



# La méthanisation

PIERRE-HENRY DEVILLERS

(Service Technologie-Environnement)

## CONTEXTE

Largement développée en Europe, la méthanisation des matières organiques n'a pas connu le même développement en France, par l'absence d'une véritable politique d'incitation à cette technique. Si quelques installations ont vu le jour pour le traitement des effluents des industries agroalimentaires, papetières et chimiques dans les années 1970, elle a été oubliée depuis.

Aujourd'hui, la méthanisation bénéficie d'un net regain d'intérêt auprès du plus grand nombre. Une récente étude de l'ADEME a permis d'évaluer que le gisement potentiel total en France est proche de 3 millions de TEP\*/an dont 10% en provenance des déchets ménagers. Cette technique de dépollution possède le gros avantage de réduire de manière conséquente les volumes des sous-produits du traitement des déchets ou des effluents dont les coûts augmentent fortement (incinération, mise en décharge...)

La France semble aujourd'hui vouloir rattraper son retard dans ce domaine avec la circulaire Voynet du 28 juin 2001, qui met l'accent sur la valorisation organique des déchets.

## PRINCIPE

La méthanisation est un procédé d'épuration biologique naturelle qui permet simultanément une valorisation agronomique et énergétique de déchets ou d'effluents possédant une fraction biodégradable.

\* Tonnes Équivalent Pétrole

Les déchets concernés par la méthanisation sont :

- les boues de stations d'épuration urbaines,
- les déchets d'espaces verts,
- les déchets agricoles comme les lisiers d'élevage,
- les déchets d'activités des industries agroalimentaires,
- les déchets de restauration et autres activités assimilées.

La méthanisation se déroule en l'absence d'oxygène (digestion ou fermentation anaérobie) à l'aide des micro-organismes spécifiques.

Tout déchet organique, d'origine végétale ou animale, est en mesure de fermenter et de produire du biogaz qui est une énergie renouvelable car issue de la biomasse. Mais la méthanisation est surtout adaptée à la dégradation des déchets organiques humides et à fort pouvoir fermentescible. Les conditions optimales d'anaérobiose, de mélange et de température sont créées dans un équipement spécifique appelé *digesteur*. Il peut traiter des déchets homogènes (mono-substrat) ou des mélanges (co-digestion).

## RÉACTIONS BIOLOGIQUES

La matière organique est constituée d'éléments chimiques simples C, H, O, N, S,... organisés en chaînes plus ou moins longues. Les réactions de fermentation dégradent cette matière organique en composés de taille plus réduite. Plusieurs phases se déroulent simultanément dans le bioréacteur ou *digesteur* :

	Équivalence d'un Nm <sup>3*</sup> de biogaz brut (5500 kcal)	Équivalence d'un Nm <sup>3*</sup> de biogaz épuré (8400 kcal)
Essence	0,730 litre	1,100 litre
Alcool (industriel)	1,100 litre	1,700 litre
Fuel domestique	0,650 litre	1,000 litre
Gaz naturel	0,610 Nm <sup>3*</sup>	0,930 Nm <sup>3*</sup>
Gaz propane	0,550 kg	0,840 kg

**TABLEAU 1.** Équivalence énergétique du biogaz.

- **Hydrolyse** : certains microorganismes libèrent dans le milieu des enzymes (protéases, lipases, cellulases...) capables d'hydrolyser les macromolécules ou polymères (protéines, lipides et polysaccharides) en molécules simples ou monomères (acides aminés, acides gras, oses). Cette hydrolyse permet de rendre *biodisponible* la matière organique. L'assimilation dans le métabolisme microbien est ainsi rendu possible.
- **Acidogénèse** : les monomères sont ensuite hydrolysés en acides gras volatils (acide acétique, lactique, propionique, butyrique), alcools (éthanol, glycérol) et ammonium.
- **Acétogénèse** : une grande partie des acides gras volatils (AGV) et des alcools est assimilée par les bactéries acétogènes autotrophes pour former de l'acétate. Une autre partie est convertie en hydrogène et de dioxyde de carbone.
- **Méthanogénèse** : Le méthane est produit soit à partir de l'acétate (bactéries méthanogènes acétoclastes), soit à partir du dioxyde de carbone et de l'hydrogène (bactéries méthanogènes hydrogénophiles). Environ 70% du méthane est produit par la voie de l'acétate et 30% par la voie de l'hydrogène.

La digestion anaérobie est donc une succession de réactions biologiques menées par différentes populations bactériennes dont l'équilibre symbiotique est difficile à préserver. L'étape limitante

du processus biologique est très souvent la phase d'hydrolyse. Elle peut être

optimisée par le design du bioréacteur ainsi que par différents procédés physico-chimiques.

## BIOGAZ

Il est constitué de :

- méthane (45 à 90%),
- gaz carbonique (8 à 35%),
- eau, azote, hydrogène sulfuré, composés halogénés...

Les teneurs respectives des différents constituants sont variables selon la composition de la matière organique mise en œuvre.

Il représente néanmoins une source d'énergie renouvelable non négligeable comme le prouve le **tableau 1**.

Le biogaz peut être valorisé selon 5 filières différentes :

- production de vapeur (utilisation en chaudières avec brûleurs spéciaux) et utilisation directe de la chaleur produite ou stockage des calories en ballon d'eau chaude (pas d'épuration nécessaire) ;
- production d'électricité par la production de vapeur pour actionner une turbine à vapeur et un alternateur : solution pas très rentable à cause des coûts des groupes électrogènes et des moteurs électriques (épuration souhaitable) ;
- production d'électricité par un moteur ou une turbine à gaz couplés à des génératrices électriques : la cogénération est recommandée

\* Nm<sup>3</sup> : normal mètre cube

	Technique d'épuration utilisée		
	Aérobie classique	Méthanisation	Anaérobie + ultrafiltration en finition
Production de boues (en g de MS*/kg de DCO* éliminée)	De 150 à 250	De 20 à 30	De 30 à 40

**TABLEAU 2.** Production de boues par différentes techniques d'épuration

s'il y a un utilisateur sur place (épuration souhaitable) ;

- carburant (épuration nécessaire) ;
- injection dans le réseau gaz (épuration nécessaire).

Dans le domaine de l'agroalimentaire, la seule voie de valorisation rencontrée est la première. Elle permet de consommer le biogaz sur le site de production sans avoir la nécessité de l'épurer.

Outre la production de biogaz, la méthanisation présente les avantages suivants :

- Une production de boues très réduite (cf. **tableau 2**)
- Une souplesse de fonctionnement par rapport aux variations de débit et de charge de pollution. La méthanisation accepte des effluents déséquilibrés pour l'aérobie et est peu sensible aux variations.
- Une faible surface utile. La méthanisation tolère des charges plus élevées que l'aérobie.
- Peu de frais de fonctionnement : environ 2,5% de l'investissement.

\* MS : matière sèche

\* DCO : demande chimique en oxygène

## PROGRAMME D'ÉTUDE

Le CTSCCV s'est engagé dans le programme d'étude sur la



méthanisation de déchets gras issus des industries agroalimentaires.

Il est mené par l'ARITT (Association Régionale pour l'Innovation et le Transfert de Technologie) qui a déjà une bonne expérience de cette technique de traitement sur des effluents de laiterie.

Les autres centres techniques et organismes de recherche intégrés à ce programme sont : l'ADIV, l'ITERG, l'ITFF et l'INRA LBE.

Mais il compte aussi des équipementiers spécialistes dans le domaine de la méthanisation.

L'objectif du programme est :

- de développer un procédé de méthanisation capable de traiter des déchets contenant une proportion plus ou moins grande de composés gras issus d'unités de production agroalimentaires ;
- de constituer une nouvelle filière alternative aux filières actuelles restantes.

Il prévoit :

- la réalisation de diagnostics sur site des gisements,
- l'étude des potentiels méthanogènes en batch puis en réacteur de 5 litres en continu si les premiers résultats en batch sont probants,
- la détermination des bases de dimensionnement,
- l'étude technico-économique de faisabilité d'une réalisation sur site,
- la réalisation d'essais en pilote industriel en fonction des résultats de l'étude de faisabilité.

**SI CE PROGRAMME OU LA THÉMATIQUE  
VOUS INTÉRESSE, N'HÉSITÉS PAS À NOUS  
CONTACTER :**

**PIERRE-HENRY DEVILLERS**

**(SERVICE TECHNOLOGIE-ENVIRONNEMENT)**

Tél : 01 43 68 57 85 - Fax : 01 43 76 07 20

E-mail : phdevillers@vet-alfort.fr

## LEXIQUE

- **Aérobic** : à propos de micro-organismes ayant besoin d'air (oxygène) pour se développer ; par extension, le processus utilisant ces micro-organismes.
- **Acides gras** : acides organiques qui entrent dans la composition des lipides.
- **Biogaz** : gaz composé qui est un sous produit de la décomposition de la matière organique avec une forte proportion de méthane (CH<sub>4</sub>), environ 70%, le reste est composé essentiellement de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et quelques traces de gaz divers selon la nature des effluents.
- **Bioréacteur ou Digesteur** : terme pour désigner les récipients où se déroulent les fermentations méthanogènes.

## BIBLIOGRAPHIE

- Résultats de l'essai pilote pour le traitement des effluents de la laiterie de Nans-sous-Sainte-Anne par l'ARITT.
- *Environnement et Technique* – octobre 2000 - n°20 : Biogaz : la méthanisation des déchets revient dans l'air du temps. Pascal MAYS
- *Industries et Techniques* – n°812 – février 2000 : Le biogaz de mieux en mieux exploité. Anne FRITSCH.
- *Environnement magazine* – n°1609 – juillet – août 2002 : Le renouveau de la méthanisation. CCM.
- *Fiche CFE* – Le traitement des effluents industriels par méthanisation.

## CONSTRUCTEURS :

- Linde BRV
- Degremont (procédé BTA),
- OWS (procédé Dranco),
- Citec (procédé Vaasa)