puissance maximale installée	Tarif (en €/MWh)
Inférieure ou égale à 150 kW	110
Entre 150 et 2 MW	Interpolation linéaire
Supérieure ou égale à 2 MW	95

Tableau 1 : Tarif pour l'électricité issue de la méthanisation

Valorisation énergétique totale	Montant de la prime (en €/MWh)
$V \leq 40 \%$	0
$V \geq 75 \%$	30

Tableau 2 : Prime à l'efficacité énergétique

Sur une installation agricole valorisant le biogaz en cogénération, l'énergie minimum valorisée comprend l'électricité vendue au réseau (35 % de l'énergie primaire) et la chaleur nécessaire pour chauffer le digesteur (15 % de l'énergie primaire). Si cette installation a **une puissance électrique installée de moins de 150 kW, le prix minimum d'achat de l'électricité sera de 118,60 €/MWh**. Le prix maximum d'achat de l'électricité sera de 140 €/kWh pour une valorisation de plus de 75 % de l'énergie produite.



VALORISATION DU DIGESTAT

Après avoir été digéré pendant 30 à 40 jours dans des conditions mésophiles (38°C), le résidu de la méthanisation (appelé **digestat**) contient de la matière organique non biodégradable (lignine,...), des matières minérales (N, P, K,...) et de l'eau. Ce digestat est placé dans une fosse de stockage directement reliée au digesteur.



> PROPRIÉTÉS DU DIGESTAT

- > **Les odeurs du digestat sont nettement atténuées** par rapport aux produits entrants du fait de la destruction dans le réacteur des matières organiques facilement dégradables responsables des nuisances olfactives ;
- > La méthanisation permet de **réduire les germes pathogènes** ainsi que **les graines d'adventices** qui peuvent être présentes dans les déjections ;
- > **La valeur amendante est conservée.** En effet, la fraction ligneuse qui contribue à la formation de l'humus n'est pas attaquée ;
- > **La valeur fertilisante est améliorée.** Les teneurs en N, P, K total ne changent pas. Cependant, l'azote, initialement sous forme organique, se retrouve majoritairement sous forme ammoniacale qui est plus facilement assimilable par les cultures mais qui est également plus volatile. Cette transformation a des conséquences sur les modalités de stockage (couverture des fosses) et sur les modalités d'épandage (épandage avec enfouissement, au printemps). **La méthanisation n'est donc pas un moyen de détruire la charge azotée mais un procédé conservatif qui permet d'améliorer la gestion de l'azote ;**
- > Le digestat est **plus fluide** que du lisier non traité, il pénètre donc plus rapidement dans le sol. Par ailleurs, la matière en suspension est plus fine d'où un digestat très homogène et facile à épandre.

Le digestat peut subir un traitement (séparation de phase, par exemple) qui permet de produire :

- > une fraction solide riche en matière organique et en élément phosphaté qui se gère comme un amendement ;
- > une fraction liquide contenant l'azote ammoniacal et peu de matière organique qui est utilisable comme engrais liquide en remplacement des engrais minéraux azotés.

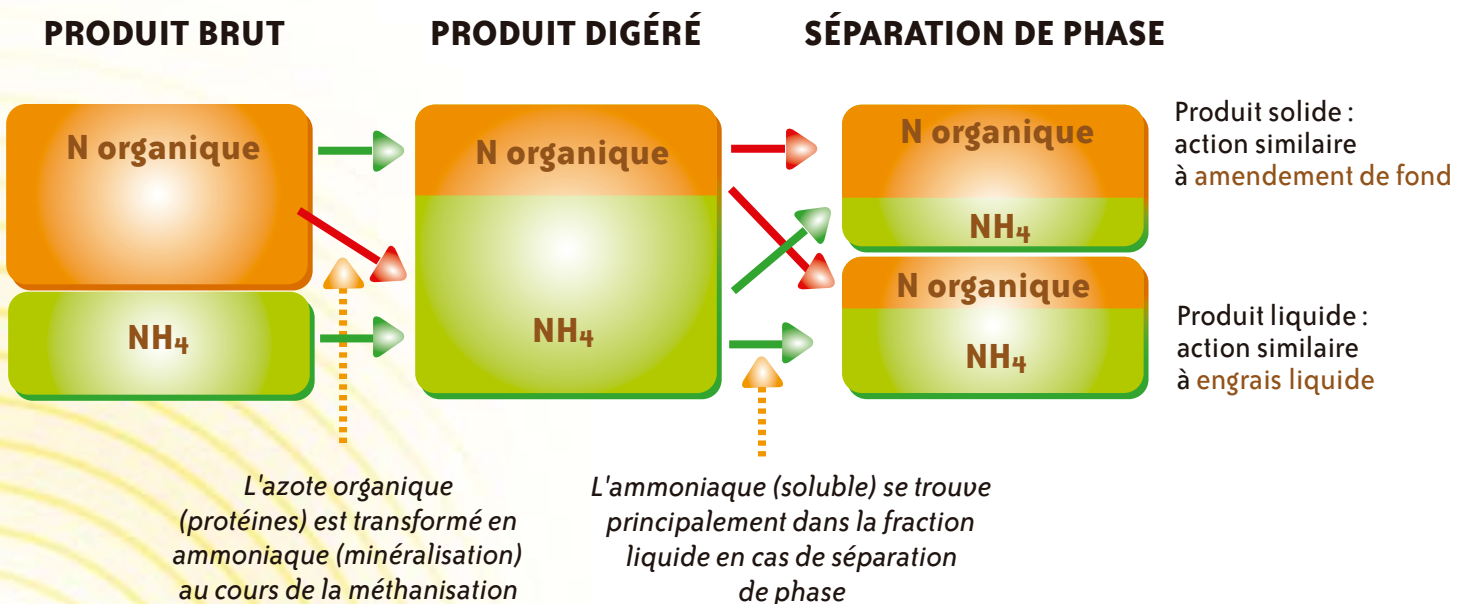
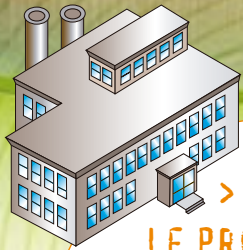


Figure 8 : Répartition de l'azote lors de la méthanisation - (source Solaagro)



INTÉRÊTS DE LA MÉTHANISATION



> POUR LE PRODUCTEUR DE DÉCHETS

- > Traitement des déchets organiques à un prix compétitif
- > Interlocuteur de proximité
- > Image de l'entreprise

> POUR L'AGRICULTEUR

■ Économique

- > Revenus diversifiés et supplémentaires pour l'agriculteur
- > Autonomie en chaleur dans un contexte d'accroissement du coût des énergies fossiles
 - > Diversification des débouchés pour les cultures (maïs, pomme de terre, colza,...)
- > Valorisation des investissements réalisés dans le cadre de la mise aux normes de l'élevage
 - > Réduction de l'achat en engrais minéraux

■ Agronomique

- > Transformation de lisiers et fumiers en un produit plus assimilable par les plantes, avec une diminution des odeurs, des pathogènes et des adventices
 - > Valorisation des jachères à usage énergétique (mise en culture et épandage)

> POUR LE VOISINAGE

- > Suppression des insectes de la fosse de stockage
- > Suppression des odeurs



> POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE TERRITOIRE

- > Réduction des émissions de gaz à effet de serre :
 - ◆ Au niveau de la gestion et de l'épandage des lisiers
 - ◆ Au travers de la substitution d'énergie fossile
- > Production d'énergie renouvelable
- > Réduction de la pollution due au lessivage de l'azote (cf. figure 9)
- > Gestion durable et de proximité des déchets organiques d'un territoire
- > Synergie entre les différents acteurs (agriculteurs, collectivités, industriels)
- > Création d'emplois éventuelle sur le territoire

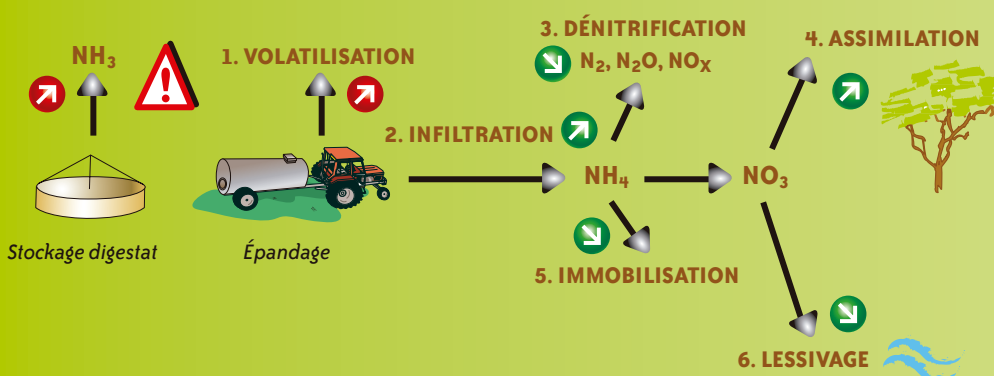


Figure 9 : Amélioration de l'effet azote - (source Solaagro)

- > **Flèche montante** : la méthanisation augmente le flux.
- > **Flèche descendante** : la méthanisation diminue le flux.
- > **Si flèche verte** : l'effet de la méthanisation est positif (exemple : l'assimilation de N par les plantes (effet recherché) augmente, flèche montante verte ; les émissions de N_2O (gaz à effet de serre) diminuent, flèche descendante).
- > **Si flèche rouge** : effet négatif (volatilisation) sauf si couverture de la fosse de stockage et épandage avec rampe ou enfouisseur.



LES CHIFFRES CLÉ

> INVESTISSEMENT

L'investissement dépend, en premier lieu, de la taille de l'installation. Il y a néanmoins une taille minimale pour envisager une éventuelle rentabilité.

Le tableau suivant donne une estimation de l'investissement pour des installations de différentes puissances :

Puissance électrique	Installation de 30 kWe	Installation de 100 kWe
Investissement total	200 000 à 250 000 € soit environ 6 700 à 8 300 €/kWe	450 000 à 500 000 € soit environ 4 500 à 5 000 €/kWe
Investissement de la partie "cogénération"	56 000 €	166 000 €

Tableau 4 : Estimation du coût d'investissement

Par comparaison, en Allemagne, où on dénombre aujourd'hui plus de 4 000 installations, les données économiques sont celles d'une filière mature. L'investissement moyen est de :

- > 3 000 €/kWe pour une puissance supérieure à 100 kWe ;
- > jusqu'à 5 000 €/kWe pour une puissance inférieure à 100 kWe.

La taille moyenne des installations a tendance à augmenter (330 kWe en 2004 - source EREP).

Pour avoir un ordre de grandeur, il faut méthaniser environ 2 000 m³ de lisier de porc avec 100 tonnes de graisses d'abattoirs et 100 tonnes de tontes de pelouse pour obtenir une puissance électrique de 30 kWe.

Pour atteindre 100 kWe, il faut méthaniser, par exemple, 4 000 m³ de lisier de bovin, 400 tonnes de graisses d'abattoirs, 200 tonnes de tonte de pelouse et 200 tonnes d'ensilage de maïs. (Ces valeurs sont données à titre indicatif, elles peuvent varier notamment en fonction du type de graisse récupérée).

> DÉPENSES

■ Main-d'œuvre

Pour une installation de 30 kW, la surveillance générale et la conduite de l'installation nécessitent généralement 30 minutes par jour. Pour de la codigestion, il faut ajouter 30 minutes à une heure par jour en plus pour la réception, le contrôle (si produits extérieurs) ou la manipulation (fumier, culture énergétique) des substrats.

■ Entretien et réparation

Concernant l'entretien et les réparations, deux calculs sont à ajouter :

Sur la partie "production de biogaz" (fonctionnement des pompes, brassage, apport des substrats), compter 2 à 3 % de l'investissement (hors cogénération) comme dépense annuelle ;

Sur la partie cogénération, les coûts sont proportionnels au nombre d'heures de fonctionnement du moteur, compter 1,5 c €/kWh électrique.

■ Consommables

La consommation d'électricité pour le fonctionnement des pompes, brasseurs, injecteurs représente environ 10 % de l'électricité produite.

Si l'installation possède un moteur dual fioul, compter l'achat de fioul (0,60 €/l en 2006, valeur à actualiser).

Si l'installation méthanise des cultures énergétiques, compter les frais de production par hectare.

■ Autres

Il est également nécessaire de compter une éventuelle assurance spécifique et les frais financiers.



> RECETTES

■ Vente de l'électricité

Sur une installation ayant un fonctionnement optimal, le moteur tourne environ 8 000 heures par an avec un rendement électrique de 30 à 35 %. L'électricité est vendue à EDF de 110 à 140 €/MWh.

La vente d'électricité peut donc apporter environ de **20 000 à 28 000 €/an** pour un moteur de 30 kW électrique et de **70 000 à 85 000 €/an** pour un moteur de 100 kW électrique.

■ Valorisation de la chaleur

Le rendement thermique est de l'ordre de 50 à 55 %. La chaleur produite peut être substituée à l'achat d'énergie fossile pour les besoins de l'exploitation ou être vendue à des tiers (prix moyen de la chaleur 50 €/MWh thermique).

■ Redevance pour le traitement des déchets

Cette redevance varie selon le type de déchets. Des déchets normalement destinés au compostage peuvent être traités à 20 – 25 € la tonne. Le tarif pour les déchets devant être incinérés (par exemple les graisses) peut s'élever à 100 €/t. Ces coûts incluent le transport, c'est pourquoi il est important de recenser des déchets de proximité.

À ces recettes principales viennent s'ajouter d'autres gains plus difficilement chiffrables, tels que l'économie d'engrais minéraux, le confort d'épandage,...

> SUBVENTIONS

La méthanisation à la ferme fait partie du dispositif d'aide de l'ADEME. Les aides financières sont conditionnées à la qualité du projet et ne sont pas systématiques. Pour plus de précisions, contacter votre délégation régionale. De même, l'Europe, des collectivités territoriales (région, département, syndicat d'électrification en milieu rural,...) peuvent compléter le dispositif de l'ADEME.



> RECOMMANDATIONS POUR ENVISAGER UNE INSTALLATION DE MÉTHANISATION À LA FERME



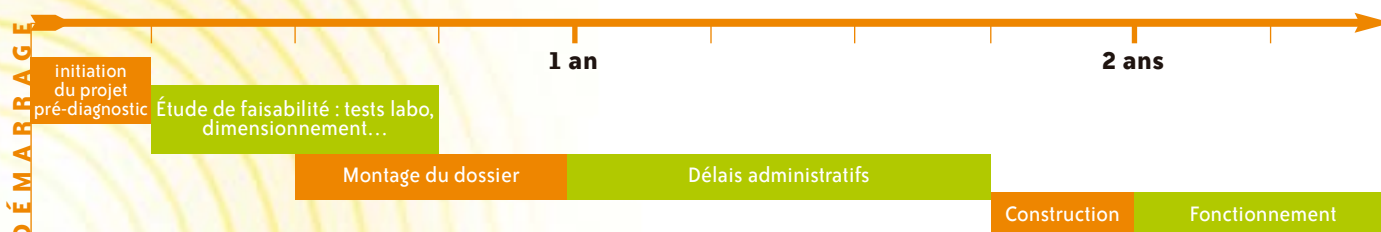
MONTER UN PROJET

- > Disposer continuellement de déjections animales en quantité suffisante et constante
- > Disposer d'autres matières organiques (fumier, plantes énergétiques, déchets agro-alimentaires, déchets de collectivités,...)
- > Disposer au total d'au moins 200 tonnes de matière sèche par an de substrats
- > Disposer d'un minimum d'ouvrage de stockage
- > Avoir des compétences en mécanique et disposer chaque jour d'un minimum de temps (1 à 2 heures) pour alimenter, contrôler et suivre l'installation
- > Le projet doit être raisonné sur un minimum de 10 ans

> DIFFÉRENTES ÉTAPES D'UN PROJET DE MÉTHANISATION À LA FERME

■ INITIATION DU PROJET PAR L'AGRICULTEUR – PRÉ DIAGNOSTIC		ÉTAPE 1
<ul style="list-style-type: none"> > Disponibilité et motivation de l'agriculteur > Estimation du gisement de substrats méthanisables dans l'exploitation > Recherche par l'agriculteur de co-substrats proches de l'exploitation > Pré-diagnostic technique et économique > Proposition de différents scénarii 	ACTEURS	<ul style="list-style-type: none"> > Agriculteur > Organismes conseils ou Bureaux d'étude > Structure agricole
■ MONTAGE DU PROJET		ÉTAPE 2
<ul style="list-style-type: none"> > Étude précise des besoins énergétiques > Quantification de l'ensemble des substrats méthanisables et tests en laboratoire > Dimensionnement du projet > Impacts sur l'environnement > Réglementation et prescriptions techniques > Analyse économique précise et choix du meilleur scénario > Choix des constructeurs > Montage du dossier (demande de permis de construire, demande de raccordement au réseau électrique, réglementation des installations classées, ingénierie,...) > Contact avec les financeurs et banques > Achat de l'installation 	ACTEURS	<ul style="list-style-type: none"> > Agriculteur > Bureaux d'étude > Administrations
■ RÉALISATION DE L'INSTALLATION		ÉTAPE 3
<ul style="list-style-type: none"> > Construction de l'installation > Raccordement au réseau électrique > Contrats de vente de chaleur > Contrats de reprise des co-substrats 	ACTEURS	<ul style="list-style-type: none"> > Agriculteur > Maître d'œuvre > Constructeurs > Assistance à maîtrise d'ouvrage
■ FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION		ÉTAPE 4
<ul style="list-style-type: none"> > Suivi du bon fonctionnement du process bactérien > Suivi du fonctionnement du moteur > Analyse de la qualité et de la quantité de gaz produit 	ACTEURS	<ul style="list-style-type: none"> > Agriculteur > Organismes conseils > Maître d'œuvre > Constructeurs

■ CALENDRIER PRÉVISIONNEL





> STATUT DU PROJET DE MÉTHANISATION

Selon le type de déchets traités, le projet de méthanisation sera soumis à déclaration ou à autorisation.

> PRINCIPAUX TEXTES RÉGLEMENTAIRES

■ **Réglementation relative aux déchets entrants**

Le règlement CE n° 1774/2002 établit les règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine et détermine les conditions d'introduction de ces produits dans le méthaniseur. Selon leur catégorie, ils devront éventuellement subir des pré traitements (pasteurisation par exemple). Les lisiers, les graisses alimentaires et les déchets de cuisine peuvent être méthanisés en l'état.

Si l'installation reçoit des déchets provenant d'une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE), elle sera alors classée dans la rubrique 167c de la classification des ICPE relative aux installations d'élimination de déchets industriels provenant d'installations classées.

Le transport des déchets peut être soumis au décret 98-679 relatif au transport par route, au négoce et au courtage de déchets.

■ **Réglementation relative à l'activité de méthanisation**

La construction d'une unité de méthanisation va entraîner la révision de l'arrêté d'activité élevage, qui pourra être selon les cas considérée comme une installation annexe à l'élevage ou comme une activité en propre.

Au delà d'un chiffre d'affaire de 50 000 €, l'agriculteur devra créer une société indépendante de l'activité agricole.

Selon la nature des produits entrants, l'installation pourra se trouver sous la rubrique 2170 (fabrication des engrais et support de cultures à partir de matières organiques) ou sous la rubrique 167 c (installation de traitement et d'élimination de déchets).

■ **Réglementation relative à la cogénération**

L'installation de cogénération entraîne des démarches complémentaires telles que :

- > un dossier de déclaration auprès du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie (loi du 10 février 2000)
- > l'obtention par la DRIRE d'un certificat de conformité qui indique l'obligation d'achat de l'électricité (décret du 10 mai 2001)
- > une démarche de raccordement au réseau électrique auprès de l'agence régionale de distribution (arrêtés du 14 avril 1995 et du 21 juin 1997)

La vente de l'électricité se fera selon le décret du 10 juillet 2006.

■ **Réglementation relative au digestat**

La réglementation de l'épandage du digestat varie en fonction des départements, il est soumis au règlement sanitaire départemental ou à des arrêtés préfectoraux en vigueur, ainsi qu'aux décrets d'application départementaux de la directive nitrate.

L'homologation ou la normalisation du digestat fera passer l'installation sous la rubrique 2170 des ICPE relatif aux dépôts de fumiers, engrais et supports de culture renfermant des matières organiques et n'étant pas l'annexe d'une exploitation agricole.

Seuls les digestats ayant subi un compostage caractérisé pourront dépendre de la norme NFU44 051 "amendement organique".



SITUATION EN FRANCE ET EN EUROPE

> EN FRANCE

La France compte à ce jour trois unités de méthanisation raccordées au réseau.

La première a été construite en 2001 dans l'exploitation de l'EARL les Brimbelles à Mignéville (Lorraine), exploitation de M. Francis Claudepierre.

Cette exploitation, conventionnée agriculture biologique, possède 60 vaches laitières. L'installation de méthanisation a une puissance électrique de 21 kW.



Photo 7 : Installation de l'EARL les Brimbelles (source Trame)

La deuxième installation se trouve à la ferme du Gaec Oudet dans les Ardennes. L'exploitation regroupe 60 vaches laitières et doit traiter 1 000 tonnes d'effluent par an. En 2005, l'installation de méthanisation a traité 6,9 tonnes de déchets par jour (lisier, fumier mou, issus de silos de céréales, et herbe) et a produit 252 000 kWh.



Photo 8 : Installation du Gaec Oudet (source Gaec Oudet)

La troisième installation, également dans les Ardennes devrait démarrer fin 2006.

> EN EUROPE

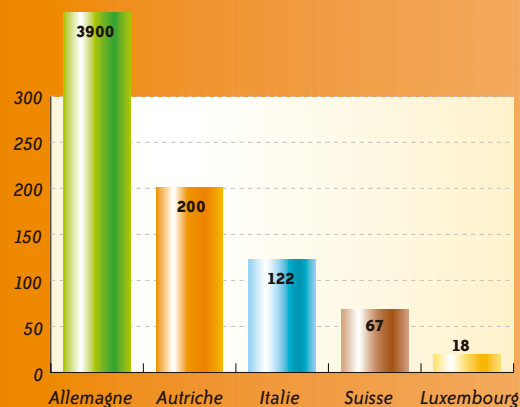


Figure 10 : Nombre d'installation dans quelques pays européens en 2005

En Europe, la situation est assez contrastée. Le développement de la filière dépend principalement des politiques de soutien mises en place dans chaque pays.



CONTACTS UTILES

> SITES INTERNET :

www.aile.asso.fr - www.trame.org - www.solagro.org - www.ademe.fr

■ **CLUB BIOGAZ** : Le club biogaz regroupe les professionnels du biogaz et de la méthanisation : production, transformation, traitement, valorisation > www.biogaz.atee.fr

■ **Portail BIOGAZ** destiné aux professionnels > www.lebiogaz.info

■ **INSTALLATION DE MIGNÉVILLE** : Site Internet présentant l'installation de valorisation de biogaz mise en place sur l'exploitation de la famille Claudepierre en Lorraine > migneville.site.voila.fr/biogaz/index.htm

■ **FACHVERBAND** : La Fachverband est une association allemande consacrée au biogaz regroupant plus de 2 000 adhérents > www.fachverband-biogas.de

> **BUREAUX D'ÉTUDE** : Une liste est disponible auprès des délégations ADEME ou des organismes conseil.

> ORGANISMES CONSEILS

AILE

73, rue de St-Brieuc
CS 56520
35065 RENNES CEDEX
Tél. **02 99 54 63 23**
info@aille.asso.fr



TRAME

9, rue de la Vologne
B.P. 1022
54521 LAXOU
Tél. **03 83 98 16 40**
trame@trame.org



SOLAGRO

75, voie du TOEC
31076 TOULOUSE CEDEX
Tél. **05 67 69 69 69**
solagro@solagro.asso.fr



ADEME

2, square La Fayette
B.P. 90 406
49004 Angers
CEDEX 01
www.ademe.fr

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

> DÉLÉGATIONS RÉGIONALES DE L'ADEME

ALSACE

8 rue Adolphe Seyboth
67000 STRASBOURG
Tél. **03 88 15 46 46**

AQUITAINE

6 quai de Paludate
33080 BORDEAUX CEDEX
Tél. **05 56 33 80 00**

AUVERGNE

63 boulevard Berthelot
63000 CLERMONT-FERRAND
Tél. **04 73 31 52 80**

BASSE NORMANDIE

B.P. 210
14209 HÉROUVILLE-ST-CLAIR
Tél. **02 31 46 81 00**

BOURGOGNE

10, avenue Foch le Mazarin
51562 DIJON CEDEX
Tél. **03 80 76 89 76**

BRETAGNE

33 boulevard Solférino
CS41217
35012 RENNES CEDEX
Tél. **02 99 85 87 00**

CENTRE

22 rue d'Alsace-Lorraine
45058 ORLÉANS CEDEX 1
Tél. **02 38 24 00 00**

CHAMPAGNE ARDENNE

116 avenue de Paris - 51038
CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE
Tél. **03 26 69 20 96**

CORSE

Parc Ste-Lucie - "Le Laetitia"
B.P. 159 - 20178 AJACCIO CEDEX 1
Tél. **04 95 10 58 58**

FRANCHE COMTÉ

25 rue Gambetta - B.P. 26367
25018 BESANCON CEDEX 6
Tél. **03 81 25 50 00**

GUADELOUPE

"Café Center"
Rue Ferdinand Forest
97122 BAIE-MAHAULT
Tél. **05 90 26 78 05**

GUYANE

28 avenue Léopold Heder
97300 CAYENNE
Tél. **05 94 31 73 60**

HAUTE NORMANDIE

"Les Galées du Roi"
30 rue Gadeau de Kerville
76100 ROUEN
Tél. **02 35 62 24 42**

ILE DE FRANCE

6-8 rue Jean Jaurès
92807 PUTEAUX CEDEX
Tél. **01 49 01 45 47**

LANGUEDOC ROUSSILLON

Résidence Antalya
119 avenue Jacques Cartier
34965 MONTPELLIER CEDEX 2
Tél. **04 67 99 89 79**

LIMOUSIN

38 ter av. de la Libération
B.P. 20259
87007 LIMOGES CEDEX 1
Tél. **05 55 79 39 34**

LORRAINE

34 avenue André Malraux
57000 METZ
Tél. **03 87 20 02 90**

MARTINIQUE

42 rue Garnier Pagès
97200 FORT-DE-FRANCE
Tél. **05 96 63 51 42**

MIDI PYRÉNÉES

Technoparc Bât C
Rue Jean Bart - B.P. 672
31319 LABEGE CEDEX
Tél. **05 62 24 35 36**

NORD PAS DE CALAIS

Centre tertiaire de l'Arsenal
20 rue du Prieuré
59500 DOUAI
Tél. **03 27 95 89 70**

NOUVELLE CALÉDONIE

B.P. C5
98844 NOUMEA CEDEX
Tél. **00 (687) 24 35 18**

PAYS DE LA LOIRE

B.P. 90302
44203 NANTES CEDEX 2
Tél. **02 40 35 68 00**

PICARDIE

67 avenue d'Italie
Immeuble APOTIKA
80094 AMIENS CEDEX 03
Tél. **03 22 45 18 90**

POITOU CHARENTES

6 rue de l'Ancienne Comédie
B.P. 452
86011 POITIERS CEDEX 02
Tél. **05 49 50 12 12**

POLYNÉSIE FRANÇAISE

Rue Dumont d'Urville
B.P. 115 - 98713 PAPEETE
Tél. **00 (689) 46 84 55**

PROVENCE ALPES

CÔTE D'AZUR
2 boulevard de Gabès
B.P. 139
13267 MARSEILLE CEDEX 08
Tél. **04 91 32 84 44**

RÉUNION

Parc 2000 - 3 av. Théodore
Drouhet - B.P. 380
97829 LE PORT CEDEX
Tél. **02 62 71 11 30**

RHÔNE ALPES

10 rue des Émeraudes
69006 LYON
Tél. **04 72 83 46 00**

ST PIERRE ET MIQUELON

Direction de l'Agriculture
et de la Forêt - B.P. 4244
97500 ST-PIERRE-ET-MIQUELON
Tél. **05 08 41 19 80**