

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

**TECHNIQUES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE
A PARTIR DE BIOGAZ ET GAZ DE SYNTHESE**

**TECHNIQUES OF POWER PRODUCTION
FROM BIOGAS AND SYNGAS**

janvier 2009

Ch. COUTURIER – SOLAGRO



Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles. Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

- ✓ En Bibliographie, le document dont est issue cette synthèse sera cité sous la référence :
RECORD, Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse, 2009, 253 p, n°07-0226/1A.

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
www.ademe.fr

RESUME

Ce document est la synthèse d'une étude sur l'état des lieux des équipements (moteurs, turbines, ...) mobilisés pour la valorisation électrique de la biomasse.

Réalisée par l'entreprise associative toulousaine SOLAGRO pour l'association RECORD, cette étude a permis de dégager les domaines d'application des principales technologies, le stade de développement de chacune d'entre-elles, des éléments de coûts (non présentés dans cette synthèse).

Elle fait également une analyse des retours d'expériences d'exploitants de sites, de leurs pratiques et de leurs difficultés en termes de conduite des machines, de traitement préalable du gaz.

Les contraintes de traitement préalable des biogaz (ou gaz de synthèse), les taux de charge et les débits en méthane sont en effet les principaux paramètres à prendre en compte au moment du choix de la technologie de valorisation.

Ces paramètres sont fortement liés à l'origine du biogaz : digesteur agricole, centre de stockage des déchets ménagers, stations d'épuration,...

MOTS CLES

Biogaz, gaz de synthèse, gaz de biomasse, moteurs, turbines, production d'électricité.

SUMMARY

The aim of this study is to achieve a state of the art on the techniques of electricity production (mainly engines and turbines) from biomass gases (biogas and syngas).

This study, carried out by SOLAGRO to this association RECORD, gives application fields of main technologies, their level of development, some cost indications (non presents in this abstract).

It collects some practicals to operate a plant about treatment, functioning of machines. It gives also a synthesis of difficulties

Indeed quality, flow, rate of methane are the mains parameters to consider to choose the technology of valorization.

Those parameters are influenced by the way of biogas production : farm plant, landfill, sewage plant...

KEY WORDS

Biogas, syngaz, biomass gases, engines, turbines, electricity production.

Synthèse

1. Contexte et objectifs de l'étude

A l'initiative de l'association RECORD, SOLAGRO a réalisé une étude sur les équipements de valorisation électrique du biogaz, étude dont les principaux résultats sont synthétisés ici.

Si le biogaz est classiquement valorisé depuis plusieurs décennies, la révision à la hausse des tarifs d'achat de l'électricité depuis 2006, dynamise la filière.

Par ailleurs, les politiques de lutte contre le changement climatique s'appuient de plus en plus clairement sur une intensification :

- de la substitution des énergies fossiles par des renouvelables, la biomasse étant appelée à jouer un rôle de premier plan,
- de la récupération-valorisation du biogaz toutes origines confondues, afin de limiter fortement les émissions de méthane dans l'atmosphère.

Ces dernières années, l'offre en équipements de valorisation a beaucoup évolué (plus de 10 marques de moteurs à ce jour). Le fait le plus marquant est l'apparition de micro-turbine en capacité de fonctionner avec du biogaz.

RECORD a donc sollicité la réalisation d'un état des lieux des technologies disponibles et utilisées à ce jour en matière de traitement-valorisation du biogaz. Cet état des lieux intègre une analyse de leurs performances, de leurs domaines d'applications optimaux, ainsi que des données de nature économique. Au-delà de ces priorités, ce travail a identifié les technologies en voie de développement, ainsi que des axes de recherche à investir pour maximaliser la production électrique.

La valorisation des gaz de synthèse (obtenus par gaséification) rentrait dans le champ de cette étude. Trop peu d'installations fonctionnent à ce jour en France, comme en Europe, d'où la difficulté de tirer des enseignements significatifs.

Sur le plan de la méthode, les informations présentées ici sont issues de la collecte et du recoupement de plusieurs sources :

- recherches bibliographiques
- enquêtes auprès des constructeurs (France, Europe)
- enquêtes auprès de gestionnaires de sites équipés en France

2. Les options technologiques

Les principales technologies de valorisation de gaz de biomasse sont des moteurs à gaz ou moteurs dual fuel (à allumage par injection) ou des turbines et micro-turbines.

Elles couvrent une large gamme de puissance, de moins de 40 kW à plus de 1 MW.

Des Cycles Organique de Rankine (ORC) et des Piles à Combustible (PAC) alimentés à partir de biogaz sont également en développement, même s'il y a peu de retour d'expérience sur ces technologies.

Les différentes techniques et leur niveau de développement

	Type de gaz de biomasse	Gamme de puissance	Niveau de développement
Moteurs à gaz à allumage commandé	Biogaz	>40kW	Commercialisation diffusion
Moteurs à gaz à allumage commandé	Gaz de gazogène	>300kW	En développement
Moteurs à gaz à allumage par injection	Biogaz	<300kW	Commercialisation diffusion

Turbine à gaz	Biogaz	>1 MW	Commercialisation diffusion
Microturbine	Biogaz	<200kW	En développement et diffusion
ORC	Tous	>1MW	En développement
Stirling	Tous	<300 kW	Recherche et développement diffusion
PAC	Biogaz	>250kW	Recherche et développement (une offre commerciale sur MCFC)

3.Traiter préalablement le biogaz : techniques et pratiques

De nombreux composants du biogaz sont susceptibles de causer des problèmes aux installations de valorisation électrique :

- l'humidité provoque de la corrosion, allant jusqu'à l'érosion des surfaces,
- le sulfure d'hydrogène corrode, encrasse les moteurs, perturbe le fonctionnement par empoisonnement des catalyseurs de fumée...,
- les siloxanes forment des dépôts de silice sur les pièces des équipements et détruisent les propriétés de l'huile de lubrification des moteurs.

Plusieurs procédés permettent d'éliminer tout ou une partie de ces composés, tels que l'adsorption sur charbon actif, les filtres biologiques, la réfrigération...

Certains sont très spécifiques, comme par exemple, l'injection de chlorure de fer, procédé utilisé sur les stations d'épuration. Tous n'en sont pas au même stade de développement.

Synthèse des procédés de traitements :

Technique	Composés	Éléments de coût	État du développement	Commentaire
Condensation dans les conduites	Eau (+ polluants piégés)	Inv : Exp :	Très développé	Bien si l'unité de valorisation est loin du centre de production de biogaz.
Refroidissement À + 5°C	Eau (+ polluants piégés)	Inv : Exp :	Très développé	
Réfrigération À -25 °C	Siloxanes, eau, composés halogénés, H2S)	Inv : Exp :	Peu développé	Adapté s'il y a beaucoup de polluants.
Injection de chlorure de fer	H2S	Inv : Exp :	Très développé	Adapté sur les stations d'épuration
Réaction sur lit d'oxydes métalliques	H2S	Inv : Exp :	Très développé	
Système biologique interne	H2S	Inv : Exp :	Très développé sur les installations à la ferme	Adapté pour les petits débits.
Filtre biologique	H2S	Inv : Exp :	Encore en cours d'amélioration	Adapté pour les gros débits ou les fortes concentrations et si on peut valoriser le soufre élémentaire.

Adsorption sur charbon actif	H ₂ S, composés halogénés, siloxanes	Inv : ↗ Exp : ↗↗↗ Verdesis propose de la location : pas d'investissements	Très développé	Adapté s'il y a peu d'H ₂ S à traiter. Pas suffisant s'il y a des siloxanes et de l'H ₂ S à traiter.
Adsorption sur silica gel /	Siloxanes	Inv : ↗↗ Exp : ↗↗	Début de développement	
Tamis moléculaire	Siloxanes, eau, composés halogénés, H ₂ S	Inv : ↗↗↗ Exp : ↗↗	Peu utilisé	Encore trop cher pour une valorisation électrique.

Dans la majorité des situations, moteurs ou turbines, le gaz est séché par refroidissement. Ce traitement élimine les vapeurs d'eau. La condensation est effectuée avec un groupe froid, ou par refroidissement dans les conduites dotées de séparateurs diphasiques. Ces techniques éliminent non seulement une partie de la vapeur d'eau, mais également une fraction des particules et de l'H₂S dissous dans l'eau.

L'élimination des autres polluants (H₂S, siloxanes) n'est pas systématique. Sur certaines installations, les gestionnaires substituent une maintenance répétée à la mise en place d'une unité de traitement. Cependant, les témoignages recueillis et les retours d'expériences indiquent qu'un traitement du biogaz améliore la disponibilité des machines et augmente leur durée de vie.

Les techniques les plus utilisées pour éliminer l'H₂S sont : l'injection d'air pour les installations agricoles, l'injection de chlorure de fer sur les stations d'épuration de boues urbaines, l'adsorption par charbon actif pour les centres de stockages de déchets, les unités de méthanisation de déchets et les filtres biologiques s'il y a une concentration élevée et stable d'H₂S.

Pour traiter les siloxanes, l'adsorption sur média (généralement constitué de graphites actifs) est le procédé le plus usité.

4. Choisir une technologie de valorisation : selon quels critères ?

Moteur à gaz, moteur dual fuel, turbine, et microturbine sont les principales technologies de valorisation du biogaz développées à ce jour.

Chacune fonctionne dans une gamme de puissance optimale. En fonction de la puissance électrique que peut fournir le site, deux à trois technologies sont envisageables.

Les technologies de valorisation en fonction de la puissance électrique fournie sont ventilées ainsi :

En dessous de 30 kWe : moteurs à gaz ou moteur dual fuel.

Entre 30 kWe et 250 kWe : moteur à gaz, moteur dual fuel ou microturbine.

Entre 250 kWe et 1,2 Mwe : moteurs à gaz ou moteur dual fuel. Dans certaines configurations, plusieurs microturbines montées en parallèle. on peut plusieurs microturbines en parallèles.

Au dessus de 1,2 Mwe : moteurs à gaz et des turbine à gaz.

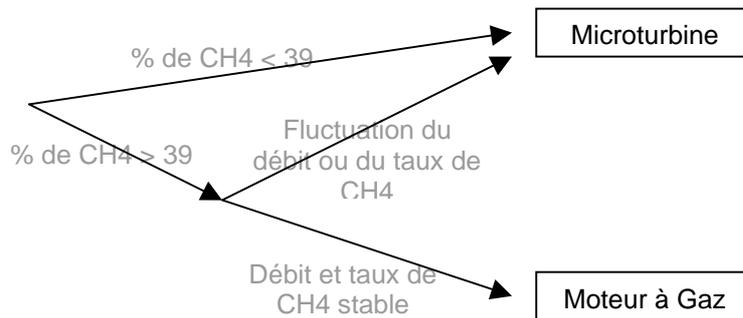
Parallèlement à la puissance, d'autres paramètres conditionnent le choix de la machine. Les principaux à prendre en considération sont : la puissance électrique installée, la stabilité du taux de méthane, la teneur en méthane, la qualité du biogaz et le mode de valorisation programmé de la chaleur

4.1 La charge et le débit en méthane

La microturbine supporte mieux que les moteurs les faibles charges en méthane. Elle peut fonctionner à faible charge jusqu'à 25 % de la charge nominale, 50 % pour les moteurs) et avec de

faibles teneurs en méthane (jusqu'à 35 % de méthane).

Le rendement électrique des microturbinas est moins bon que celui des moteurs, paramètre en prendre en compte dans les analyse économique en coût global (investissement-fonctionnement).



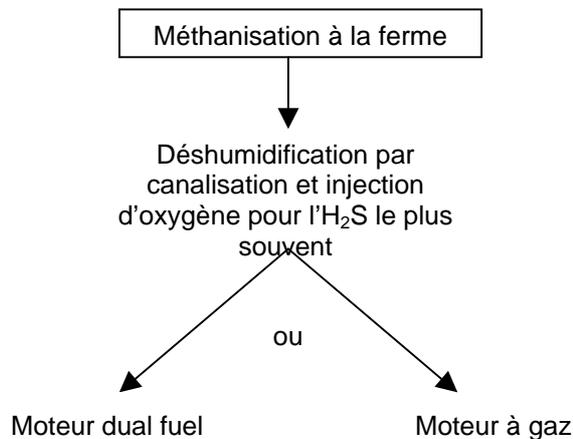
4.2 L'origine du biogaz

L'analyse de l'existant, et notamment des points communs entre installations, permet de distinguer trois itinéraires de traitement-valorisation selon le site de production.

Les grandes familles d'installations permettent de distinguer :

- les installations de méthanisation à la ferme
- les installations sur centre de stockage des déchets ménagers
- les stations d'épuration.

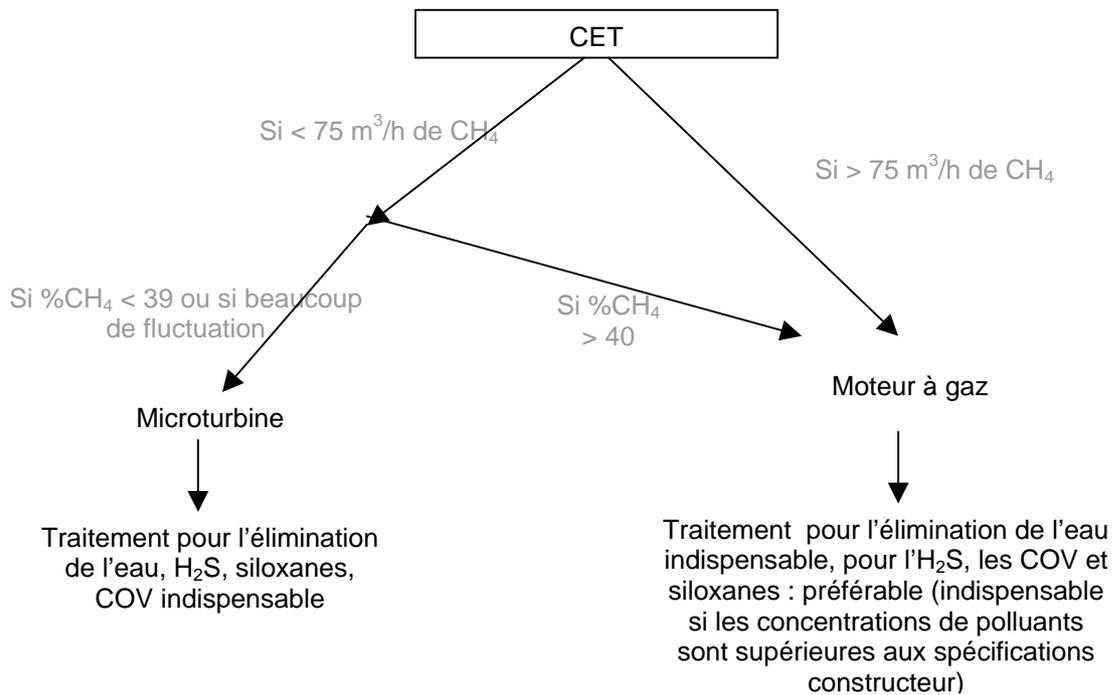
4.2.1 Méthanisation à la ferme



Dans le cas d'une installation à la ferme, le choix se situe entre un moteur à gaz et un moteur dual fuel. Les micro-turbines sont moins adaptées à ces installations. Le biogaz produit par une installation à la ferme est généralement stable aussi bien en quantité qu'en qualité, les entrants étant normalement constants. Les moteurs ont de ce fait un meilleur rendement que les micro-turbines. De plus, le traitement nécessaire au bon fonctionnement des microturbinas n'est généralement pas rentable pour de petites installations.

Sur la plupart des petites installations, ce sont des moteurs dual fuel qui sont installés, les rendements des moteurs dual fuel étant un peu plus élevés que ceux des autres moteurs. Cette technologie est donc souvent privilégiée.

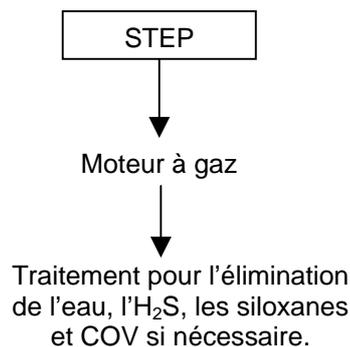
4.2.2 Centre de stockage de déchet



Sur les centres de stockage de déchets, le choix entre les trois principales technologies est plus compliqué.

De manière générale, les microturbines sont intéressantes sur les sites de petite puissance (avec un débit de méthane inférieur à 75 m³/h), surtout si les caractéristiques du biogaz ne sont pas très bonnes (faible teneur en méthane, fluctuations importantes). Cependant, une nouvelle microturbine, Capstone C200, a une puissance de 200 kW et un rendement électrique de 33 %. Sur certains sites de plus 75m³/h de méthane où les caractéristiques du biogaz ne sont pas très adaptées aux moteurs, il sera peut-être intéressant d'installer ces microturbines.

4.2.3 Station d'épuration



Sur les stations d'épurations, la teneur en méthane du biogaz est relativement stable, autour de 65 %. Dans ces conditions, le moteur à gaz est la technologie la plus adéquate.

5. Les principales difficultés rencontrées

5.1 La variation de la qualité du biogaz

La première difficulté porte sur l'appréciation de la qualité du biogaz. La quantification des polluants dans le biogaz n'est jamais exacte. En fonction de l'humidité, de la fermentation, des poches de gaz, de l'environnement..., la composition du biogaz varie. Sur les décharges, cette variabilité est très forte. La composition des déchets, et donc la qualité du biogaz, fluctuent en fonction des casiers, des zones. Prévoir l'équipement nécessaire pour que l'installation fonctionne correctement s'avère difficile.

5.2 La variation du taux de charge

La production de biogaz n'est pas toujours constante. Les moteurs sont parfois confrontés à des baisses de charge. S'ils peuvent fonctionner en dessous du taux de charge nominal, des baisses de charge inférieures à 75 % peuvent user précocement les équipements, diminuer leur durée de vie, générer des problèmes d'étanchéité.

De manière générale, il est préférable d'arrêter les moteurs dès que la charge nominale est inférieure à 50 %.

5.3 La présence de siloxanes : comment les quantifier ?

Parmi les contaminants du biogaz, les siloxanes sont les plus problématiques. Les procédés de traitement, notamment l'adsorption sur média seront d'autant plus efficaces que les siloxanes à éliminer sont identifiés, et mesurés. Aujourd'hui, la démarche généralement adoptée, consiste à rechercher des composés siliciés connus et d'en mesurer pour chacun d'entre eux, la concentration dans le biogaz. Les données sont additionnées pour estimer la quantité « totale » de siloxanes. Cette méthode a un inconvénient majeur : le nombre de composés recherchés est limité généralement à 8 alors qu'il existe un grand nombre de composés siliciés.

Les mesures sont donc approximatives, et la recherche s'attache à mettre au point des techniques de mesure plus précises des teneurs en siloxanes dans le biogaz.

Récemment, quelques brevets ont ouvert de nouvelles perspectives. Un brevet japonais déposé en 2006 propose une méthode par infrarouge. Un brevet français, déposé par l'INSA, repose sur la quantification du silicium total contenu dans le biogaz.

5.4 Le respect des seuils réglementaires d'émissions

La circulaire du 10 décembre 2003 fixe pour les moteurs utilisant du biogaz, les valeurs d'émissions limites à 525 mg/m³ pour les NOx, 1200 mg/m³ pour le CO et 50 mg/m³ pour les COVNM.

Différentes techniques et améliorations proposées par les constructeurs permettent de limiter ou réduire les concentrations de polluants comme les NOx et le CO.

Les retours d'expériences observés sur les moteurs à biogaz, sous réserve d'un bon réglage des moteurs, montrent qu'il est possible de respecter les normes en NOx facilement. Pour le CO, les analyses sont souvent proches du seuil.

5.5 L'élimination des goudrons du gaz de synthèse issue de gazéification

Concernant le gaz de gazéification, l'élimination des goudrons contenus dans le gaz est un facteur limitant d'une bonne valorisation. En effet, ces goudrons endommagent les moteurs.

1. Study background

Energy recovery from organic matter contained in agricultural waste, domestic refuses, Sewage sludge... can be done through biological and thermochemic conversion, leading to the formation of fuel gas. Its energy content can then be converted into electricity by using engines or gas turbines.

2. Objectives

Objective of this study is to conduct a state of art about the technologies able to product electrical energy from waste, after biomethanation or gasification of the organic fraction of waste.

Appropriate technologies, internal combustion engines, or gas turbines, are studied, and also gas treatment technologies (to eliminate sulfur, siloxanes, tar, ammonia ...).

3. State of development of production techniques of electricity from biomass gas

The following table summarizes the main target of different technologies and their level of development.

	Type of biomass gas	Power range	Level of development
Spark ignition engines	Biogas	>40kW	Marketing, distribution
Spark ignition engines	Syngas	>300kW	Developing
Dual-fuel compression ignition engines	Biogas	<300kW	Marketing, distribution
Gas turbine	Biogas	>1 MW	Marketing, distribution
Microturbine	Biogas	<200kW	Developing and distribution
ORC	All	>1MW	Developing
Stirling	All	<300 kW	Research and development
PAC	Biogas	>250kW	Research and development (a commercial offer on MCFC)

Nowadays main technologies to convert biomass gas energy into electricity are spark ignition engines, dual fuel engines or turbines and microturbines.

4. Biogas treatment technologies and Common practices

There are many components in biogas which can damage gas engines or turbines.

These include :

- moisture causing corrosion and erosion,
- hydrogen sulfide are corrosive, fouling engines, poisoning catalysts,
- siloxanes which form siliceous deposits on equipments and destroy properties of lubricating oil.

Some processes can remove these components , such as activated carbon adsorption, biological filters, refrigeration...

The table below is a summary of current methods of treatment.

Technique	Compounds	Cost elements	Level of development	Comments
Condensation in pipes	Water (+ captured compounds)	Inv : $\Downarrow\Downarrow\Downarrow$ Ope : $\Downarrow\Downarrow\Downarrow$	Well developed	If the unit of recovery is far from the place of biogas production
Refrigeration + 5°C	Water (+ captured compounds)	Inv : \Downarrow Ope : \Downarrow	Well developed	
Cryogenic process -25 °C	Siloxanes, Water, halogenated compounds, H ₂ S)	Inv : $\Downarrow\Downarrow$ Ope : $\Downarrow\Downarrow$	Not developed	Adapted if there is a lot of pollutants
Iron chlorine injection	H ₂ S	Inv : $\Downarrow\Downarrow$ Ope : $\Downarrow\Downarrow$	Well developed	Adapted on sewage treatment plant
Iron oxide or hydroxyde bed	H ₂ S	Inv : \Downarrow Ope : $\Downarrow\Downarrow$	Well developed	
Internal biologic system	H ₂ S	Inv : $\Downarrow\Downarrow$ Ope : $\Downarrow\Downarrow$	Well developed on farm plant	Adapted for low flows
Biological filter	H ₂ S	Inv : $\Downarrow\Downarrow$ Ope : \Downarrow	Still being improved	Adapted for high flow or high concentrations and if it is possible to recovery elementary sulfur
Activated carbon beds	H ₂ S, halogenated compounds, siloxanes	Inv : \Downarrow Ope : $\Downarrow\Downarrow\Downarrow$	Well developed	Adapted if ther is few H ₂ S
Silica gel (Adsorption)	Siloxanes	Inv : $\Downarrow\Downarrow$ Ope : $\Downarrow\Downarrow$	Early development	
Molecular sieves	Siloxanes, water, halogenated compounds, H ₂ S	Inv : $\Downarrow\Downarrow\Downarrow$ Ope : $\Downarrow\Downarrow$	Little use	Too expensive for power production

Treatment process is a minimum cooling system for drying gas, in order to eliminate water vapor for a proper working condition of engines or turbines.

In most cases, condensation of water is produced by a refrigerator uni or by cooling pipes with traps or siphons. In addition, these techniques can eliminate a portion of particles and H₂S dissolved in water.

Elimination of other pollutants (H₂S, siloxanes) is not always implemented. On some plants, the maintenance plan is adapted, with lot of oil changes, repairs... rather than setting up a gas treatment process. However a gas treatment can improve machine availability and improve their lifetime.

Techniques most commonly used to removed H₂S are : air injection for farm plant, iron chlorine injection on sewage treatment plants, adsorption by activated carbon on landfills, anaerobic digestion of organic waste and biological filters if there is a high and stable concentration of H₂S.

In most cases, adsorption on media (usually constituted of activated graphite) is used to remove siloxanes.

5.Choice of technology according to parameters of plant

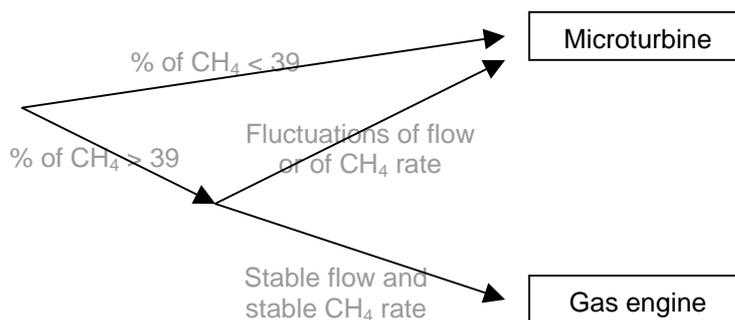
Many parameters determine the choice of the technology (engines, turbines, microturbines, etc...). The main to consider are : electric power installed, stability of the rate of methane, methane content, quality of biogas...

The four main technologies (gas engine, dual fuel engine, turbine, microturbine) are on different power ranges.

- Below 30 kWe, there are only gas engine and dual fuel engine
- Between 30 kWe and 250 kWe, there is a choice between gas engine and dual fuel or microturbine
- Between 250 kWe and 1.2 MWe, there are gas engine et few dual fuel engine. It is also possible to set up several microturbines in parallel.
- Over 1.2 MWe, there are gas engines and gas turbine.

Depending on the electrical power that can delivre the plant, there is choice between two or three technologies.

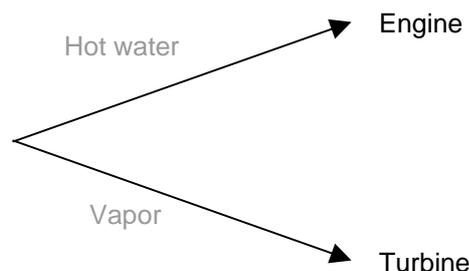
5.1 Gas engine or microturbine



Interest of microturbine is that it can operate at low load (up to 25 % of full load, 50 % for engines) and low levels of methane (up to 35 % of CH₄). Microturbines are more flexible than gas engines.

It is important to consider the economic study. It may reveal a significant difference of rate of return. Electrical efficiency of microturbines are lower than those of engines. So microturbines produce less electricity and so less income.

5.2 Choice based on thermal recovery

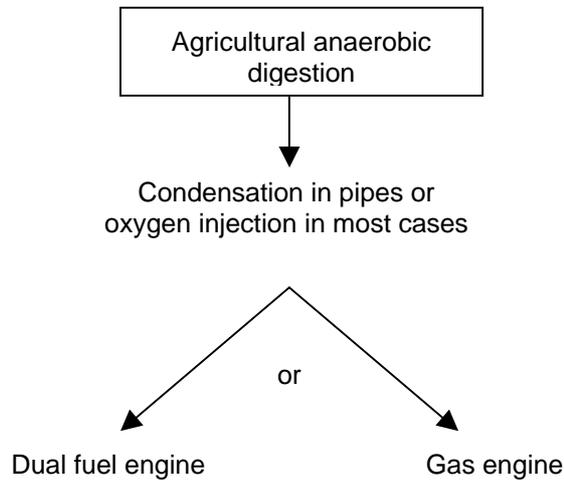


To produce vapor turbines are more adapted than engine.

5.3 Choice based on type of plant

There are common specificity by type of biogas plant. We may distinguish farm plants, landfills, sewage treatment plants.

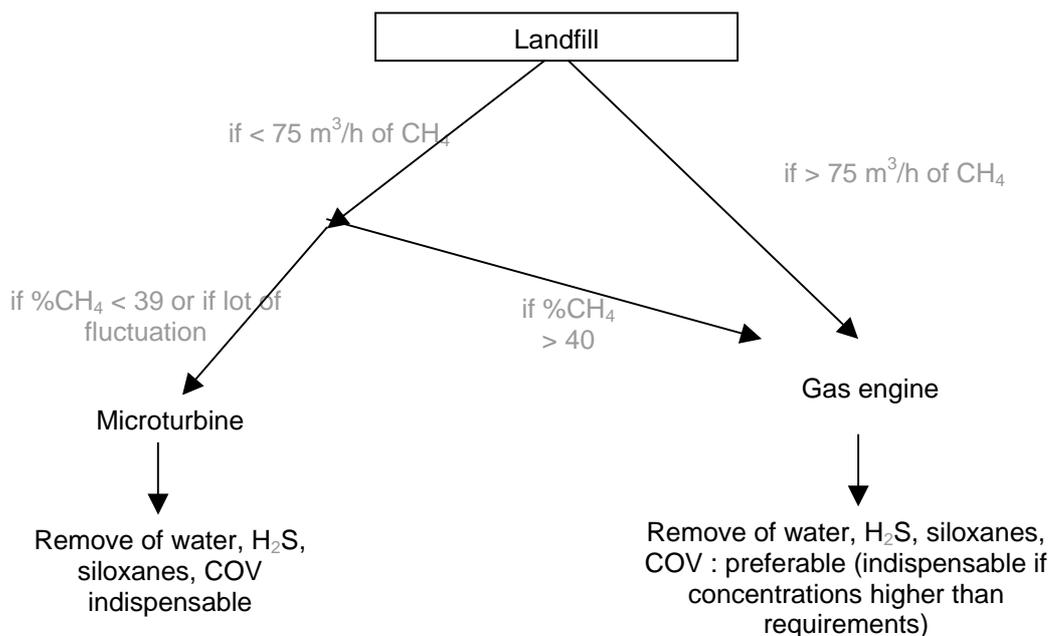
5.5.1 Agricultural anaerobic digestion



On farm plant, the choice is between gas engine and dual fuel engine. Indeed, microturbine are less adapted for those plant. Biogas produced by agricultural anaerobic digester are often stable with a high quantity of methane (about 60 %). So engines have a good fonctionnement in those conditions and they have a better electrical efficiency than microturbines. In addition, gas treatment necessary for microturbines is binding and not profitable for small plants.

On most small plants, dual fuel engines are set up. Even if electrical efficiency of gas engines improve, electrical efficiency of dual fuel engine remain higher. So this technology is often preferred.

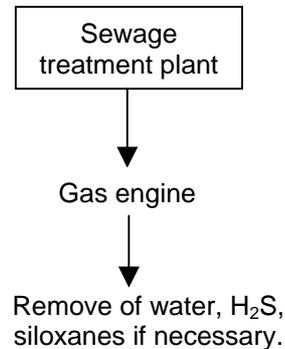
5.5.2 Landfills



On landfills, choose between three main technologies is more complicated.

In general, microturbines are interesting on plant with small power (with a flow of methane less than 75 m³/h), especially if characteristics of biogas are not very good (low methane content, fluctuations). A new microturbine, Capstone C200, has a power of 200 kW and an electrical efficiency of 33 %. On some landfills aver 75 m³/h of methane where characteristics of biogas are not suitable for engines, it may be worthwhile to install these microturbines.

5.5.3 Sewage treatment plant



On sewage treatment plants, content of methane is often around 65 % and is relatively stable. In these conditions, gas engines are the technology that is most suitable and interests.

6. Main difficulties

5.5.4 Variation of biogas quality

The first difficulty on plants is the biogas quality. Depending on humidity, fermentation, pockets of gas, environment..., composition of gas varies. On landfills, this problem is stronger : waste composition can vary greatly depending on locations, quality of gas is also variable. In such conditions, it is difficult to provide the necessary equipment for plants work properly.

5.5.5 Variation of rate of load

Biogas production is not always constant. Engines must sometimes work with lower load. They can operate below nominal load. But below 75 % of full load engines may have serious damages, including early wear, problems of seal, and decrease of lifetime.

In general, it is better to stop the engine if it falls below 50 % of the nominal load.

5.5.6 How quantify siloxanes?

Among contaminants from biogas, siloxanes are a source of serious problems. There clean-up technologies, including adsorption on media. However, in order to be effective, it is necessary to quantify siloxanes in biogas. Nowadays, general approach is to identify some compounds known of siloxanes and measure their concentration in biogas. They are added together to have the "total" quantity of siloxanes. But this technique has a major inconvenience: it requires to choose a limited number of compounds (usually 8), while there are many different siloxanes. Total amount of siloxanes cannot be determined with this technique, which is the one usually used.

So it is important to find new methods to approach the exact amount of siloxanes. There are some recent patents that provide new ways to develop. A Japanese patent in 2006 offers a method via infrared. A French patent, filed by INSA (Institut National des Sciences Appliquées) offers a solution to quantify total silicon content in biogas.

5.5.7 Respect of limit values of emissions

The circular of 10 December 2003 fixed, for the engines using biogas, emissions limits to 525 mg/m³ for NO_x, 1200 mg/m³ for CO and 50 mg/m³ for NMVOC.

There are various techniques to limit or reduce the concentrations of pollutants such as NO_x and CO.

According to returns of experience, biogas engines with improvements made by manufacturers and good setting engine, can meet NO_x standards easily. But for CO and NMVOC, tests are often close to limits.

5.5.8 Removal of tars present in syngas from gaseification

Concerning syngas, main lock is the removal of tar content in gas. Indeed, these tars damage engines. Some processes have been tested in laboratory, they show good performance, as the process OLGA. But there is no installation on an industrial scale where gas treatment process allows to engines good performance. The unit in Moissanes is a pilot which has not yet been proven.