

Méthanisation

La **méthanisation** (ou digestion anaérobie) est le processus naturel biologique de dégradation de la **matière organique** en absence d'oxygène. Il se produit naturellement dans certains **sédiments**, les marais, les rizières, ainsi que dans le tractus digestif de certains animaux : insectes (termites) ou vertébrés (ruminants...).

En milieu **anaérobie**, la matière organique dégradée est principalement transformée en **biogaz** (à plus de 90 %, le reste étant utilisé par les **micro-organismes méthanogènes** pour leur croissance et reproduction). La maîtrise de la méthanisation permet de produire du méthane à partir de certains **éléments polluants**^[1]. L'homme cherche à comprendre le phénomène, à le maîtriser pour accélérer le processus en vue de répondre à des besoins spécifiques comme la production de gaz utilisable comme énergie à partir de déchets organiques (solides ou liquides).

La méthanisation joue un rôle important dans le cycle du carbone et pourrait contribuer aux modifications climatiques.

Les grandes quantités de méthane présentes sous forme d'hydrate de méthane dans les **pergélisols** et dans les **sédiments marins**, pourraient si elles étaient relarguées brutalement accélérer le réchauffement climatique.



Digesteurs anaérobies : Tel-Aviv (Israël)

1 Approche théorique et scientifique

1.1 Processus biologique

La méthanisation est assurée grâce à l'action de certains groupes de **microorganismes microbiens** en interaction constituant un **réseau trophique**. On distingue classiquement trois phases successives^[2] :



Méthaniseurs à Neuhaus (Oste)



Méthaniseur (Allemagne)



Entrepôt de Biomasse à méthaniser près de Hanovre

- L'hydrolyse et l'acidogénèse
- L'acétogénèse
- La méthanogénèse

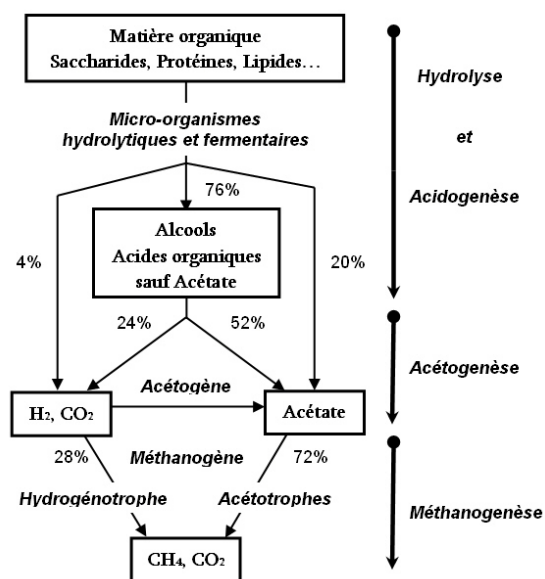


Schéma de la chaîne trophique de la méthanogenèse et ses différentes étapes

1.1.1 L'hydrolyse et l'acidogenèse

La matière organique complexe est tout d'abord hydrolysée en molécules simples. Cette décomposition est réalisée par des enzymes exocellulaires et peut devenir l'étape limitante dans le cas de composés difficilement hydrolysables tels que la cellulose, l'amidon ou les graisses. Ensuite, ces substrats sont utilisés lors de l'étape d'**acidogenèse** par les espèces microbiennes dites acidogènes, qui vont produire des alcools et des acides organiques, ainsi que de l'hydrogène et du dioxyde de carbone.

1.1.2 L'acétogenèse

L'étape d'**acétogenèse** permet la transformation des divers composés issus de la phase précédente en précurseurs directs du méthane : l'acétate, le dioxyde de carbone et l'hydrogène. On distingue deux groupes de bactéries acétogènes :

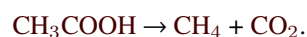
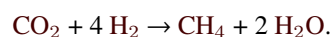
- Les **bactéries productrices obligées d'hydrogène**, anaérobies strictes, également appelées OHPA (« Obligate Hydrogen Producing Acetogens »). Elles sont capables de produire de l'acétate et de l' H_2 à partir des métabolites réduits issus de l'acidogenèse tels que le propionate et le butyrate. L'accumulation d'hydrogène conduit à l'arrêt de l'acétogenèse par les bactéries OHPA. Ceci implique la nécessité d'une élimination constante de l'hydrogène produit. Cette élimination peut être réalisée grâce à l'association syntrophique de ces bactéries avec des micro-organismes hydrogénéotrophes.
- Les **bactéries acétogènes non syntrophes** dont le métabolisme est majoritairement orienté vers la

production d'acétate. Elles se développent dans les milieux riches en dioxyde de carbone. Les bactéries « homo-acétogènes » font partie de ce groupe, elles utilisent l'hydrogène et le dioxyde de carbone pour produire de l'acétate. Elles ne semblent pas entrer en compétition pour l'hydrogène avec les *Archaea* méthanogènes hydrogénéotrophes et sont présentes en quantité beaucoup plus faible dans les biotopes anaérobies.

1.1.3 La méthanogenèse

Article détaillé : méthanogenèse.

La **méthanogenèse** est assurée par des micro-organismes anaérobies stricts qui appartiennent au domaine des *Archaea*. Cette dernière étape aboutit à la production de méthane. Elle est réalisée par deux voies possibles : l'une à partir de l'hydrogène et du dioxyde de carbone par les espèces dites **hydrogénéotrophes**, et l'autre à partir de l'acétate par les espèces **acétotrophes** (dites aussi acétoclastes). Leur taux de croissance est plus faible que celui des bactéries acidogènes.



1.2 Conditions physico-chimiques

La méthanisation est un processus biologique complexe qui nécessite la mise en place de certaines conditions physico-chimiques pour lesquelles la réaction biologique est optimisée. Les *Archaea* méthanogènes sont des organismes anaérobies stricts. Elles se développent de façon satisfaisante lorsque le **potentiel d'oxydo-réduction** par rapport à l'électrode normale à l'hydrogène (Eh) du milieu est très bas (−300 mV).

1.2.1 Conditions de température

régime mésophile

La méthanisation a généralement lieu en régime mésophile (30 à 40 °C).

régime thermophile

Le régime thermophile se passe entre 45 à 60 °C, dans une gamme de pH comprise entre 6 et 8 avec un optimum entre 6,5 et 7,2.

1.2.2 Conditions de milieu physico-chimique

Les *Archaea* méthanogènes ont des besoins en oligo-éléments particuliers comme le fer, le molybdène, le

nickel, le magnésium, le cobalt, le cuivre, le tungstène et le sélénium. La pression partielle d'hydrogène doit rester en dessous de 10^{-4} bar en phase gazeuse.

2 Utilisations pratiques

2.1 Méthanisation et dépollution

La méthanisation, en tant que **bioprocédé**, peut être mise en œuvre dans un digesteur, pour dépolluer des rejets chargés en **matière organique** tout en produisant de l'énergie sous forme de méthane. La méthanisation permet de traiter des rejets aussi divers que les eaux usées, les boues de stations d'épuration, les déjections animales, les déchets de l'industrie agro-alimentaire, les déchets de cuisine^[3], les ordures ménagères, les déchets agricoles, etc.

La méthanisation avec valorisation du **biogaz** produit (production d'énergie thermique et/ou électrique par combustion directe du méthane ou dans des moteurs thermiques) a toute sa place parmi l'ensemble des diverses solutions de production d'énergie renouvelable en permettant d'atteindre trois objectifs complémentaires : produire de l'énergie, réduire la charge polluante des déchets et des effluents et également, selon la nature du produit de départ, produire un digestat stabilisé utilisable comme fertilisant ou amendement organique.

Aujourd'hui les principales applications industrielles bénéficiant des apports de la méthanisation pour le traitement de leurs rejets sont identifiées par l'Agence gouvernementale De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) comme étant : la digestion agricole (déjections animales), la digestion des déchets solides ménagers et assimilés (biodéchets), la digestion des boues d'épuration urbaines et la digestion des effluents industriels. Concernant ce dernier domaine d'application, la méthanisation est un traitement très compétitif par rapport à l'épuration aérobie. Elle est appliquée principalement pour traiter les effluents des industries agroalimentaires fortement chargés et les effluents de la fermentation (75 % des digesteurs à forte charge en opération en 2006).

L'utilisation du méthane, produit à partir de la méthanisation des boues de station d'épuration, pour le fonctionnement des bus urbains connaît un essor important dans certaine ville de France comme Lille. L'amélioration et la réduction des coûts des techniques de séparation membranaires des gaz devraient permettre d'envisager la possibilité d'une purification du biogaz sur le site de production.

2.1.1 Méthanisation d'effluents liquides

La méthanisation permet de traiter les effluents liquides, même lorsqu'ils sont chargés en matière en suspension.

C'est par exemple le cas des effluents d'élevage (lisiers)^[4], et des boues de stations d'épuration (STEP) (souvent des boues mixtes qui rassemblent les boues primaires et les boues biologiques). La méthanisation est également largement appliquée aux traitements des effluents agro-alimentaires^[5]. Ces matières de base dont on dispose en général de façon régulière peuvent être complétées de divers déchets organiques, et en particulier de graisses dont le pouvoir méthanogène est fort (issues par exemple d'abattoirs, ou du prétraitement des stations d'épuration). L'état liquide du mélange permet un brassage pour obtenir une bonne homogénéité de la matière et de la température.

La méthanisation des effluents s'est appuyée sur le développement des procédés intensifs dans lesquels la biomasse anaérobie est structurée, en agrégats granulaires très denses (procédés UASB, EGSB)^[6], ou sous la forme de biofilms adhérant à des supports dédiés^[7].

2.1.2 Méthanisation des déchets solides

La méthanisation des déchets solides s'applique à la plupart des déchets organiques. Cette technique s'applique à la fraction fermentescible des déchets qui doit être triée et recueillie par une collecte séparative, avant d'être méthanisée. Selon la provenance, on distingue différents types de déchets :

- Municipaux : déchets alimentaires, journaux, emballages, textiles, déchets verts, sous-produits de l'assainissement urbain ;
- Industriels : boues des industries agroalimentaires, déchets de transformation des industries végétales et animales, fraction fermentescible des déchets industriels banals (DIB) ;
- Agricoles : déjections d'animaux, substrats végétaux solides, bois déchiquetés...
- Littoraux : algues vertes

On parle généralement de méthanisation solide lorsque les déchets à digérer ont un taux de matière sèche au-dessus de 15 à 20 %.

3 Aides publiques à la méthanisation

En 2011, suite au Grenelle de l'environnement et aux lois Grenelle (23 % d'énergie renouvelable dans le mix énergétique de la France en 2020, soit une puissance électrique installée de 625 MW en 2020 et une production de chaleur de 555 kilotonnes équivalent pétrole par an pour le biogaz^[8]), le tarif d'achat de l'électricité produite par méthanisation a été relevé (+ 20 % en moyenne) pour les

« petites et moyennes installations agricoles » (équivalent, selon le gouvernement à un soutien de 300 millions €/an) en complément des aides de l'ADEME, des collectivités et du ministère de l'Agriculture.

L'injection de biométhane est autorisée dans les réseaux publics de gaz naturel, et il bénéficie également d'un tarif d'achat, avec une garantie d'origine pour assurer sa traçabilité^[9].

Dans certaines conditions, la méthanisation est maintenant reconnue comme « activité agricole » par la loi de *modernisation de l'agriculture et de la pêche* (LMAP).

En France, l'Ademe et les Conseils régionaux aident la méthanisation depuis plusieurs années à travers des subventions, accompagnement des projets, etc. À titre d'exemple ;

- la région Midi-Pyrénées s'est engagée mi-2013 à soutenir avec 8 millions d'euros la création de 100 unités de méthanisation avant 2020 (via une convention cosignée avec les ministres de l'Écologie et de l'Agriculture, dans le cadre du plan national (lançé en mars 2013) visant 1000 installations nouvelles avant 2020^[10]).

4 Réalisations industrielles

4.1 Applications agricole

La méthanisation « à la ferme » était très peu développée en France, contrairement à l'Allemagne : seule une dizaine de petites installations étaient en service en 2009. Elle est depuis en fort développement, soit avec des projets individuels à la ferme, soit des projets collectifs ou territoriaux qui associent plusieurs agriculteurs et d'autres acteurs du territoire. On compte actuellement plus de 50 nouveaux sites par an.

Mise en avant par le gouvernement dans son plan de lutte contre la prolifération des algues vertes, la méthanisation a été associée au moyen de traitement. Pourtant, une filière de méthanisation « classique » ne peut prétendre résoudre ce problème car la production de méthane n'élimine nullement les rejets azotés, qui se retrouvent dans le digestat, le résidu liquide de la méthanisation.

Néanmoins, la méthanisation agricole a de nombreux atouts :

- Diversification des activités et des sources de revenus pour l'exploitation. En devenant producteur d'énergie renouvelable, l'agriculteur bénéficie d'un contrat de reprise d'électricité, dont le tarif est garanti 15 ans par les pouvoirs publics. Ce contrat permet de sécuriser l'investissement et de disposer d'une source de revenu assurée à moyen et long terme ;

- Acquisition d'une autonomie de l'exploitation pour la production de chaleur dans un contexte d'augmentation du prix des énergies fossiles.
- Amélioration de la valeur agronomique des lisiers et fumiers (désodorisation, conservation des éléments structurant pour le sol, assimilation facilitée de l'azote par les plantes ce qui réduit les pertes vers les nappes phréatiques) ;
- Valorisation de la ressource en matière organique des exploitations ;
- Valorisation des investissements réalisés lors de la mise aux normes des bâtiments ;

Le biogaz répond aussi à des enjeux collectifs :

- Contribution à la transition énergétique en produisant de l'énergie verte à partir de ressources renouvelables : la matière organique ;
- moindres émissions de gaz à effet de serre en remplaçant des énergies fossiles par une énergie renouvelable^[réf. nécessaire] tout en limitant les émissions de méthane lors du stockage des effluents d'élevage ;
- solution alternative et locale au traitement de déchets organiques.

Le biogaz répond à des enjeux pour le territoire :

- Autonomie des territoires en énergie (maîtrise du coût de l'énergie, attrait pour de nouvelles entreprises) ;
- Création d'emploi (équipementier pour une nouvelle activité, maintenance, bureau d'études...);
- Maîtrise de la gestion des déchets (valorisation des déchets, réduction des coûts de transport...).

La méthanisation bénéficie depuis l'arrêté du 19 mai 2011 d'un soutien renouvelé de la part des services publics. Ce texte de loi relatif aux conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz acte l'augmentation des tarifs de rachat.

La méthanisation est aujourd'hui considérée comme activité agricole^[11].

4.1.1 Gisement de déchets

Le gisement de déchets agricoles est important :

- déjections animales,
- résidus de cultures,



Application agricole d'un digesteur d'ensilage de maïs situé près de Neumünster en Allemagne (2007). Un réservoir de biogaz (en vert) est placé sur le sommet du digesteur

- les biodéchets d'industries agro-alimentaires,
- les cultures destinées à l'alimentation du bétail,

Méthanisation à la ferme

Plusieurs modèles sont proposés :

- modèle allemand, [réf. nécessaire]
- modèle danois, [réf. nécessaire]
- modèle français, [réf. nécessaire]

5 L'implantation des unités de production en France

5.1 Une intégration logique au territoire

Contrairement à une logique de déterminismes naturels conditionnant une production localisée de la source d'énergie, les déchets nécessaires à la méthanisation sont diffus sur le territoire français. Comme vu précédemment les valorisations du biogaz sont peu transportables et s'associent mal à l'idée de flux (si ce n'est localement pour l'acheminement des déchets jusqu'à l'unité de méthanisation, puis du biogaz jusqu'aux zones de consommation).

L'implantation d'une unité de méthanisation doit donc répondre à une logique de répartition territoriale selon le type de déchet employé et selon la demande qui s'exerce sur un territoire. La volonté politique des acteurs locaux permet alors de développer des énergies renouvelables.

La filière méthanisation peut être un outil favorisant le développement local d'un territoire car, comme vu précédemment, les sources d'alimentation doivent être de proximité et les produits de valorisation consommés préférentiellement à une moyenne distance. Cette filière met en relation divers acteurs, entre ceux fournissant la matière organique et ceux utilisant le biogaz et le digestat : allant

des collectivités territoriales aux agriculteurs (ou groupement d'agriculteurs), passant par les industriels et le secteur du traitement des déchets jusqu'aux constructeurs d'usines de méthanisation et les ménages consommant l'énergie générée. De plus, elle suppose une logique territoriale : avec en amont, une collecte des substrats organiques nécessaires à la production de biogaz, puis le processus en lui-même, suivi de la transformation des produits et enfin leur valorisation. La collecte peut s'effectuer avec un tri en amont, ce qui facilite ensuite l'organisation de la méthanisation.

Elle représentait plus de 1 000 emplois directs en 2010, et pourrait en créer 17 000 d'ici 2020 si les objectifs fixés par le gouvernement en 2010 sont atteints^[12]

5.2 Applications municipales

Depuis une trentaine d'années, les installations industrielles traitant ce type de déchet ont montré leur rentabilité économique. Selon leur provenance, les déchets non-triés à la source doivent subir un prétraitement (tri mécano-biologique) tel que : séparation, triage, réduction de la taille par broyage, criblage par la taille ou pasteurisation.

Il existe également des unités traitant les biodéchets, constitués de matières organiques triées à la source. C'est le cas des sites de Lille ou Forbach par exemple.

Fin 2002, 78 unités industrielles de méthanisation de déchets ménagers et assimilés étaient en service en Europe pour une capacité de traitement de 2,3 millions de tonnes de déchets par an. Les nouvelles capacités installées en 2002 s'élèvent à 813 000 tonnes/an.

La France a été le premier pays à se lancer dans la méthanisation des déchets ménagers en 1988 à Amiens. Depuis 2002, d'autres installations ont été mises en service : Varennes-Jarcy, Le Robert (Martinique), Calais, Lille, Montpellier, Marseille et une vingtaine d'autres sont à l'étude ou en construction dans toute la France. L'usine de Romainville, dont la construction, initialement prévue pour 2010 mais reportée, traitera près de 400 000 tonnes d'ordures ménagères.

Le « digestat » sortant du digesteur ou réacteur doit être déshydraté et mis en tunnels de maturation étanches et bien ventilés, pour achever la réaction anaérobie et commencer une phase de compostage^[13]. Il devient alors un déchet traité et stabilisé. L'amendement organique de ce résidu issu de la méthanisation de déchets fermentescibles est comparable à un compost et peut être utilisé pour des cultures alimentaires ou non alimentaires comme les espaces verts selon la réglementation, la nature des produits traités et les analyses de ce digestat. Les normes NF U 44-051 et NF U 44-095 encadrent la valorisation agronomiques des digestats « urbains » (déchets verts, biodéchets issus des ordures ménagères) et des digestats de boues d'épuration, en raison de la présence dans ces boues

de résidus médicamenteux, de métaux lourds et autres résidus chimiques nocifs.

En 2011, la France recense 197 installations de méthanisation, dont 80 dans le secteur industriel, 41 à la ferme, 7 installations centralisées ou territoriales¹, 60 stations d'épuration et 9 centres de traitements d'ordures ménagères. 46 installations sont en construction, essentiellement dans le secteur agricole. Le secteur industriel est assez représenté car ce sont les premières unités à s'installer pour les raisons citées dans la première partie^[14]. Mais la filière est en très forte croissance sur le secteur agricole, avec près de 50 nouvelles unités en 2012 et un très fort intérêt du monde agricole, et une diversification des valorisations du biogaz : cogénération, injection dans le réseau de gaz naturel après épuration (biométhane), et utilisation carburant (bioGNV).

Quelques pays possèdent des firmes industrielles qui ont mis en œuvre des solutions de méthanisation industrielle. Parmi ceux ci, on trouve des fabricants de méthaniseurs, des fabricants de systèmes de tri mécano-biologiques. Ce sont :

- la France,
- l'Allemagne,
- la Suisse,
- la Suède,
- l'Espagne^[15]...

La liste devra être complétée.

6 En Europe

La production d'énergies renouvelables dont le biogaz s'est bien développée dans certains pays de l'Union Européenne et on a une croissance depuis ces dernières années car en plus de l'activité première de la production de biogaz (dépollution et traitement des déchets), le biogaz a une activité de production d'énergie.

L'Allemagne et le Royaume-Uni sont les deux pays les plus avancés au niveau du développement de la filière du biogaz ; cette dernière installant la première centrale au monde sur le site de l'ancienne base aérienne de RAF Eye en 1992 ; d'autres pays ont des programmes et des politiques spécifiques en matière de biogaz tels l'Espagne, l'Italie, le Danemark, les Pays-Bas, la Suède, la Pologne, la Suisse ou encore l'Autriche. Depuis les années 2000, l'Union Européenne est devenue la principale productrice de biogaz – devant les États-Unis – avec plus de la moitié de la production mondiale. En effet, le développement du biogaz à l'échelle européenne s'est fait par une volonté de certains pays à établir – grâce au Livre Blanc de 1997 – une stratégie et un plan d'action communautaire en matière d'énergies renouvelables. La production de biogaz

répond aussi à d'autres objectifs fixés par l'Union Européenne :


- une production en énergie renouvelable de 20 % de la consommation brute d'énergie d'ici 2020 (Directive énergie renouvelable (2009/28/CE))
- un programme de développement des filières renouvelables (Directive européenne énergie renouvelable (2009/20/CE)) ayant conduit à l'adoption d'une feuille de route biogaz dans le plan d'action national des énergies renouvelables qui permet de guider les États.
- une réduction de la mise en décharge des déchets biodégradables (Directive décharge 1999/31/CE), un recyclage et une valorisation des déchets (Directive déchets 2008/98/CE).

7 Notes et références

- [1] selon le résumé de présentation de l'ouvrage collectif de Moletta (2008)
- [2] R. Moletta, *La digestion anaérobie : du plus petit au plus grand*, Biofutur, 1993.
- [3] Noriko Osaka & al. *Development of an anaerobic hydrogen and methane fermentation system for kitchen waste biomass utilization* ; World renewable Energy Congress 2011, Suède, 8-13 mai 2011, Linköping, Bioenergy Technology (BE)
- [4] Debot-Ducloyer N., 2011 : « Nouvelles énergies : Géotexia, dans le cochon tout est bon [reportage à Saint-Gilles-du-Mené] » *Alim'agri, magazine du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire* n° 1550 (octobre-novembre-décembre 2011) - p. 48-49
- [5] Bernet, N., Paul, E. 2006 Application of biological treatment systems for food-processing wastewaters. Dans *Advanced Biological Treatment Processes for Industrial Wastewaters*, F. Cervantes, S. Pavlostathis, and A. van Haandel (ed.), IWA Publishing, London, 237-262.
- [6] Lettinga, G. 1995. Anaerobic digestion and wastewater treatment systems. *Antonie van Leeuwenhoek*, 67, 3-28.
- [7] Cresson, R. 2006. Etude du démarrage de procédés intensifs de méthanisation - Impact des conditions hydrodynamiques et de la stratégie de montée en charge sur la formation et l'activité du biofilm. Sciences et procédés biologiques et industriels. Montpellier, Université Montpellier II. Thèse : 272 p.
- [8] COMOP 10
- [9] Site du Club Biogaz, avec lien vers les textes réglementaires et documents utiles
- [10] communiqué région Midi-Pyrénées]
- [11] voir Berger et Couturier (2008)

- [12] Étude Emploi, Club Biogaz, 2011
- [13] voir InfoEnviro Ecoparque Montcada i Reixac
- [14] Etat des lieux de la méthanisation en France, Club Biogaz ATEE, 2011
- [15] voir InfoEnviro article sur Barcelone

7.1 Sources

- Sylvaine Berger et Christian Couturier, La méthanisation en milieu rural, Tec&Doc, Lavoisier, coll. « La méthanisation », avril 2008, 16 x 25, relié, 532 p. (ISBN 978-2-7430-1036-2^[à vérifier : ISBN invalide], [17%20monographies%20de%20charceurs%20spécialistes%20internationaux résumé]), 235-250, chap. 10
- René Moletta *et al.*, La méthanisation, Tec&Doc, Lavoisier, avril 2008, 16 x 25, relié, 532 p. (ISBN 978-2-7430-1036-2^[à vérifier : ISBN invalide], [17%20monographies%20de%20charceurs%20spécialistes%20internationaux résumé], présentation en ligne) 
- (es) « Ecoparque Montcada i Reixac : Centro Metropolitano nº 2 de procesamiento integral de basuras municipales », *InfoEnviro*, Madrid, enero 2005 {a été traduit en français par Raymond Gimilio}
- Dominique Champiat *et al.*, Biologie des eaux : Méthodes & techniques, Masson, mars 1994, 16 x 24, relié, 374 p. (ISBN 2-225-81199-7, [24%20monographies%20de%20%20spécialistes%20internationaux résumé])
- Revue Bioénergie International n° 18, comprend une carte de France des grandes installations de bio-méthanisation

- Raymond Gimilio, « Observatoire indépendant des Déchets de l'Agglomération de Montpellier (ODAM) », 12 septembre 2005 (consulté le 29 septembre 2010)
- « Site de la revue espagnole InfoEnviro, Madrid » (consulté le 29 septembre 2011) spécialiste du traitement des déchets



- Portail de l'assainissement



- Portail des énergies renouvelables

8 Voir aussi

8.1 Articles connexes

- Épuration des eaux
- Compostage
- Biogaz

8.2 Liens externes

- Laboratoire de biotechnologie de l'environnement (laboratoire de l'INRA)
- Dossier sur la méthanisation des déchets organique Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture)
- Sur la méthanisation sur le site de l'ADEME

9 Sources, contributeurs et licences du texte et de l'image

9.1 Texte

- **Méthanisation** *Source* : <http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thanisation?oldid=114569804> *Contributeurs* : Hemmer, Loïc, Jastrow, Phe-bot, Anarchimede, Tarap, Fylyp22, Escaladix, Jef-Infojef, Darkoneko, Leag, MasterMatt, Orel'jan, L'amateur d'aéroplanes, Docteur-Cosmos, Korg, Stéphane33, Taguelmoust, YurikBot, Jerome66, Crouchineki, PoM, CHEFALAIN, Julianedm, Moulins, Astirmays, AAA bear, Loudubewe, Lebrunxavier, Malost, Pld, ChoumX, Lamiot, Hiogui, Liquid-aim-bot, Biomethane, Thijs !bot, Kyle the bot, Zedh, Sebleouf, Eiffele, M-le-mot-dit, Pichegump, Salebot, Benoit Rochon, Akeron, Rgimilio, Jmnil, Environnement2100, Aibot, AlleborgoBot, Binabik, Peaceofmind, Louperibot, JLM, Aurelein, Salmoneus, Alecs.bot, Vlaam, Dhatier, Lilyu, Heurtelions, Ir4ubot, QAC, Manoillon, HerculeBot, WikiCleanerBot, ZetudBot, Bub's wikibot, Luckas-bot, ABACA, Cantons-de-l'Est, Xqbot, Rubinbot, Nouill, Pom445, Bob Saint Clar, Boulday, Coyote du 57, Lomita, TKostolany, Kilith, EoWinn, Sisqi, ZéroBot, WikitanvirBot, Orignal89, LinedBot, Léo Duval, Khellendros, Pano38, Cirage noir, Pauljum, Mattho69, Evalor, H6r6tiqu6, INRS France, Addbot, 45Brya, Club Biogaz, LaVoiture-balai, Do not follow, 01Spiral et Anonyme : 82

9.2 Images

- **Fichier:2012-05-13_Nordsee-Luftbilder_DSCF8495.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/2012-05-13_Nordsee-Luftbilder_DSCF8495.jpg *Licence* : CC BY-SA 3.0 de *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Martina Nolte
- **Fichier:Biomassehaufen_Biogasanlage.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6a/Biomassehaufen_Biogasanlage.jpg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Axel Hindemith
- **Fichier:Confusion_colour.svg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Confusion_colour.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Bub's
- **Fichier:Haase_anaerobic_digester.JPG** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Haase_anaerobic_digester.JPG *Licence* : CC BY 3.0 *Contributeurs* : Transferred from en.wikipedia; transferred to Commons by User:Teratornis using CommonsHelper. *Artiste d'origine* : Original uploader was Vortexrealm at en.wikipedia
- **Fichier:MBT_anaerobicdigesters.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/51/MBT_anaerobicdigesters.jpg *Licence* : CC BY-SA 2.5 *Contributeurs* : Transféré de en.wikipedia à Commons. *Artiste d'origine* : The original uploader was Vortexrealm sur Wikipedia anglais
- **Fichier:Méthanogenèse.jpg** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/61/M%C3%A9thanogen%C3%A8se.jpg> *Licence* : CC-BY-SA-3.0 *Contributeurs* : Thèse de doctorat [1] à télécharger [2] portant sur les procédés intensifs de méthanisation. *Artiste d'origine* : R.Cresson
- **Fichier:Neuhaus_oste_biogasanlage_03.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/Neuhaus_oste_biogasanlage_03.jpg *Licence* : CC BY-SA 2.5 *Contributeurs* : selbst fotografiert DigiCam C2100UZ *Artiste d'origine* : Ra Boe
- **Fichier:Nuvola_apps_ksig_horizonta.png** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/58/Nuvola_apps_ksig_horizonta.png *Licence* : LGPL *Contributeurs* : <http://www.icon-king.com> *Artiste d'origine* : David Vignoni
- **Fichier:Vista-trashcan_empty.png** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Vista-trashcan_empty.png *Licence* : GPL *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:Windmill.svg** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Windmill.svg> *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Based on South_Point_Wind_Farm.jpg by Harvey McDaniel *Artiste d'origine* : maixⁱ?

9.3 Licence du contenu

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0