

# la MÉTHANISATION à la FERME



## Guide pratique

Pour les projets d'une puissance électrique inférieure à 500 kW<sub>e</sub>

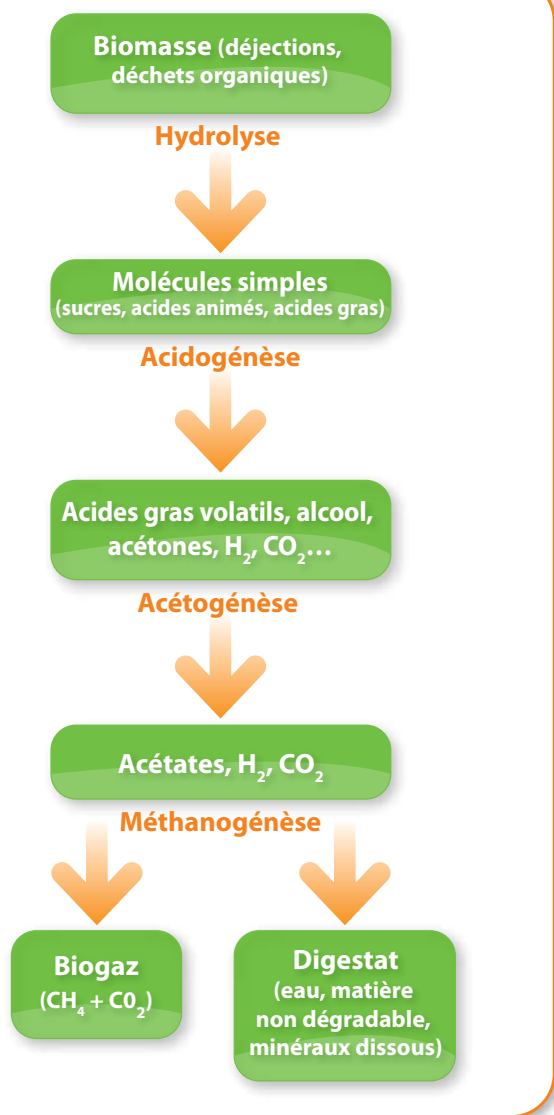
Septembre 2011



# Le principe biologique de la méthanisation



## Les 4 étapes de la méthanisation



La méthanisation est un processus complexe, qui nécessite une formation et un suivi quotidien.

La méthanisation est un **procédé biologique naturel** permettant de valoriser des matières organiques. Pendant 40 à 60 jours, ces matières sont placées à l'intérieur d'une cuve, le digesteur, qui est chauffée et brassée en l'absence d'oxygène. Elle produit **une énergie renouvelable, le biogaz, et un fertilisant, le digestat.**

## > Les bactéries anaérobies, acteurs-clés de la méthanisation

Au cours de la méthanisation, différentes familles de bactéries anaérobies (qui vivent en l'absence d'oxygène) convertissent des chaînes organiques complexes (protéines, polysaccharides, lipides) en éléments simples ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$  et  $\text{H}_2\text{S}$ ).

Les quatre étapes de cette **dégradation** : l'hydrolyse, l'acidogénèse, l'acétogénèse et la méthanogénèse, se déroulent en même temps dans le digesteur (schéma ci-contre).

## > La nécessité d'un suivi quotidien

Les différentes familles de bactéries sont interdépendantes : les "rejets" des unes sont les aliments des autres, mais ils peuvent, dans certaines conditions, inhiber la chaîne de dégradation.

Le travail de l'exploitant consiste à **maintenir l'équilibre** au sein de cette chaîne de dégradation en apportant dans le digesteur une alimentation stable et équilibrée, conjuguée à une surveillance des paramètres du milieu.

Cette surveillance passe par :

- un suivi quotidien des différents paramètres du milieu (pH, température, composition du biogaz...) avec des appareils de mesure contrôlés et étalonnés régulièrement,
- des analyses régulières des matières entrantes, de la matière en digestion, du digestat pour vérifier le niveau de dégradation ou la présence d'inhibiteurs.

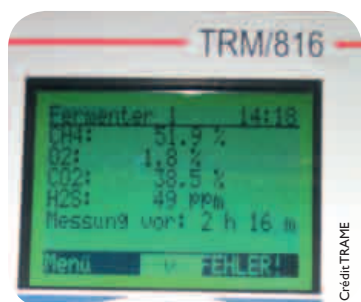
Lors du démarrage de l'installation et durant les deux premières années de fonctionnement, **il est essentiel de se faire accompagner par le concepteur**, pour apprendre à piloter correctement son installation et interpréter les données de suivi. Une à deux années d'expérience sont nécessaires pour être réactif et performant.

## > EN SAVOIR



- Guide méthodologique pour le suivi d'une installation de méthanisation, APESA, ADEME, 2009.
- Programme de suivi de 11 unités de méthanisation dont 5 agricoles, APESA Biomasse Normandie, ADEME, 2012-2013.

Suivi de la composition du biogaz



Credit TRAME



Credit TRAME

Suivi des paramètres de fonctionnement de l'installation par ordinateur



# Une filière aux premiers stades de son développement



Le contexte évolue en faveur du développement de la méthanisation.

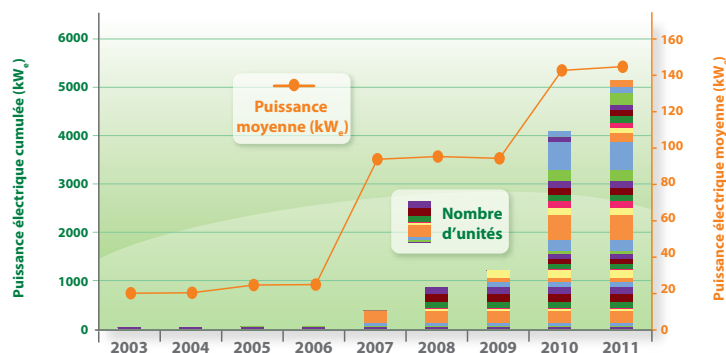
## > La valorisation du biogaz en France en 2011

La valorisation du biogaz - toutes filières confondues - représente une puissance électrique installée de 170 MW<sub>e</sub>. Les centres d'enfouissement technique contri-

buent majoritairement à cette production, devant les stations d'épuration urbaines, les stations d'épuration industrielles, les unités de traitement des déchets ménagers et les installations agricoles.

## > Caractéristiques des installations agricoles en fonctionnement en France en 2011

Évolution de la puissance électrique cumulée des installations de méthanisation à la ferme en France (source : Solagro)



Avec plus d'une quarantaine d'unités en service, la méthanisation à la ferme représente une puissance électrique installée de 5,2 MW<sub>e</sub>.

Le gisement traité à la ferme est pour l'essentiel composé de :

- lisiers et fumiers : 75% des tonnages "entrants",
- déchets issus des industries agroalimentaires : 15% des tonnages "entrants",
- cultures intermédiaires ou dédiées : 10% des tonnages "entrants".

Le biogaz est généralement valorisé en cogénération. Signe d'une grande diversité de configurations locales, les puissances électriques installées varient de 30 kW<sub>e</sub> à 600 kW<sub>e</sub>.

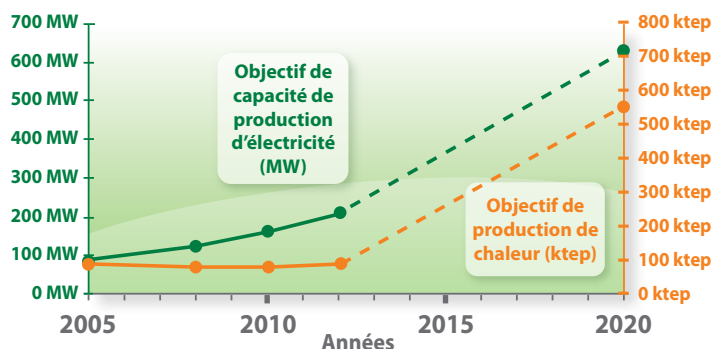
## > Politique de soutien et objectifs nationaux

Toutes applications confondues, la France s'est fixée pour objectif de multiplier par 4 la puissance électrique installée et par 6 la production de chaleur d'ici à 2020 (Source : Direction Générale de l'Énergie et du Climat, Ministère de l'Écologie et du Développement Durable - Avril 2011).

Pour atteindre ces objectifs, divers dispositifs et mécanismes de soutien incitent au développement de la méthanisation :

- la revalorisation des tarifs d'achat de l'énergie électrique issue du biogaz en 2006 et 2011,
- la création d'un cadre spécifique à l'injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel en 2011.

### Trajectoire 2020



Au niveau agricole, les aides à l'investissement octroyées dans le cadre du plan national de performance énergétique des exploitations agricoles a permis de soutenir 128 projets sur 2009-2010. Par ailleurs, l'ADEME, le Ministère de l'Agriculture, les Régions, les Départements et d'autres financeurs publics peuvent apporter des aides à l'investissement sur les projets de méthanisation.

Enfin, depuis 2010, la loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche reconnaît, sous certaines conditions, la méthanisation comme une activité agricole ce qui améliore la fiscalité des projets.

Objectifs pour la filière méthanisation (déchets, boues urbaines, méthanisation agricole et industrielle) - Direction Générale de l'Énergie et du Climat - Avril 2011

# Les intérêts de la méthanisation à la ferme

La méthanisation à la ferme :  
une opportunité à intérêts multiples pour  
un territoire

## Une installation biogaz de 170 kW<sub>e</sub> sur son territoire

Matière traitée	6550 t/an dont 28% de déchets du territoire
Electricité renouvelable produite	1300 MW <sub>e</sub> /an
Foyers alimentés en électricité (hors eau chaude et chauffage)	450 foyers
Gaz à effet de serre évités par an	277 teq CO <sub>2</sub> /an



## > Les intérêts pour les agriculteurs

- Création d'activité, revenus complémentaires stables (vente d'électricité).
- Couverture des besoins de chaleur dans un contexte d'augmentation du coût de l'énergie.
- Amélioration des engrais de ferme (meilleure assimilation par les plantes, réduction des odeurs, réduction de la dépendance aux engrais minéraux).
- Valorisation des équipements de stockage des effluents (fosses à lisiers).
- Diversification des débouchés pour les cultures dérobées et résidus de cultures qui peuvent être méthanisés.
- Renforcement du lien agriculture/territoire suite à la création de services pour la collectivité.



Digesteur béton couvert d'un bardage bois au GAEC Forget dans les Ardennes



crédit: Solagro



Installation biogaz, SCEA Le Bois Brillant dans le Maine-et-Loire

crédit: SCEA Le Bois Brillant

## > Les impacts pour le voisinage

- Réduction des odeurs liées au stockage et à l'épandage des effluents d'élevage.
- Augmentation du transport routier dans des proportions raisonnables : pour une installation à la ferme, le trafic augmente d'un camion par jour durant les horaires de travail.
- Intégration paysagère maîtrisable : enfouissement des cuves ou aménagements paysagers par exemple.
- Impact sonore maîtrisé : la cogénératrice est, selon la réglementation, placée dans un local insonorisé.

**> EN SAVOIR** 

Calculateur DIGES du CEMAGREF



## > Les intérêts pour les acteurs économiques du territoire

- Création d'une filière locale de recyclage et de valorisation des déchets organiques des entreprises.
- Fourniture d'énergie verte (chaleur, biométhane) pour des entreprises.
- Amélioration de l'image des entreprises utilisatrices de ses nouveaux services (utilisation d'énergie verte, recyclage des déchets).
- Création d'activités autour de la construction et l'exploitation de l'installation biogaz.

## > Les intérêts pour les collectivités locales

- Attractivité économique accrue en lien avec l'utilisation de la chaleur.
- Gain en autonomie énergétique du territoire.
- Maîtrise des coûts de traitement des déchets : réduction des coûts de transport, réduction des coûts liés à la redevance "déchets".
- Potentialités d'activités nouvelles : route touristique ou pédagogique des énergies renouvelables par exemple.

## > Les intérêts pour l'environnement

Réduction des émissions de gaz à effet de serre grâce :

- au captage des émissions de méthane ( $CH_4$ ) qui se produisent naturellement au cours du stockage des déjections animales,
- à la valorisation énergétique du  $CH_4$  capté (sous forme d'électricité, de chaleur ou de biométhane) en substitution d'une autre énergie potentiellement productrice de gaz à effet de serre (gaz naturel, fioul...),
- à la substitution des engrais minéraux dont la production est très consommatrice en énergie fossile par des engrais renouvelables (retour au sol de la matière organique des biodéchets),
- à la réduction du transport de déchets.

D'autres effets seraient à vérifier (impact sur l'occupation des sols, stockage de carbone dans le sol par les digestats...).

# Quelles matières pour alimenter une installation ?



Un approvisionnement stable, équilibré et maîtrisé : l'assurance réussite d'un projet.

Le choix des matières organiques est fondamental car il détermine la production de biogaz, le dimensionnement des équipements techniques et la rentabilité du site.

## Pour l'exemple d'une installation de 170 kW<sub>e</sub> : une ration équilibrée

Matières entrantes 6550 t/an à 19% de MS	Répartition du tonnage	Répartition de l'apport en énergie
1800 m <sup>3</sup> de lisier de porc	27%	6%
2900 m <sup>3</sup> de lisier bovin	44%	12%
600 t d'issues de céréales	9%	40%
250 t de graisse	4%	29%
1000 t de déchet de fruit	16%	13%

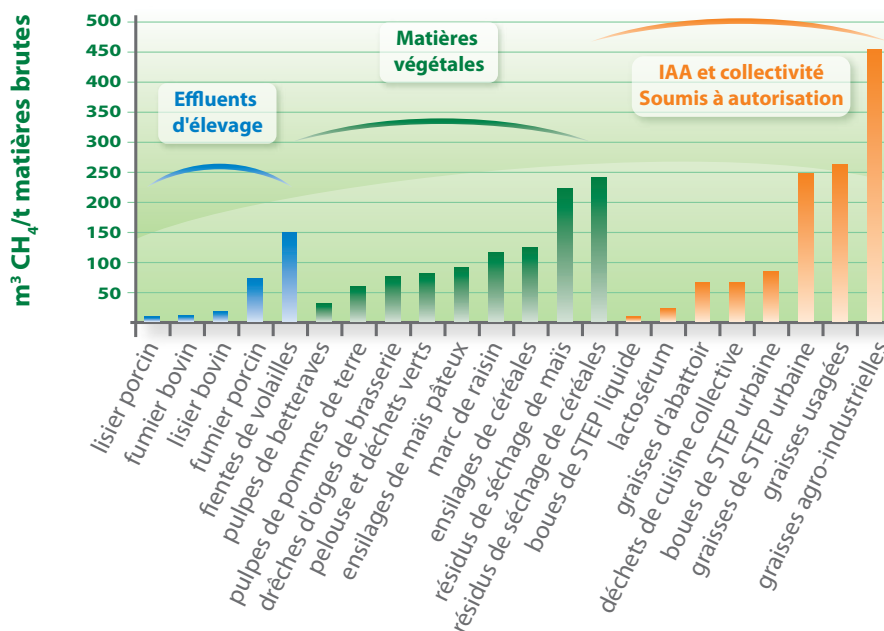
## > Le potentiel méthanogène

C'est le volume maximal de méthane produit par une tonne de matière fraîche. Celui-ci dépend principalement :

- de la teneur en matière organique : plus le taux de matière organique est élevé, plus le volume de biogaz produit sera important,
- de la composition de la matière organique : les graisses sont plus méthanogènes que les protéines ou les hydrates de carbone.

Ces deux critères permettent d'avoir un regard critique sur les matières disponibles mais attention, les **potentiels méthanogènes des différents gisements ne s'additionnent pas forcément**, il faut au préalable vérifier l'équilibre alimentaire du mélange.

## Potentiel méthanogène



Exemple de potentiel méthanogène de différentes matières (Source : Methasim 2010)



Chargement  
d'une trémie  
d'incorporation



Crédit: ADEME



Crédit: Phionolia



## > Ration alimentaire du digesteur : pas d'improvisation !

**La palette des matières organiques utilisées et leur proportion constituent la ration alimentaire du digesteur. Elle doit être validée par le concepteur de l'installation.**

Les principaux paramètres qui déterminent l'équilibre de la ration sont : le taux de graisses, le taux de protéines, la concentration en ammonium, le rapport C/N...

Une ration déséquilibrée peut entraîner une baisse de production de biogaz voire un arrêt du processus biologique. Dans ce cas extrême, la relance de la digestion exige une vidange du digesteur et un redémarrage progressif sur 3 à 4 mois, période pendant laquelle la production de biogaz est fortement réduite.

Par ailleurs, l'alimentation des bactéries doit être régulière. Tout choc thermique, suralimentation, modification brutale de la ration perturbe l'activité des bactéries. Ce qui implique **une alimentation quotidienne et stable** du digesteur.

Les substrats saisonniers (ex : fruits, issues de céréales...) qui génèrent de grosses quantités sur de courtes périodes, seront stockés ou ensilés, de façon à moduler les apports dans le temps, tout en conservant leur potentiel méthanogène.

Toute modification de la ration se fait de manière progressive et sur plusieurs semaines.

## > A chaque substrat ses qualités et ses contraintes

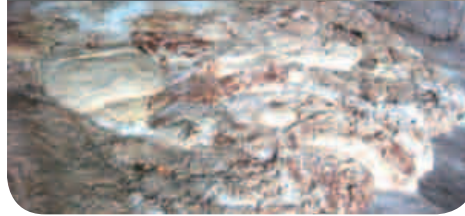
**Les déjections animales** ont un potentiel méthanogène relativement faible mais elles apportent des **bactéries fraîches** et ont un fort pouvoir tampon (stabilise le pH), ce qui assure une **stabilité du milieu**.

Les lisiers sont généralement produits toute l'année, en quantité importante mais ont une teneur en matière organique faible. Les fumiers, malgré une production saisonnière, ont un taux de matière organique plus élevé. Autre intérêt : ils servent de support aux bactéries.

**Les matières végétales** telles que les résidus de récolte, les déchets de silos et de céréales, les déchets de fruits et légumes, ont souvent de **hauts potentiels méthanogènes** et sont facilement assimilables par les bactéries.

L'utilisation de cultures intermédiaires ensilées présente l'avantage de ne pas concurrencer les cultures destinées à l'alimentation animale ou humaine.

L'utilisation des résidus et déchets **des industries agroalimentaires, des collectivités, des restaurants, de cantines** dépend de leur localisation, idéalement dans un rayon d'une quarantaine de km. Certains de ces déchets (abattoirs par exemple) sont soumis réglementairement à des prétraitements (ex : hygiénisation).



Exemples de matières entrantes : de haut en bas : fumier de bovin, déchets de fruits et légumes, culture intermédiaire, déchets de pâtisserie.

Crédit: ALLE

## > Les interdits

**Les ligneux** (bois, branche) : les bactéries anaérobies ne digèrent pas la lignine (contrairement aux bactéries impliquées dans le compostage).

**Les inertes** tels que les sables, les matières plastiques (non biodégradables) : ils peuvent perturber le fonctionnement du digesteur (sédimentation et/ou blocage des pompes), et viendront polluer les sols lors de l'épandage du digestat.

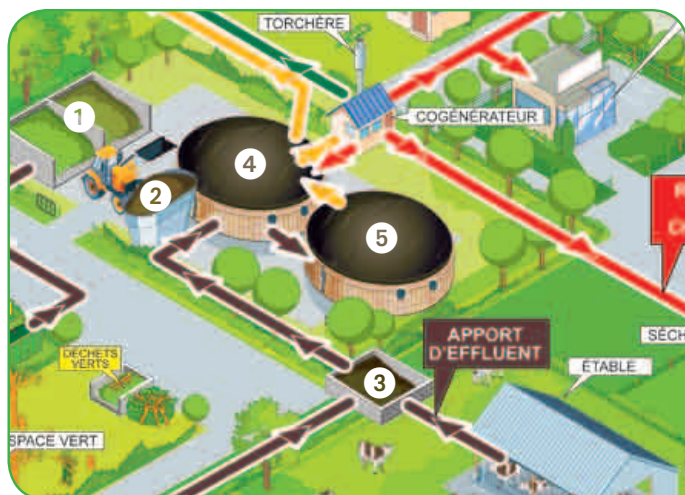
**Les métaux lourds et les composés organiques** (pesticides, antibiotiques...) : ils perturbent le métabolisme des bactéries et peuvent contaminer le digestat et donc les sols.

> EN SAVOIR



Méthanisation agricole et utilisation de cultures énergétiques en codigestion, APESA, ADEME, 2009.

# Le process “mésophile en infiniment mélangé”



La méthanisation en voie liquide mésophile (38-42°C) est le process le plus couramment utilisé en méthanisation agricole.

## Pour l'exemple d'une installation de 170 kW<sub>e</sub> : dimensionnement de l'installation

1	Silo de stockage	
2	Trémie	5 t/jour
3	Préfosse	13 m <sup>3</sup> /jour
4	Digester	1600 m <sup>3</sup>
5	Fosse de stockage	4000 m <sup>3</sup>

## > Surveiller le taux de matières sèches de la ration

La teneur en matière sèche (MS) au sein du digesteur doit rester en dessous de 12% pour obtenir un mélange pompable et brassable.

Il est possible d'introduire des matières à forte teneur en MS. Elles sont diluées par des apports

en matières liquides ou une recirculation du digestat. La teneur maximale en MS de la ration en entrée est de 18%.

Type de matière	Mode de stockage	Mode d'introduction dans l'installation
Matière liquide	Cuve ou préfosse	<b>Pompe</b> Le type de pompe est à définir en fonction de la nature des matières (à galet, à lobe, broyeuse). La préfosse peut servir de stockage pour des matières liquides extérieures à l'exploitation. Dans ce cas, prévoir un stockage tampon d'une dizaine de jours de façon à limiter les à-coups de composition de la ration lors de l'alimentation du digesteur.
Matière solide	Silo avec récupération des jus	<b>Trémie</b> Un chargeur alimente la trémie au moins une fois par jour. L'incorporation dans le digesteur s'effectue au moyen d'un piston ou d'une vis sans fin, elle est programmée (par exemple : 10 min toutes les 4 heures). La trémie peut être dimensionnée pour 2 jours de façon à éviter un chargement le dimanche.

Les éléments de stockage en amont du digesteur (silo, cuve et préfosse) sont dimensionnés de

façon à gérer les à-coups d'approvisionnement et la variabilité des matières entrantes.

## > Digestion des matières dans une installation en infiniment mélangé

- La fermentation se déroule dans un réservoir généralement cylindrique appelé digesteur.
- Le digesteur **maintient un milieu favorable** au développement des bactéries : absence d'oxygène, température constante, pH neutre.
- Les matières y séjournent le temps nécessaire à leur dégradation (40 à 60 jours).
- Le digesteur est étanche aux gaz et aux liquides. Il est, chauffé, isolé et son contenu brassé.
- Il peut être enterré ou hors sol. Il est généralement en béton ou en acier inox mais pas exclusivement.
- Le dimensionnement et les équipements sont conditionnés par la composition de la ration (nature des substrats entrants, temps de dégradation, risque de sédimentation...). Ils sont spécifiques de chaque constructeur.



Trémie devant un digesteur béton à Ter Biogaz dans le Centre



Crédit TRAFIC



Crédit Solagro

Fosse enterrée et couverte de la SAS Metha Bel Air dans la Vienne



## > Flux de matière au sein de l'installation

- La matière à traiter est introduite **tous les jours** dans le digesteur. Une quantité équivalente est extraite par surverse ou par pompage.
- La matière sortante, le digestat, est évacuée vers une fosse de stockage.
- Certaines installations sont équipées d'un post-

digesteur couvert, isolé et éventuellement chauffé qui permet de terminer la digestion, et de récupérer la fraction de biogaz encore présent dans la matière digérée. Cette production complémentaire peut atteindre 20% de la production totale en biogaz.

## > Maintenir une température constante dans le digesteur

La fermentation anaérobie ne dégage pas de chaleur contrairement au compostage. Pour un développement maximal, les bactéries doivent vivre entre 38 et 42°C et sans choc thermique. Il est donc nécessaire d'isoler et de chauffer le digesteur.

L'isolant (sol, mur, plafond) peut être constitué de plaques posées à l'extérieur du digesteur ou de

mousse projetée à l'intérieur du digesteur et protégée de la masse en fermentation par un enduit.

Le chauffage peut être assuré par un réseau de chaleur (pe ou inox) fixé à l'intérieur du digesteur ou coulé dans le béton. Chauffer le sol a peu d'intérêt car le dépôt – inévitable - d'inertes (sable...) en fond de cuve limite la diffusion de la chaleur.

## > Brasser la matière en digestion

Le brassage est un élément clé. Il permet :

- d'homogénéiser la masse en fermentation et améliorer ainsi les contacts matière/bactéries,
- d'uniformiser la température,
- d'éviter la sédimentation de matières en fond de digesteur ou la remontée en surface des matières flottantes telles que les graisses ou la paille,
- de favoriser le bon dégazage, et éviter ainsi la formation de croûte en surface et le gonflement de la matière.

Plus la teneur en matières sèches est élevée plus le brassage doit être puissant.

Les techniques de brassage sont mécaniques (agitateur) ou hydrauliques (injection de biogaz ou recirculation de digestat). Elles sont d'orientations variées (horizontale, verticale ou oblique), fixes ou mobiles, de vitesses variées (lente ou rapide).

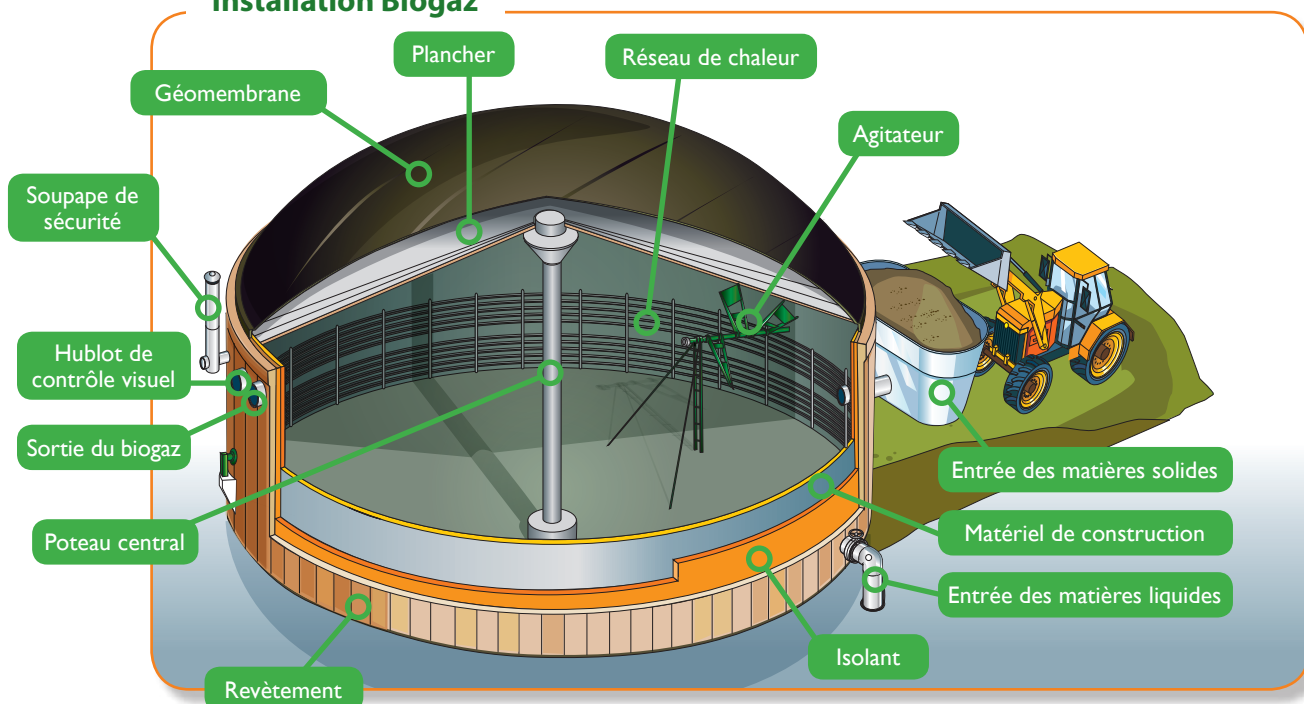
La vitesse de brassage est un élément important, les microbiologistes s'accordent pour dire qu'un brassage trop rapide détruit les agrégats de matières organiques et par là même, nuit à la vie symbiotique des bactéries acétogènes et méthanogènes.

### > EN SAVOIR



- La méthanisation, René Moletta, ed Lavoisier, 532 p., 2008.
- La méthanisation, Comment se transforme la matière organique en énergie, ADEME Bourgogne, 2011.

## Installation Biogaz



# Les recommandations et retours d'expériences

Les performances énergétiques et économiques d'une unité de méthanisation sont liées à la qualité de sa conception et au savoir-faire de l'exploitant.

Les besoins de sécurisation de la production ne sont toutefois pas les mêmes pour une installation de 70 kW<sub>e</sub> ou de 400 kW<sub>e</sub>.

## > Réduire les charges : consommation en énergie électrique, temps de travail, consommation en fioul

L'organisation des éléments a une importance sur le temps de travail et sur les consommations d'énergie.

- Par exemple, les silos de stockage des matières en amont de la trémie d'incorporation doivent être placés de façon à ce que les manœuvres de chargement soient simples et rapides, ce qui a aussi pour effet

de limiter les consommations en fioul.

- La circulation des flux par « gravité » en lieu et place de pompes et moteurs, permet de réduire les consommations d'électricité : pré fosse positionnée en surplomb du digesteur, le digestat extrait par surverse, la trémie située sur le digesteur...

## > Réaliser des maintenances rapides et en limitant les pertes de production ?

La conception doit statuer sur les points suivants :

- L'accès aux équipements situés à l'intérieur du digesteur : peut-on y accéder facilement ? Y aura-t-il pertes de production ? Sera-t-il nécessaire de vidanger tout ou partie du digesteur ?...
- La gestion des flux : les pompes sont-elles protégées contre des "corps" étrangers, le

débouchage des canalisations de transport des matières sera-t-il aisé ?...

- Les modalités de "curage" des sédiments qui se déposent en fond de digesteur ?
- La facilité d'interventions sur les différents équipements ?
- La gestion de situation à risque : coupure de courant...

## > Prévenir les incidents biologiques

- Prévoir des équipements permettant de suivre le fonctionnement de l'installation : analyse de biogaz (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>), échantillonnage de matières en digestion, suivi de la température et du pH... En fonction de la taille du site, ces équipements seront en ligne ou ponctuels.

- Pour les installations alimentées par des sources multiples de matière, il peut être intéressant d'investir dans une cuve de dosage qui permet de préparer la ration en amont du digesteur et ainsi de mieux contrôler les apports.
- Interconnecter les canalisations pour faciliter les circulations de flux entre les différents éléments de l'installation pour faire face à un certain nombre de situations : vidange, gestion d'un accident biologique, nécessité de diluer la matière en digestion...

## > Anticiper

- Prévoir d'éventuelles extensions en réservant les surfaces au sol.
- Prévoir des évolutions de matières entrantes : l'installation peut-elle facilement intégrer de nouveaux types de matières (ex : graisses) ?

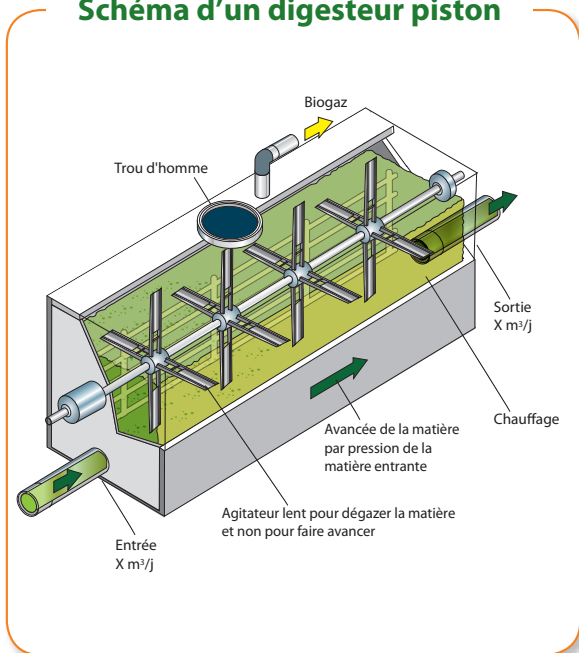




# Les alternatives à l'infiniment mélangé



## Schéma d'un digesteur piston



Certaines technologies offrent des procédés alternatifs au process mésophile en infiniment mélangé. Les premiers retours d'expérience de ces nouveaux développements sont très attendus.

### > Le digesteur piston

Ce digesteur accepte une charge en matière sèche plus forte qu'un digesteur classique (jusqu'à une MS de 25-30%) et requière un chauffage moindre.

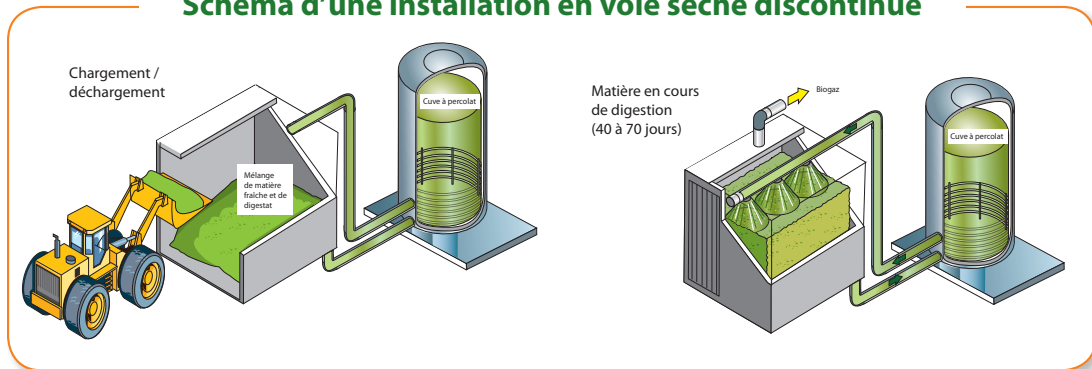
Le temps de séjour, l'expression du potentiel méthanogène et le niveau d'automatisation sont équivalents.

### > La méthanisation discontinue en voie sèche

Ce mode de digestion est peu développé. Des entreprises se positionnent sur cette technologie mais les retours d'expériences sont encore peu nombreux.

Plusieurs digesteurs (silo ou caisson), quatre au minimum, sont placés en parallèle. Ils fonctionnent en même temps mais sont chargés en différé (par exemple 1 tous les 10 jours) de manière à produire un volume globalement constant de biogaz. La bonne gestion du percolât est un des facteurs clés de réussite. Le mélange de matière introduit doit être chargeable au chargeur (>25% de MS).

## Schéma d'une installation en voie sèche discontinue



### > L'amélioration des performances des installations

Les constructeurs/entreprises proposent des dispositifs pour augmenter le potentiel méthanogène ou réduire le temps de séjour. Dans tous les cas,

il est nécessaire d'analyser le coût à l'investissement et au fonctionnement en comparaison du gain réel.

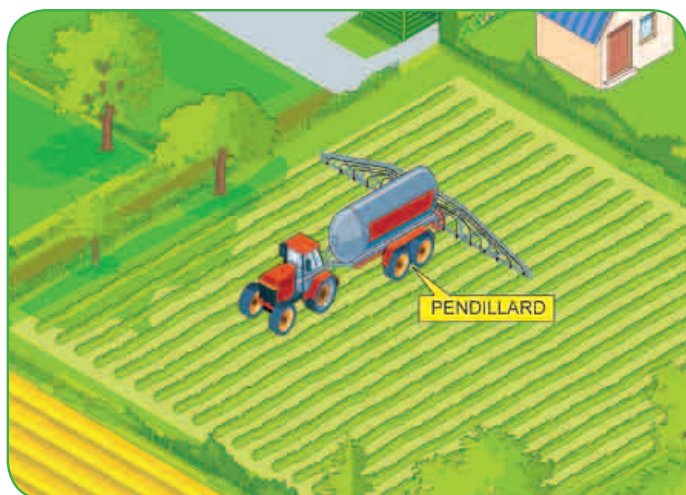
Dispositif	Principe et objectifs	Remarques
Installation thermophile	Température de digestion comprise entre 48°C et 60°C pour réduire le temps de séjour tout en conservant le potentiel méthanogène	Risque biologique accru, augmentation des besoins en chaleur du process
Lamineur, broyeur... et autres prétraitements	Rendre accessible une nouvelle fraction de matière fermentescible pour les bactéries. Exemple : broyer des pépins de raisin ou des noyaux pour accéder à l'amande généralement riche en graisse	Coût au regard de l'augmentation effective du potentiel méthanogène
Hydrolyse	Cuve aérobie à pH acide où se déroule uniquement l'hydrolyse. Le but est de mieux maîtriser l'apport en acides gras volatils (AGV), et de réduire le temps de séjour dans le digesteur	Stockage supplémentaire A priori pas de perte de potentiel méthanogène
Enzymes	Ajout d'enzymes à la matière fraîche de façon à simplifier le travail des bactéries	Enzymes utilisées stables et non dégradées au cours de la digestion

#### > EN SAVOIR



- Suivi expérimental de l'installation de méthanisation du GAEC du Bois Joly, APESA, Biomasse Normandie, ADEME 2010.
- La méthanisation en voie sèche, TRAME, ADEME 2009.

# Amender, fertiliser : les propriétés du digestat



Le digestat est un amendement et un engrais complet dont la valeur agronomique est supérieure à celles des matières entrantes.

Au terme d'un processus de méthanisation mésophile de 40 à 60 jours, les matières organiques résiduelles, les minéraux dissous et l'eau constituent le digestat. Il est stocké dans une fosse, directement reliée au digesteur.

## Pour l'exemple d'une installation de 170 kW<sub>e</sub> : valorisation du digestat

	Sans méthanisation	Avec méthanisation
Produit à épandre	Effluent	Digestat
	7 à 9% de MS 5 kg d'azote/t	9% de MS 5,6 kg d'azote/t
Volume à épandre	4700 t/an d'effluent	5800 t/an de digestat
	La mise en place de l'installation biogaz augmente les volumes à épandre sur les terres agricole de 19%	
Charge azotée	21 t d'azote total /an	32 t d'azote total /an
	La mise en place de l'installation biogaz augmente la quantité d'azote total disponible de 53% du fait de l'apport en matières extérieures	

## > Les propriétés du digestat

Le digestat est **désodorisé** par rapport aux matières entrantes du fait de la destruction dans le digesteur des matières organiques responsables des nuisances olfactives.

La méthanisation **réduit les germes pathogènes** (effet température/temps de séjour) et **affecte le potentiel de germination des graines d'adventices** présentes dans les déjections.

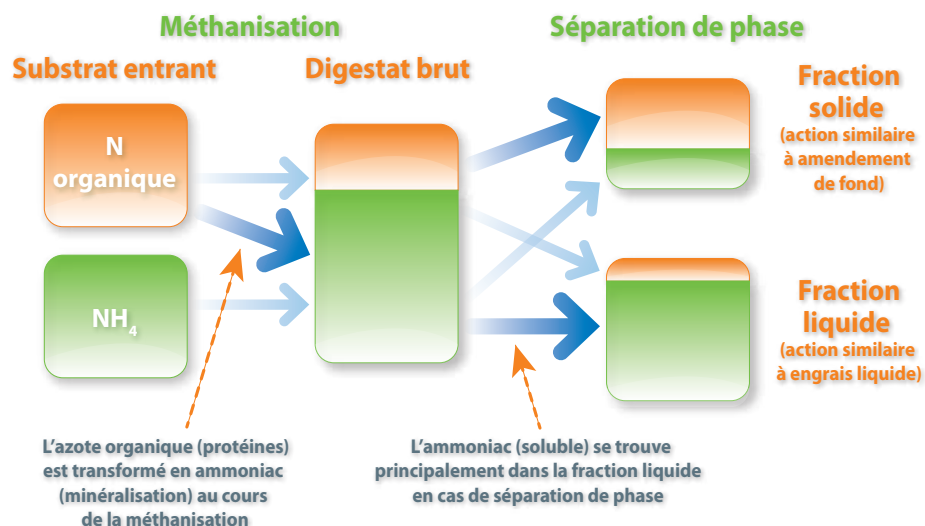
La **valeur amendante est conservée**. En effet, la fraction ligneuse, déterminante pour la fabrication de l'humus des sols n'est pas attaquée.

Le digestat brut a l'aspect d'un lisier mais il est **plus facile à épandre** car plus fin, plus homogène et plus fluide que du lisier non traité.

La **valeur fertilisante est améliorée**. Les quantités totales en nutriments N, P, K sont conservées. En revanche, l'azote, initialement organique, se retrouve majoritairement sous forme ammoniacale, forme plus assimilable par les cultures et plus facile à doser. Par contre, cet azote ammoniacal est plus volatil, d'où la nécessité :

- de bien dimensionner les fosses de stockage selon la réglementation et de les couvrir;
- d'épandre le digestat en fin d'hiver et au début du printemps, avec un pendillard.

## Évolution de l'azote pendant la méthanisation





Séparateur de phase



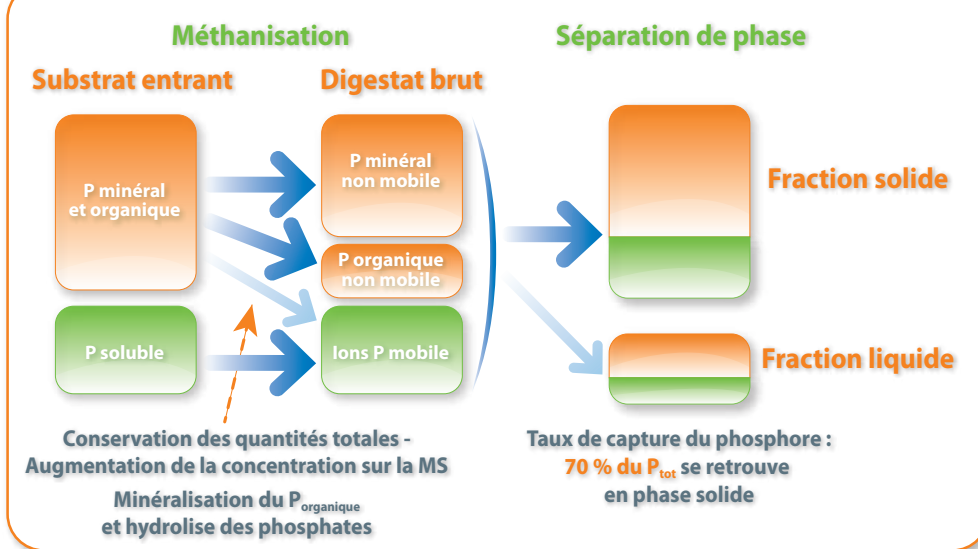
Crédit:FRAME



Crédit:ADEME

Tonne à pendillards permettant de limiter la volatilisation de l'azote ammoniacale au cours de l'épandage

## Évolution du phosphore pendant la méthanisation



## > Les post-traitements du digestat

### Quand est-il intéressant de faire une séparation de phase ?

Certains agriculteurs font un traitement dit de "séparation de phase" qui permet d'isoler :

- une fraction solide concentrée en matière organique et en éléments phosphatés, utilisable comme amendement de fond,
- une fraction liquide riche en azote ammoniacale, substituable aux engrais minéraux.

### > Faut-il sécher le digestat ?

Le séchage s'envisage sur des exploitations où les possibilités d'épandage sont limitées. Il permet d'exporter des engrais organiques renouvelables sous formes solide et liquide.

Il produit, d'une part un digestat déshydraté (70 à 90% de MS) moins onéreux à transporter, et d'autre part, une solution concentrée enrichie en ammoniacale (sulfate d'ammonium) issu du traitement de l'air vicié. Même si la cogénération

Le digestat brut est un engrais complet qui peut être utilisé directement. La séparation de phase permet une gestion agronomique plus fine mais elle a un coût. Les aspects économiques doivent être étudiés, notamment : l'investissement ou non dans des équipements d'épandage supplémentaire, les économies de transport effectivement réalisés dans le cas d'un parcellaire lointain.

pourrait aux besoins d'énergie thermique, le séchage reste un investissement lourd, dont la rentabilité doit être analysée de près et qui s'envisage pour des unités supérieures à 250 kW<sub>e</sub>.

D'autres traitements, plus complexes et plus coûteux, comme l'évaporation, le stripping, la filtration membranaire, ne se justifient que pour des installations de grandes capacités (> 1 MW<sub>e</sub>).

## > EN SAVOIR



- Programme de recherche ANR DIVA 2010-2014.
- La déshydratation des digestats, IFIP, ADEME, 2010.
- Qualité agronomique et sanitaire des digestats, Rittmo, l'ADEME, 2011 (en cours).
- La qualité agronomique des digestats, Solagro, ADEME, 2004.
- Etat de l'art des méthodes (rentables) pour l'élimination, la concentration ou la transformation de l'azote pour les installations de biogaz agricoles de taille petite/moyenne, EREP, 2009.
- Guide méthodologique pour l'homologation, ANSES, 2011.

# La valorisation du biogaz et de la chaleur



Le biogaz est composé majoritairement de méthane (CH<sub>4</sub>) et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). L'énergie provient du méthane. Le biogaz est toxique et corrosif : d'où l'importance de garantir la sécurité des personnes et éviter l'usure prématurée du matériel (principalement du moteur).

## > Caractéristiques et épuration du biogaz

Composition du biogaz	Teneur	Risques
CH <sub>4</sub>	50 à 65%	Explosif sous conditions*
CO <sub>2</sub>	35 à 45%	
H <sub>2</sub> S	Traces	Corrosif, toxique
Eau	Saturation	Corrosif
Eléments traces dont H <sub>2</sub> , Siloxanes...	Traces	Corrosif

La désulfuration est généralement réalisée par l'injection d'un petit débit d'air directement dans le stockage de biogaz ce qui génère une fixation biologique du soufre sur les parois libres du digesteur. L'eau est éliminée par condensation.

\*5 à 15% de méthane dans l'air et source de chaleur supérieure à 535° C.

## > Le stockage du biogaz

Le biogaz est stocké à pression atmosphérique en général dans une géomembrane fixée au dessus du digesteur ou du post digesteur. La capacité de stockage est d'environ 5 heures ; c'est un stockage

tampon utilisé pour les petites maintenances de la cogénératrice ou les surproductions ponctuelles de biogaz.

## > La sécurité sur le site

Le site doit disposer d'un dispositif de destruction du biogaz dans le cas où celui-ci ne pourrait être utilisé (ex : torchère). Des soupapes de sécurité sont installées au niveau des rétentions de gaz. Une zone de sécurité (zone ATEX) de 1 à

3 mètres doit être identifiée autour des rétentions de biogaz, de la torchère et des soupapes de sécurité. Les canalisations de biogaz et les vannes sont placées à l'extérieur des bâtiments.

## > La valorisation du biogaz la plus courante : la cogénération

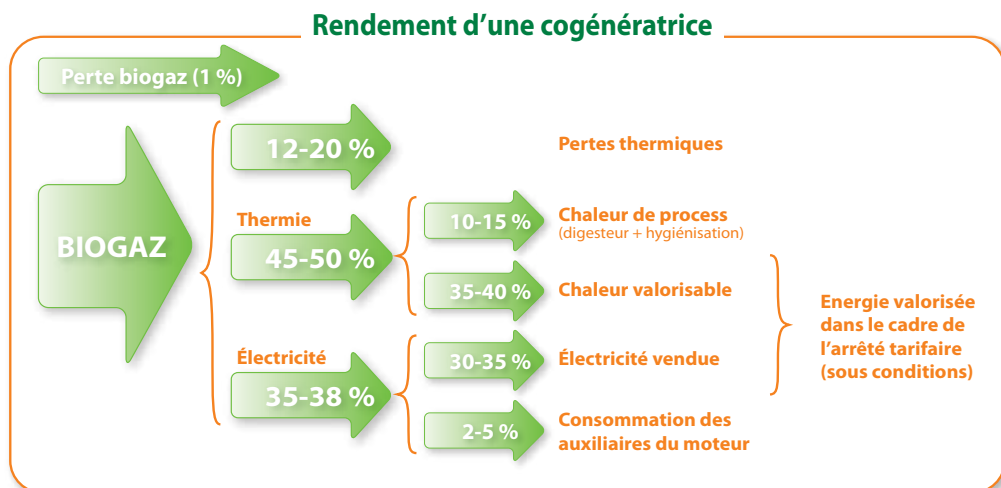
Le module de cogénération est constitué d'un moteur qui entraîne une génératrice de courant électrique (alternateur). La chaleur est prélevée sur le système de refroidissement du bloc moteur et les fumées ce qui permet la production d'eau chaude à 90°C. Il est envisageable de produire de la vapeur en récupérant uniquement l'énergie des fumées.

Deux types de moteur peuvent être utilisés :  
 ■ **moteur à gaz** : ne fonctionne qu'au biogaz ;  
 ■ **moteur dual fioul** : une petite quantité de fioul (environ 5 % de l'énergie primaire consommée) est injectée pour enflammer le mélange air/biogaz. Le rendement électrique est meilleur que pour un moteur gaz, particulièrement pour des petites puissances, mais les coûts de fonctionnement, non négligeables, sont plus importants.



Crédit: ADEME

Exemple de panneau de signalisation de la Zone ATEX de 3 mètres sur une installation biogaz



### > EN SAVOIR



Règles de sécurité des installations de méthanisation agricole, INERIS, 2009.



Cogénérateur biogaz de 130 kW<sub>e</sub> à l'EARL Guernequay dans le Morbihan



crédit AILE

Echangeur thermique dans un atelier de canards à la SCEA du Bois Brillant dans le Maine-et-Loire



crédit AILE

## Optimiser la valorisation de la chaleur pour permettre de rentabiliser l'installation

La première des utilisations de la chaleur est le chauffage du digesteur (20 à 30 % de la chaleur produite). 80 % de la chaleur produite est donc disponible pour d'autres usages. Chaque projet doit maximiser la valorisation de la chaleur disponible. La difficulté réside dans la recherche de **débouchés locaux et le plus continus possibles sur l'année.**

### > La valorisation de chaleur apporte des recettes

La chaleur **contribue à la rentabilité d'un projet de méthanisation :**

- En cogénération, plus la quantité de chaleur valorisée est importante, plus l'électricité produite bénéficie d'un bonus d'achat avantageux.

- La vente de chaleur (sous forme d'eau chaude à 90°C) peut être un revenu complémentaire.

### > La valorisation de chaleur sur l'exploitation

Les exploitations agricoles utilisent de la chaleur pour :

- les élevages hors sol (porc, volailles...),
- les productions végétales (serres, champignonnière...),
- les ateliers de transformation (fromagerie, charcuterie...),

- le séchage de fourrages, de récoltes, de bois, de plaquette...

Ces usages peuvent être couverts, pour tout ou partie, par la chaleur produite par une installation biogaz. Lorsque la chaleur issue du biogaz se substitue à une autre source d'énergie, cela génère des économies pour l'exploitation.

### > La vente de chaleur autour de l'exploitation

D'autres utilisations sont possibles, comme la vente de chaleur pour le chauffage de maisons, de bureaux, d'industries agroalimentaires... Ces utilisateurs doivent **se trouver à proximité immédiate de l'unité ou être reliés par un mini-réseau de chaleur.**

Un critère de décision parmi d'autres consiste à calculer la densité thermique (énergie transportée par mètre linéaire de réseau). Celle-ci devrait être supérieure à 1 MWh<sub>th</sub>/ml.

Attention, un réseau de chaleur dispersé n'est pas favorable à la rentabilité du projet du fait d'investissements élevés au regard des recettes.

Exemple : un cogénérateur de 170 kW<sub>e</sub> produit 1 000 MWh<sub>th</sub> disponible (hors thermie de process) ; avec une utilisation de 260 MWh<sub>th</sub> pour une porcherie et 3 habitations, le réseau ne doit pas excéder 260 mètres.

### > La saisonnalité des besoins en chaleur

Attention, l'installation biogaz produit une quantité de chaleur identique toute l'année alors que la plupart des besoins en chaleur sont saisonniers. Lors de la recherche de débouchés pour

la chaleur, on cherchera des complémentarités, par exemple, chauffage d'une serre en hiver et séchage de fourrage au printemps et en été.

#### Exemple de valorisation de la chaleur

Types de bâtiments	Caractéristiques	Consommation annuelle (kWh <sub>th</sub> )	Puissance thermique minimale (kW <sub>th</sub> ) hors chauffage du digesteur	Période de besoins en chaleur			
				Hiver	Printemps	Été	Automne
Chauffe-eau	100 vaches	8 800	1	■	■	■	■
Élevage de veaux	100 veaux	10 800	1	■	■	■	■
Habitation	120 m <sup>2</sup>	16 800	4	■	■	■	■
Porcherie	170 truies naisseur engraisseur	76 840	13	■	■	■	■
Séchage de fourrages	200 t/an	92 500	47	■	■	■	■
Poulaillers	2 400 m <sup>2</sup>	240 000	41	■	■	■	■
Serre de tomates	1 ha	3 000 000	513	■	■	■	■

Fluctuation saisonnière de la demande : forte (rouge), moyenne (orange), faible (jaune) ou nulle (blanc).

#### > EN SAVOIR



Séchage de fourrages et de céréales, état des lieux et leviers d'action, ADEME, 2011.

# Les perspectives pour la valorisation du biogaz



Si la cogénération est la voie usuelle de valorisation pour les installations à la ferme, d'autres techniques sont en développement. Elles restent aujourd'hui destinées à des installations dont la puissance électrique équivalente est supérieure à 300 kW<sub>e</sub>.

## > Les chaudières

Le biogaz peut être intégralement valorisé en chaudière, pour la production de chaleur – eau chaude ou vapeur - à condition d'avoir à proximité des besoins importants et constants à satisfaire. Il peut également être transporté "brut" dans une canalisation dédiée de quelques centaines de mètres... vers un consommateur "proche" qui le valorisera.

## > Le biométhane

L'épuration du biogaz consiste en une série de traitements qui éliminent le CO<sub>2</sub>, le soufre, les siloxanes, les composés azotés,... contenus dans le biogaz.

Au final, on obtient un gaz très concentré, composé à plus de 95 % de méthane, appelé biométhane. Il existe différentes méthodes d'épuration : lavage à l'eau, systèmes membranaires, adsorption modulée en pression, absorption chimique, cryogénie.

Le biométhane peut :

- être utilisé en **gaz-carburant**,
- être **injecté** dans le réseau de gaz naturel (canalisation de transport ou de distribution), après une série de traitements complémentaires (odorisation, compression...). Les conditions d'injection et d'achat du biométhane seront fixées par arrêté prévu pour fin 2011.

Aujourd'hui une installation de biométhane est envisageable économiquement au-dessus d'un débit de 100 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/h (équivalent à une puissance électrique de 300 kW<sub>e</sub>).

Des tracteurs roulent au biométhane. Cependant à ce jour, l'épuration à la ferme, pour produire le carburant d'un ou deux tracteurs est un investissement trop lourd.



Epurateur membranaire de biogaz



Module standard d'injection de biométhane dans le réseau avec contrôle de la qualité et du débit

## > La trigénération

Une cogénération est couplée à une machine frigorifique à absorption pour produire du froid (eau à 4°C).

Les rendements ne sont pas encore très performants et les coûts d'investissement et de fonctionnement restent élevés. Néanmoins,

plusieurs constructeurs s'intéressent à cette technologie ce qui devrait élargir la gamme et réduire les prix à l'investissement. Jusqu'à présent, des offres ne sont disponibles qu'à partir de 300 kW froid même si des offres dès 15 à 50 kW froid apparaissent.

### > EN SAVOIR



- Le site du bio-méthane carburant du Club Biogaz
- Transport biogaz par canalisation dédiée, Solagro, 2003.



# Point réglementaire



Compte tenu de la complexité des démarches administratives, il est conseillé de se mettre en relation avec les différentes administrations concernées (services vétérinaires, DREAL...) dès l'amont du projet.

## > Quel régime ICPE ? Autorisation, déclaration ou enregistrement ?

Les tonnages et la nature des déchets déterminent le cadre et la procédure réglementaires qui seront appliqués au projet.

Rubrique	Type de matière traité	Tonnage traité		
		Déclaration	Enregistrement	Autorisation
2781-1	Matière végétale brute, effluents d'élevage matières stercoraires, effluents bruts agroalimentaires et déchets végétaux d'industries agroalimentaires	Inférieur à 30 t/j	Supérieur ou égal à 30 t/j et inférieur à 50 t/j	Supérieur ou égal à 50 t/j
2781-2	Autres déchets non dangereux	-	-	Dans tous les cas
Dossiers à réaliser et à déposer en préfecture		Dossier sommaire	Dossier technique + Consultation des communes + Information du public	Etude de dangers + Etude d'impact + Enquête publique

La combustion du biogaz est réglementée par la rubrique 2910C, le régime ICPE est basé sur celui de la rubrique 2781.

## > Quels sous-produits animaux (SPAN) peut-on traiter dans une installation biogaz ?

Lors de l'utilisation de SPAN le règlement européen n° 1069/2009 s'applique. Il distingue trois catégories de SPAN et définit leurs règles de traitement. Seuls les SPAN de catégories 2 et 3 sont potentiellement méthanisables.

Catégorie SPAN	Types sous-produits animaux	Traitement avant entrée dans le digesteur
Catégorie 2	Refus de dégrillage abattoirs hors ruminant > 6 mm	Stérilisation : 133° C, 20 min 3 bars, 50 mm
	Lisiers*, matières stercoraires, lait et colostrum	Pas de traitement spécifique
Catégorie 3	Parties d'animaux abattus propres à la consommation humaine, plumes, poils et le sang d'animaux, anciennes denrées, déchets de cuisine et de table, lait, oeuf, ovoproduits, produits dérivés du lait	Pasteurisation : 70° C, 60 min, 12 mm
Certains mélanges de SPAN C3 et lisier		Possibilité de proposer des dispositions particulières d'hygiénisation qui seront étudiées au cas par cas

\*Le terme "lisier" désigne toutes les déjections des animaux d'élevage (hors poisson) et équidés.

Attention, les déjections animales sont des SPAN. Ainsi, **toute installation traitant des déjections animales est soumise au règlement 1069/2009 et doit disposer d'un agrément sanitaire.**

## > L'épandage du digestat

Considéré comme un déchet, le digestat est soumis à **plan d'épandage**. Son contenu dépend du régime ICPE de l'installation et du type de matières entrantes.

Pour sortir de la contrainte du plan d'épandage, il est possible d'obtenir le **statut de "produit"**. Seules 2 possibilités existent :

- le compostage : le digestat entre dans la composition d'un compost qui doit répondre aux seuils spécifiés par la norme AFNOR

NFU **44-051** (amendements organiques) ou NFU **44-095** (amendements organiques et composts issus du traitement des eaux).

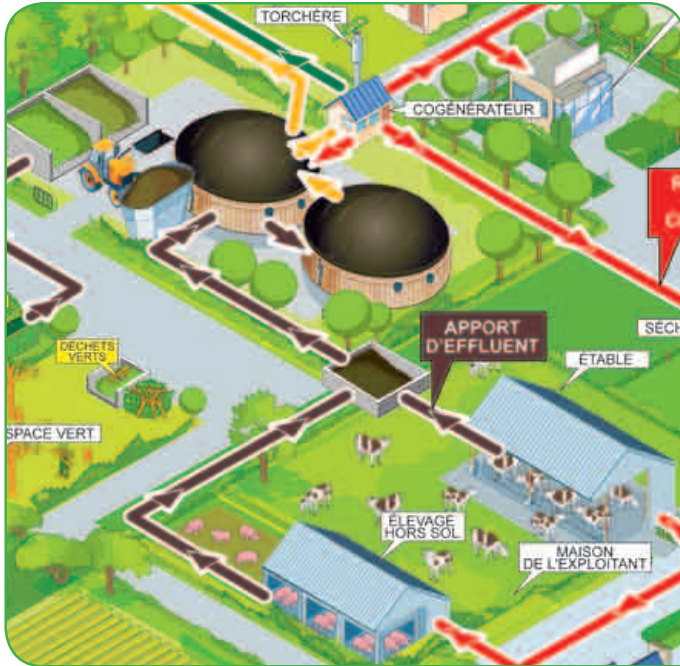
- l'homologation : dans tous les autres cas (digestat brut, solide, liquide ou sulfate d'ammonium), le passage au statut de "produit" suppose le dépôt **d'un dossier d'homologation** auprès des services de l'ANSES (durée d'instruction : 12-18 mois, coût estimatif : 40 000€).

### > EN SAVOIR



- Guide des démarches administratives pour la réalisation d'une unité de méthanisation à la ferme, RAEE, 2010.
- Le cadre réglementaire et juridique des activités agricoles de méthanisation et de compostage, Guide pratique, Apesa, Biomasse Normandie, Rittmo, ADEME, 2008.

# L'économie d'un projet



Dans les conditions actuelles, la vente d'électricité seule n'est pas suffisante pour rentabiliser un projet : il faut compter sur la valorisation de la chaleur et/ou le traitement de déchets extérieurs.

Des subventions à l'investissement peuvent provenir de l'ADEME, des collectivités territoriales (Région, Département), et de l'Europe. Elles sont conditionnées à la qualité du projet.

## Pour l'exemple d'une installation de 170 kW<sub>e</sub> : la vente d'électricité

Investissement	1.3 à 1.5 M€
Tarif de base	132.8 €/MWh <sub>e</sub>
Prime "effluent d'élevage"	25.4 €/MWh <sub>e</sub> les effluents représentent plus de 60% des matières entrantes
Prime "efficacité énergétique"	27.4 €/MWh <sub>e</sub> l'énergie primaire valorisée hors process représente 56%
Prix de vente de l'électricité	185.6 €/MWh <sub>e</sub>

## > L'investissement

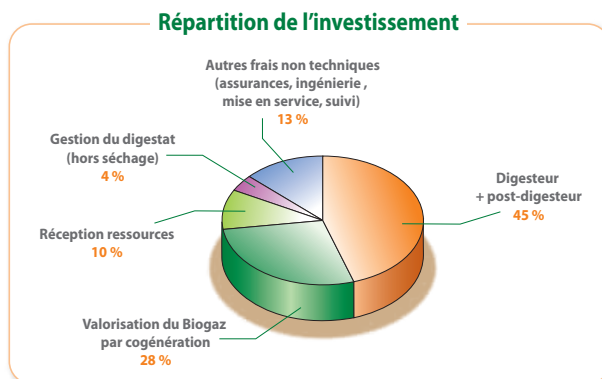
Par un effet d'échelle, l'investissement (en €/kW<sub>e</sub>) diminue quand la puissance électrique installée augmente. Les coûts de construction sont plus

élevés que ceux observés en Allemagne, pays qui avec près de 6000 exploitations en 2011, bénéficie d'une filière mature.

Puissance électrique	France 2011 Puissance moyenne installée : 140 kW		Allemagne 2011 Puissance moyenne installée : 370 kW	
	Installation de 35 kW <sub>e</sub>	Installation de 170 kW <sub>e</sub>	Installation de 170 kW <sub>e</sub>	Installation de 500 kW <sub>e</sub>
Exemple de tonnage entrant	2200 t dont 68% d'effluents d'élevage	5500t dont 86% d'effluents d'élevage	5500t dont 86% d'effluents d'élevage	19000t dont 79% d'effluents d'élevage
Investissement total en France	0,3 à 0,5 M€ soit de 10 à 15 000 €/kW <sub>e</sub>	1,3 à 1,5 M€ soit 8600 €/kW <sub>e</sub>	1,3 à 1,5 M€ soit 8600 €/kW <sub>e</sub>	2,5 à 3,2 M€ soit 5600 €/kW <sub>e</sub>
Investissement total en Allemagne	Absence de donnée	5 000 €/kW <sub>e</sub>	5 000 €/kW <sub>e</sub>	3000 €/kW <sub>e</sub> Puissance moyenne installée : 370kW <sub>e</sub>

Compte tenu du tarif d'achat de l'électricité, il est primordial de maîtriser les coûts d'investissement.

Répartition moyenne de l'investissement pour des installations de méthanisation à la ferme



Le génie civil est un poste important, près de la moitié de l'investissement.



Aire couverte de stockage de la fraction solide du digestat après séparation de phase et digesteur inox à l'EARL Mercier en Savoie



Crédit: Solagro



Séchoir de digestat à GAZEA dans les Côtes-d'Armor

Crédit: TRAME

## > Les dépenses

### Main-d'œuvre

Prévoir de 1h (30 kW<sub>e</sub>) à 3h30 (500 kW<sub>e</sub>) par jour pour la conduite et l'entretien courant de l'installation. Le type de matières entrantes joue sur le temps de travail : apport de matières solides (chargement de la trémie) ou apport de matières extérieures à l'exploitation (réception, contrôle).

### Entretien et réparation

Compter 2 à 3% par an de l'investissement (hors cogénération) pour le fonctionnement des pompes, brasseurs, introduction de matière...

Sur la partie cogénération, les coûts sont proportionnels à l'énergie électrique produite, compter 18 €/MWh<sub>e</sub> produit.

### Consommables

La consommation d'électricité pour le fonctionnement des pompes, brasseurs, injecteurs (environ

de 5 à 10 % de l'électricité produite).

La consommation de fioul en cas de moteur dual fioul.

La production éventuelle de cultures énergétiques (25 à 35 €/t selon le type de cultures).

### Approvisionnement en substrats et épandage du digestat

L'introduction des matières entrantes (2 €/t) et l'épandage du digestat (3 €/t) génèrent des coûts de matériel et de transport qui peuvent être conséquents en fonction du contexte local.

### Autres

Il est également nécessaire de compter les analyses annuelles (matières, digestat...) une éventuelle assurance spécifique, les frais financiers et les frais de gestion administrative.

## > Les recettes

### Vente de l'électricité

La durée de fonctionnement optimal de l'unité est de 8000h/an avec 15 jours d'arrêt par an pour la maintenance du moteur.

Le tarif défini par l'arrêt du 19 mai 2011 est constitué d'un tarif de base fonction de la puissance électrique (111,9 à 133,7 €/MWh<sub>e</sub>). Il peut être bonifié par deux primes :

- La prime à l'efficacité énergétique est conditionnée à une valorisation de plus de 35% de l'énergie primaire produite hors process. L'énergie de process correspond à la consommation électrique des auxiliaires de la cogénération, le chauffage des digesteurs, l'hygiénisation...
- La prime "effluents élevage" est conditionnée à la teneur en effluent d'élevage de la ration et à la puissance électrique installée.

Cumulables, les primes "efficacité énergétique" et "effluents d'élevage" majorent très significative-

ment le tarif de base, notamment pour les petites puissances.

### Valorisation de la chaleur

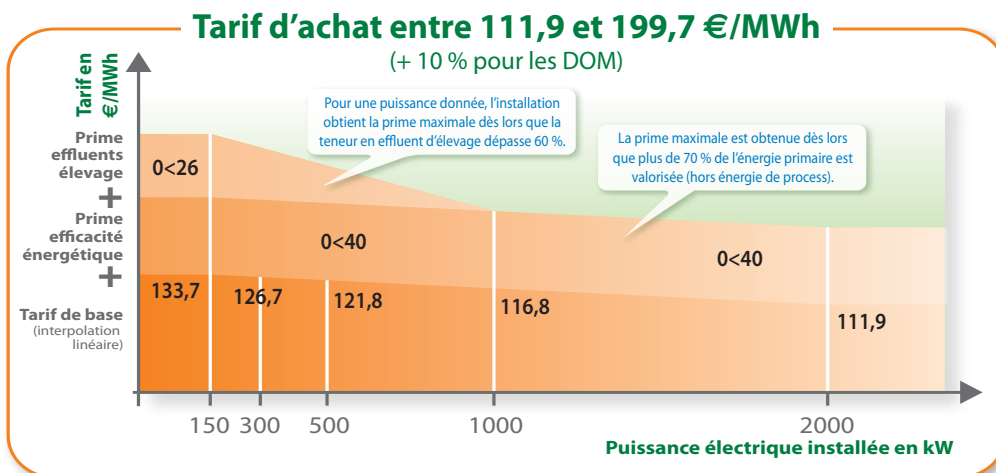
La chaleur produite par la cogénération peut être substituée à l'achat d'énergie fossile pour les besoins de l'exploitation ou être vendue à des tiers.

### Redevance pour le traitement des déchets

Cette redevance varie selon le type de déchets et le contexte local. Ce marché est très concurrentiel et volatil. Il convient d'être prudent, de minorer ces recettes lors du calcul économique et d'intégrer la notion de durée de contrat.

### Autres gains

A ces recettes principales, s'ajoutent d'autres gains plus difficilement chiffrables, tels que l'économie d'engrais minéraux, le confort d'épandage, la diminution des odeurs...



Tarif d'achat de l'électricité défini par l'arrêt du 19 mai 2011

### > EN SAVOIR

Expertise de la rentabilité des projets de méthanisation rurale et proposition de tarif d'achat de l'énergie produite sous ses différentes formes, Solagro, ADEME, 2010.

# Les principales étapes d'un projet de méthanisation à la ferme

Les projets de méthanisation impliquent de nombreux liens au niveau du territoire.

## > Les pré-requis

### Le gisement :

- Disposer d'un gisement suffisant de déjections animales (> 200-300 t de MS par an, soit environ 30 kW<sub>e</sub>) et d'une production la plus constante possible sur l'année.
- Disposer d'un gisement potentiel d'autres matières organiques (cultures intermédiaires, déchets d'industries agroalimentaires voisines, déchets des collectivités). Ce gisement dont le potentiel méthanogène est en général plus élevé que celui des déjections, peut impacter fortement la production d'énergie.

### Le débouché pour l'énergie :

- Disposer, dans le cas d'une cogénération, d'un débouché à proximité pour la chaleur sous forme d'eau à 90°C.
- Disposer, dans le cas de l'injection dans le réseau de gaz naturel, de canalisations de distribution

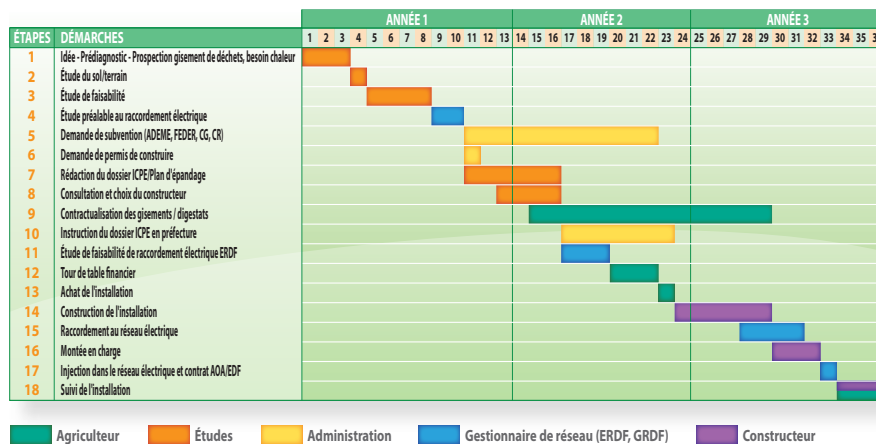
ou de transport à proximité (applicable à des projets dont la puissance électrique équivalente est supérieure à 300 kW<sub>e</sub>, soit une production supérieure à 100 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/h).

### La vision du projet :

- Disposer d'un temps minimum de 1 à 2 heures par jour pour le suivi de l'installation.
- S'engager dans un projet raisonné sur 10 ans au moins.
- Modifier la gestion de l'épandage (calendrier, types d'équipements, types de cultures...).
- Disposer d'une capacité d'auto financement de 15 à 20% de l'investissement soit 150 à 200 000 € de fond propres (basé sur l'investissement moyen de 900 000 € pour les 35 projets en fonctionnement mi-2011).
- Accepter de se former et d'entrer dans des relations multipartenariales.

## > Les étapes d'un projet de méthanisation à la ferme

Calendrier pour un projet soumis à déclaration ICPE



Dans le cas d'un projet soumis à autorisation ICPE, les délais administratifs (étape 9) sont allongés d'environ 12 mois.

### > EN SAVOIR

Guide méthanisation territoriale et multipartenariale, Coop de France, FNCUMA, 2011.

### Unités et équivalence

- Unité de puissance : **kW**  
Par exemple une cogénérateur d'une puissance électrique de 170kW fournit 170kWh<sub>e</sub> d'électricité si elle fonctionne à plein régime pendant une heure.
- Unité d'énergie électrique : **kWh<sub>e</sub>**  
(kilo Watt heure électrique)
- Unité d'énergie thermique : **kWh<sub>th</sub>**  
(kilo Watt heure thermique)
- 1 000 kWh = 1 MWh (Méga Watt heure)
- 1 m<sup>3</sup> de biogaz = 6 kWh
- 1 m<sup>3</sup> de méthane = 10 kWh
- 1 litre de fioul = 10 kWh

### Site internet pour en savoir plus :

Association des Agriculteurs méthaniseurs de France	<a href="http://pardessuslahaie.net/agriculteurs-methaniseurs">http://pardessuslahaie.net/agriculteurs-methaniseurs</a>
ADEME	<a href="http://www.ademe.fr/">http://www.ademe.fr/</a>
AILE	<a href="http://www.aile.asso.fr/">http://www.aile.asso.fr/</a>
Rhône Alpes Energie	<a href="http://www.biogazrhonealpes.org/">http://www.biogazrhonealpes.org/</a>
Solagro	<a href="http://www.solagro.org/">http://www.solagro.org/</a>
TRAME	<a href="http://www.trame.org/">http://www.trame.org/</a>
Club biogaz de l'ATEE	<a href="http://www.biogaz.atee.fr/">http://www.biogaz.atee.fr/</a>
Biogaz carburant	<a href="http://www.biomethanecarburant.info/">http://www.biomethanecarburant.info/</a>

### Partenaires financiers



Guide pratique / ISBN : 978 - 235 - 380 - 052 - 2 / Référence ADEME 7201



Responsable de rédaction : TRAME  
 Rédacteurs : AILE, Solagro et avec la participation de l'ADEME  
 Réalisation : Com' une île - Impression : Le Govic  
 Crédit photos couverture : TRAME, SCEA Le Bois Brillant



8573 - 09/11