

Décembre 2014

Le biométhane en Région wallonne

Cécile Heneffe

La valeur ajoutée, tant économique qu'environnementale, visée par ValBiom repose essentiellement sur son positionnement indépendant, sa rigueur scientifique et sur son approche intégrée des filières de valorisation non-alimentaire de la biomasse.

Date d'édition	15/12/2014
Version	1
Auteur	Cécile Heneffe
Comité de relecture	10/12/2014
Convention	BioMaSER
Thématique	Biométhanisation

Objectif du document

Ce document vise à donner un premier aperçu du secteur du biométhane, ainsi que des principales techniques pour épurer le biogaz en biométhane.



BIOMETHANE	4
1 Introduction	4
1.1 Du biogaz au biométhane	4
1.1.1 Biométhanisation	4
1.1.2 Biogaz	5
1.1.3 Biométhane	6
1.2 Valorisation du biométhane	7
1.2.1 Injection sur le réseau de gaz naturel	7
1.2.2 Carburant	7
1.3 Situation en Europe	9
2 Techniques d'épuration du biométhane	10
2.1 Absorption	10
2.1.1 Absorption physique à l'eau ou avec un solvant organique	11
2.1.2 Absorption chimique (aux amines)	12
2.2 Adsorption par variation de pression (PSA)	13
2.3 Séparation membranaire	14
2.4 Epuration cryogénique (distillation à froid)	16
3 Législation et soutien en Wallonie	17
3.1 Injection dans le réseau de gaz naturel	17
3.2 Soutien au biométhane	18
SOURCES	19
CONTACT	20



Biométhane

1 | Introduction

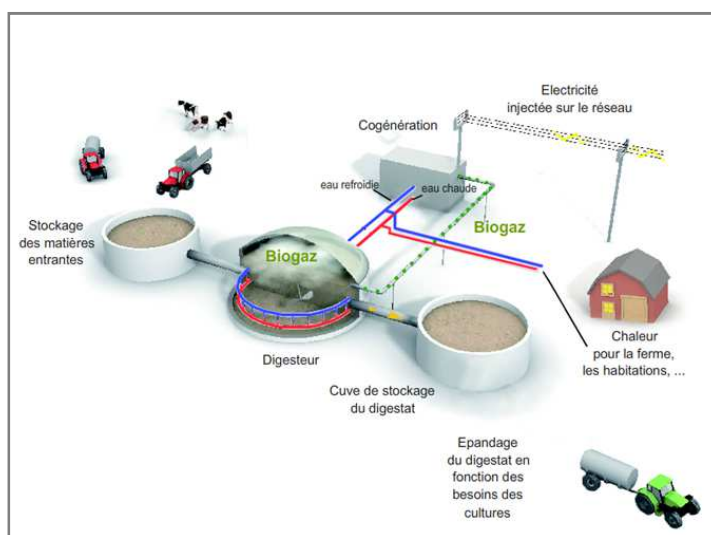
1.1 Du biogaz au biométhane

1.1.1 Biométhanisation

La biométhanisation est un processus de fermentation similaire à celui ayant lieu dans le rumen d'une vache. Les matières entrant dans le digesteur (cuve où a lieu la fermentation) subissent une dégradation biologique réalisée par des micro-organismes (bactéries et archées). Cette fermentation se déroule en absence d'oxygène (anaérobiose) et à température constante (par exemple, environ 37 °C). Ce processus est exploité dans des installations de biométhanisation.

Au cours de la décomposition des matières, une production de gaz est observée. Ce dernier, appelé biogaz, est essentiellement composé de méthane (CH₄) et de gaz carbonique (CO₂).

Le second produit de la biométhanisation est appelé « digestat ». Il s'agit du résidu de la décomposition des matières organiques utilisées, et représente entre 80 et 90 % de la masse des matières entrantes. Tous les nutriments présents dans les matières entrantes y sont toujours présents. En particulier, l'azote présent dans le digestat est plus facilement assimilable par les plantes que celui des effluents d'élevage brut, comme le lisier ou le fumier. Les nutriments et les matières organiques résiduelles (matières humiques) donnent une grande valeur agronomique au digestat, qui peut être épandu sur les terres agricoles comme amendement et fertilisant.



Organisation typique d'une installation de biométhanisation. (Source : Agricométhane)

1.1.2 Biogaz

Le biogaz est composé de méthane, de gaz carbonique, ainsi que d'autres gaz traces tels que de l'azote, de l'oxygène, de l'hydrogène de l'H₂S, etc.

Gaz	Composition
Méthane (CH ₄)	50 – 85 %
Gaz carbonique (CO ₂)	15 – 50 %
Azote (N ₂)	0 – 1 %
Oxygène (O ₂)	0,01 – 1 %
Hydrogène (H ₂)	Traces
Hydrogène sulfuré (H ₂ S)	Traces (jusqu'à 4 000 ppm)
Ammoniac (NH ₃)	Traces

De nombreuses valorisations existent :

- > Produire de la chaleur ou de la vapeur par combustion dans une chaudière.
- > Produire de l'électricité, soit par combustion dans un moteur qui actionne un alternateur ; ou par de la vapeur produite grâce à la combustion du biogaz dans une chaudière, cette vapeur entraînant une turbine, qui actionne également un alternateur.
- > Produire simultanément de l'électricité et de la chaleur, soit par combustion dans un moteur qui actionne un alternateur ; ou par de la vapeur produite grâce à la combustion du biogaz dans une chaudière, cette vapeur entraînant une turbine, qui actionne également un alternateur. Dans ce cas, la chaleur est récupérée et valorisée : on parlera de cogénération.
- > Être utilisé comme biocarburant, après purification du biogaz en biométhane (seul le CH₄ est conservé : le biométhane est alors semblable au gaz naturel) et compression.
- > Être injecté dans le réseau de gaz naturel, après purification en biométhane et compression.

La plupart du temps, une épuration préalable de l'H₂S, de l'eau et de certains autres contaminants sera faite.

La **déshydratation** se fait le plus souvent par condensation : le biogaz est refroidi, provoquant la condensation de la vapeur d'eau, qui peut ainsi être évacuée. Il est également possible



d'utiliser du triéthylène glycol, une molécule qui va très fortement retenir l'eau contenue dans le biogaz.

La **désulfuration** peut se faire de plusieurs manières :

- > Précipitation : l'ajout dans le digesteur de sels de métaux (chlorure de fer, sulfate de fer, ...) va provoquer la formation de sulfure de fer non soluble, qui sera évacué dans le digestat.
- > Épuration biologique : en ajoutant un faible volume d'air ou d'oxygène au biogaz, certains micro-organismes vont oxyder l'H₂S en soufre élémentaire.
- > Lavage aux oxydants chimiques : l'H₂S est ici absorbé par des solutions de soude caustique.
- > Adsorption sur oxydes métalliques ou sur charbon actif : le biogaz va passer au travers soit de charbon actif, soit de particules de métal oxydé (comme de l'oxyde de fer, de zinc ou de cuivre), qui vont piéger l'H₂S.

1.1.3 Biométhane

Le biométhane est du biogaz qui a été épuré, c'est-à-dire que le CO₂ et les autres gaz traces ont été éliminés. Il a des qualités similaires à celles du gaz naturel¹.

L'intérêt de l'épuration du biogaz est surtout présent lorsqu'on souhaite l'injecter dans le réseau de gaz naturel (avec les mêmes applications que celui-ci), ou être utilisé comme carburant pour véhicule.

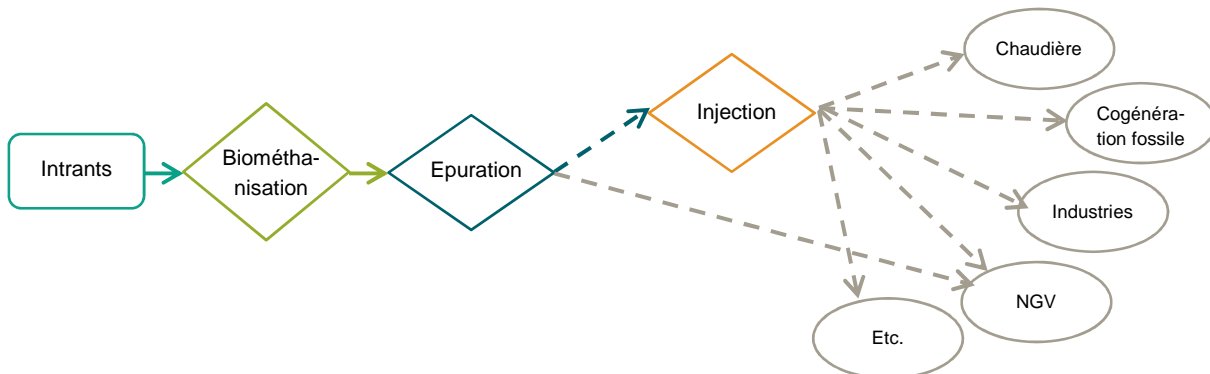
Le biométhane pourrait être obtenu par d'autres voies. A moyen terme, il serait possible d'en produire via la gazéification suivie d'un procédé de méthanation. La gazéification permet de convertir des matières carbonées ou organiques en un gaz de synthèse, le syngas (CO et H₂ principalement, ainsi que des hydrocarbures gazeux). La méthanation va transformer le syngas en méthane ($\text{CO} + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$).

¹ Le gaz naturel est un combustible fossile. Il comprend principalement du méthane (entre 81 et 97 %), ainsi que de l'azote et d'autres gaz traces. Afin d'être utilisé via le réseau de distribution, il doit être comprimé et odorisé.



1.2 Valorisation du biométhane

Le biométhane a deux grandes voies de valorisation : en tant que biocarburant (NGV ou Natural Gas for Vehicle) et en injection sur le réseau de gaz naturel.



1.2.1 Injection sur le réseau de gaz naturel

Le biométhane, grâce à son épuration poussée, est équivalent au gaz naturel. Il peut donc être injecté dans le réseau, afin de substituer le gaz naturel (en tout ou en partie). Le biométhane pourrait être injecté sur les réseaux de distribution (géré par les gestionnaires de réseau tels qu'Ores, Tecteo et Gaselwest) ou sur les réseaux de transport (Fluxys).

Le biométhane, une fois sur le réseau, sera être utilisé de la même façon que le gaz naturel :

- > Utilisations domestiques : chaudière au gaz (pour l'eau chaude et le chauffage), chauffe-eau, cuisinières au gaz, poêles au gaz, inserts de cheminée au gaz, etc.
- > Utilisations industrielles : production d'eau chaude, de vapeur, etc.
- > Production d'électricité à l'aide d'un moteur (éventuellement de cogénération) ou d'une turbine gaz (centrales TGV), etc.
- > Alimenter des pompes NGV
- > Etc.

1.2.2 Carburant

Parmi le milliard de véhicules existant dans le monde, environ 18 millions roulent au CNG. Le CNG (Compressed Natural Gas) est du gaz naturel. Il est principalement constitué de méthane. Il est comprimé entre 200 et 300 bars (en phase gazeuse). Le méthane est plus léger que l'air (il n'est donc pas soumis à l'interdiction d'accès dans les parkings souterrains).

Il ne faut pas le confondre avec le LPG (Liquide Petroleum Gas), qui est un mélange de propane et de butane, dérivé du pétrole et comprimé entre 5 et 7 bars (afin de le maintenir en phase liquide).



A l'heure actuelle, peu de stations-services sont équipées d'une pompe CNG : il en existe une douzaine en Flandre, et plusieurs sont en projet en Wallonie (prévu pour 2014). Il faudra donc attendre l'augmentation du nombre de pompes CNG pour voir le développement de la flotte de véhicules privés équipés au CNG.

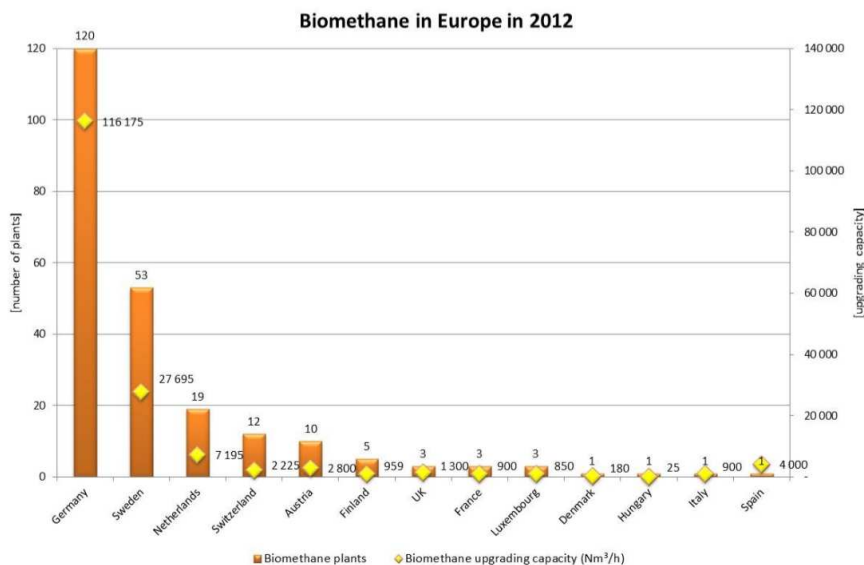
Le biométhane, au vu de sa qualité identique au gaz naturel, peut être utilisé pour alimenter ces véhicules CNG. Deux solutions sont possibles : soit une pompe est placée directement sur le site de l'unité de biométhanisation (avec les questions de stockage de biométhane), soit le biométhane est injecté sur le réseau et les pompes CNG s'alimentent sur le réseau gaz. Pour les particuliers raccordés au réseau de gaz, il est possible de faire le plein de son véhicule à la maison à l'aide d'un petit compresseur. Il existe différents modèles de compresseurs, dont certains pouvant simultanément faire le plein à plusieurs véhicules, ce qui peut être adapté aux entreprises.

Le biométhane peut aussi être converti sous forme liquide, en LNG. Sous cette forme, son volume initial est réduit de près de 650 fois. Il pourrait donc se substituer au diesel dans le transport routier tout en garantissant des performances et une autonomie identiques au diesel.



1.3 Situation en Europe

En 2012, le marché européen du biogaz a continué à s'étendre, pour atteindre plus de 13 800 unités de biométhanisation. Parmi celles-ci, environ 280 installations produisent du biométhane, soit 166 000 m³/h installés. Elles sont en majorité implantées en Allemagne, ainsi qu'en Suède. Une quinzaine de pays² disposent d'unités injectant dans le réseau de gaz naturel, et 13 pays³ produisent du biométhane-carburant. Environ la moitié du biométhane produit serait utilisé directement par des véhicules, l'autre moitié serait injectée dans le réseau de gaz naturel (permettant de produire de l'électricité et/ou de la chaleur).



Nombre d'unités de biométhane par pays et capacité d'épuration en 2012. (Source : EBA, Biogas report 2013)

En France, en 2014, la plupart des quelques 600 projets de biométhanisation visent à injecter le biométhane sur le réseau de gaz naturel, contre quelques dizaines en cogénération. D'ici 2030, 20 % de la consommation de gaz naturel pourrait provenir du biogaz. De plus, plusieurs flottes de bus et de camions fonctionnent au bio-CNG (c'est-à-dire au biométhane). Un exemple proche de nous est l'agglomération lilloise qui a converti ses bus au CNG, et dont l'approvisionnement est en grande partie assuré par l'unité de biométhanisation utilisant les déchets organiques de l'agglomération.

L'Allemagne soutient la production de biométhane depuis 2009. Parmi les 9 000 unités du territoire, 140 produisent du biométhane, et la grande majorité l'injecte dans le réseau de gaz naturel. De plus, la volonté allemande est de développer un réseau de pompes CNG. En effet, avec près de 1 000 stations-services et plus de 100 000 véhicules roulant au CNG, l'Allemagne possède la deuxième flotte européenne, derrière l'Italie et ses 850 000 véhicules.

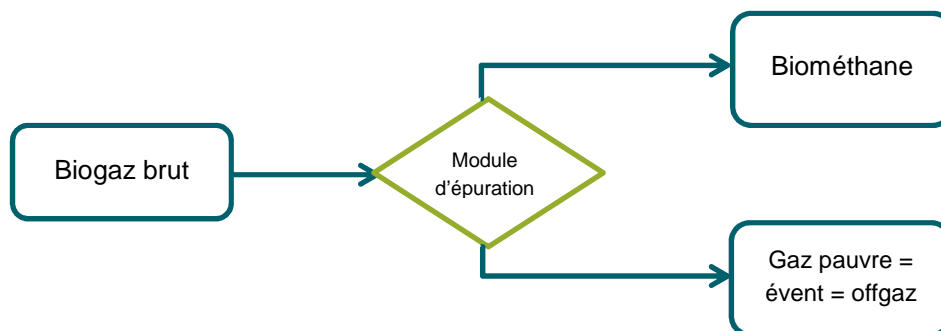
² Autriche, Suisse, Allemagne, Danemark, Espagne, France, Finlande, Hongrie, Islande, Italie, Luxembourg, Pays-Bas, Norvège, Suède, Royaume-Unis.

³ Autriche, Suisse, Allemagne, Danemark, Espagne, France, Finlande, Hongrie, Islande, Italie, Pays-Bas, Suède, Royaume-Unis.

De nombreux autres pays et régions ont développé des stratégies de création d'unités de biométhanisation et de production de biométhane, comme par exemple la Suède, qui a choisi de mettre en avant l'utilisation du biogaz en chauffage et en carburant, ou plus récemment le Royaume-Uni.

2 | Techniques d'épuration du biométhane

Pour obtenir le biométhane, le biogaz doit être épuré : on cherche à conserver le maximum de CH_4 , tout en éliminant le CO_2 et les autres composés traces. Grâce à une technique d'épuration, on obtient d'un côté le **biométhane**, et de l'autre le **gaz pauvre**, appelé également évent, ou encore offgaz. Ce dernier est riche en CO_2 .

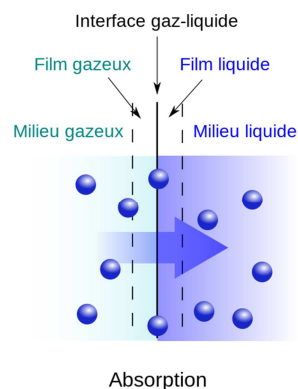


Le module d'épuration va sécher le gaz, supprimer les composés traces tels que l'oxygène, l'azote, l'hydrogène sulfurés, l'ammoniac, les siloxanes, etc., ainsi que le CO_2 , et comprimer le biométhane à une pression de consigne dépendant de l'utilisation du biométhane. Il est également possible de réaliser une odorisation (si le biométhane est injecté dans le réseau de distribution de gaz naturel).

2.1 Absorption

Lorsqu'un gaz est en contact avec une phase liquide, et que ce gaz contient une substance qui est soluble dans la phase liquide, on observe un transfert de cette substance du gaz vers la phase liquide : on parle d'absorption.

Ce phénomène est utilisé pour épurer le biogaz. En effet, certains milieux liquides (tels que l'eau ou certains solvants organiques) absorbent plus facilement le CO_2 et certains autres gaz que le CH_4 .



Phénomène d'absorption.

Auteur : Daniele Pugliesi

2.1.1 Absorption physique à l'eau ou avec un solvant organique

Lavage à l'eau

Le biogaz est envoyé dans une tour de lavage, à basse température (environ 7°C) et à une pression d'environ 9 bars. Il rentre en contact à contre-courant avec l'eau. Le CO₂ ainsi que d'autres gaz solubles (tels que le H₂S) se solubilisent dans l'eau, tandis que le méthane ne l'est que peu.

L'eau est envoyée vers une tour de dégazage (flash tank, à une pression d'environ 4 bars), qui permet de récupérer une partie du méthane dissous. Elle est envoyée ensuite vers une tour de stripping (à pression atmosphérique), qui régénère l'eau de process. Celle-ci permet la désorption du CO₂, de l'H₂S et du CH₄ résiduel avant leur évacuation à l'atmosphère.

Le méthane épuré va être envoyé vers un système de séchage du gaz. Ce système ne permet pas d'éliminer les gaz inertes (O₂, N₂).

Le biométhane obtenu contient de 95 à 99 % de méthane. Le taux de récupération du méthane est de 98 % (soit 2 % de perte).

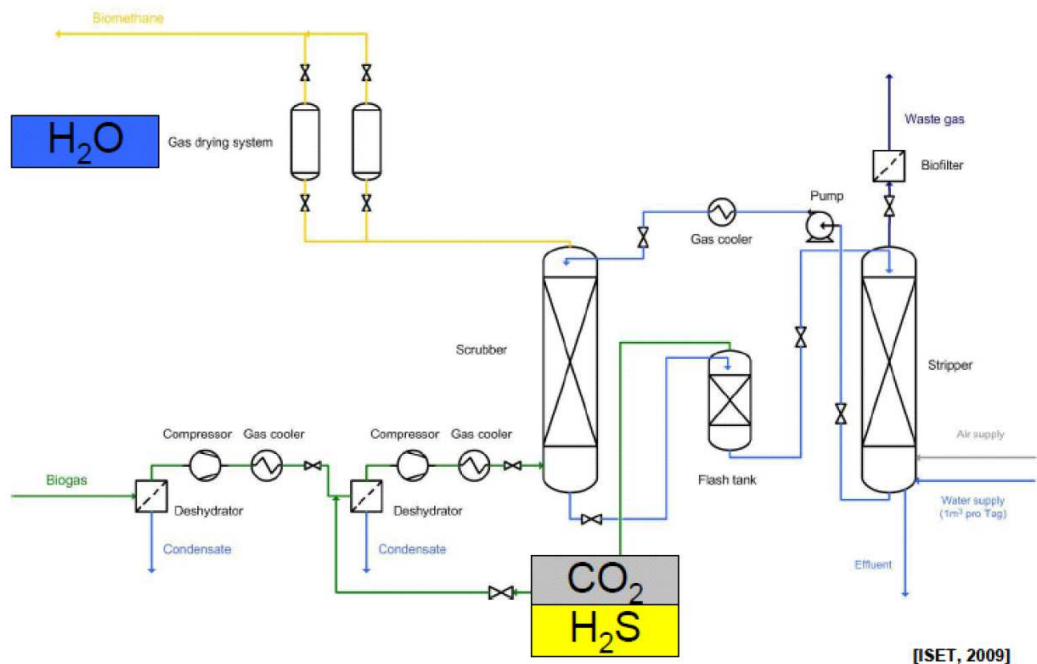


Schéma simplifié du lavage à l'eau.

Absorption avec un solvant organique

L'épuration avec un solvant est similaire au lavage à l'eau. Les solvants utilisés ont un pouvoir de solubilisation (notamment du CO_2) supérieur à celui de l'eau. Cela permet de réduire les quantités de solvant consommées, et d'éliminer l'eau et les hydrocarbures halogénés.

Le solvant est régénéré par augmentation de la température (entre 40 et 70 °C) et est recirculé.

Le biométhane obtenu contient de 95 à 99 % de méthane. Le taux de récupération du méthane est de 96 à 99 % (soit 4 à 1 % de perte).

Exemple de solvant : polyéthylène glycol.

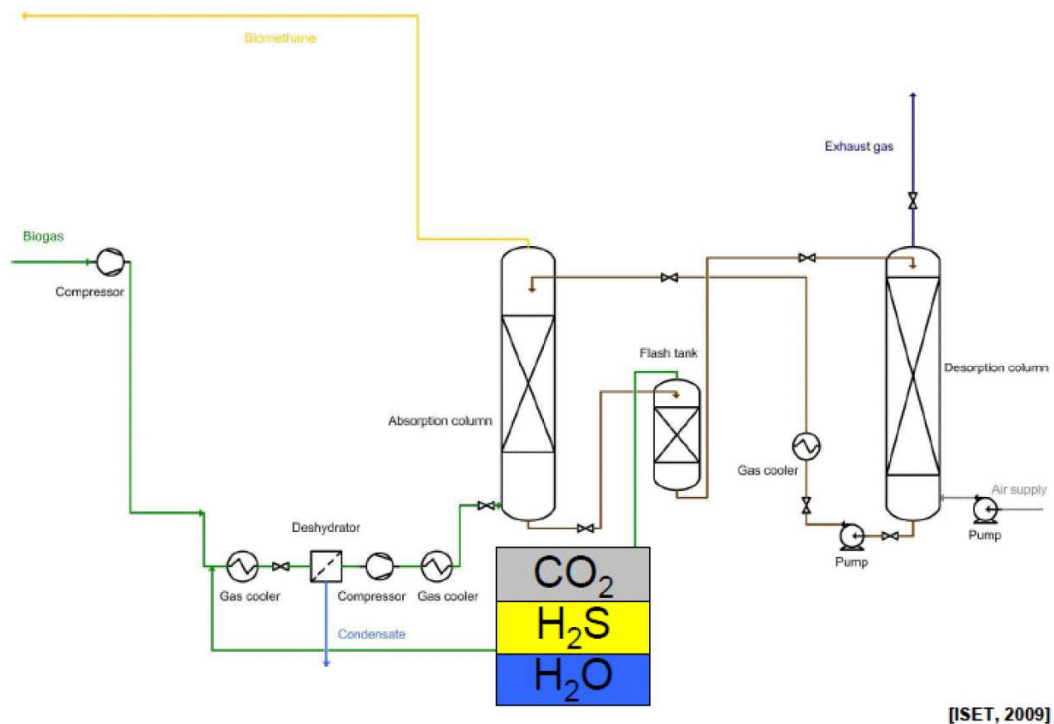


Schéma simplifié de l'absorption avec solvant organique.

2.1.2 Absorption chimique (aux amines)

Le lavage aux amines ressemble également au lavage à l'eau. Cependant, le solvant utilisé est ici un solvant aux amines. Le CO_2 va dans ce cas être absorbé pour réagir immédiatement avec l'amine. La solubilité du CO_2 est 9 fois plus élevée que dans l'eau.

Les amines doivent être régénérées : il faut donc réaliser la réaction chimique inverse, afin de libérer le CO_2 . Cela se fait par chauffage à une température d'environ 300 °C. La chaleur consommée peut éventuellement être réutilisée pour chauffer le digesteur.

Le biométhane obtenu contient plus de 99 % de méthane. Le taux de récupération du méthane est de 99,96 % (soit 0,04 % de perte).

Exemples d'amines : monoéthanolamine (MEA), diméthyléthanolamine (DMEA).

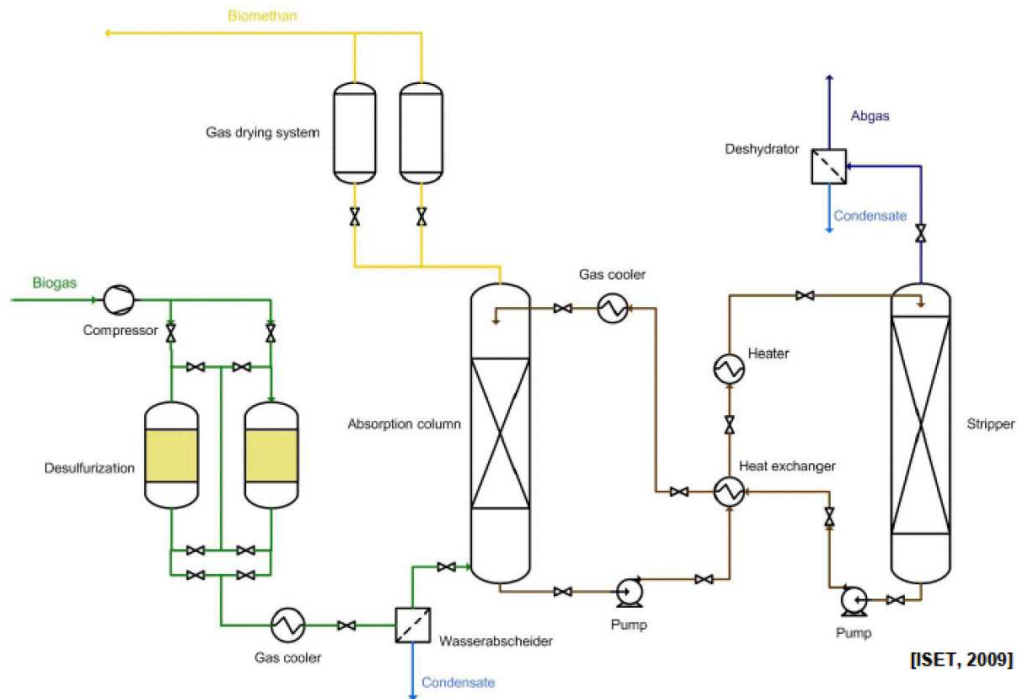


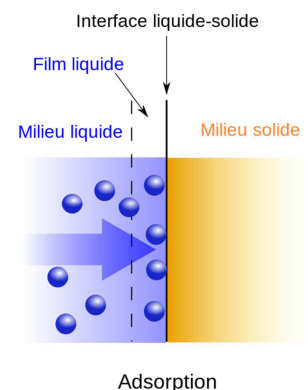
Schéma simplifié du lavage aux amines.

2.2 Adsorption par variation de pression (PSA)

L'adsorption est un phénomène de surface où les molécules de gaz viennent se fixer sur une surface solide (adsorbant).

L'adsorption par variation de pression (PSA = Pressure Swing Adsorption) va utiliser ce phénomène : les différents types de molécules composant le biogaz vont avoir des comportements d'adsorption différents sur une surface solide sous haute pression. L'adsorbant est généralement une zéolithe (tamis moléculaire) ou du charbon actif.

Avant l'entrée dans les colonnes, il est nécessaire de sécher le biogaz et de le désulfurer (par exemple par filtre à charbon). L'adsorption a lieu à haute pression. Ensuite, le matériau adsorbant



Phénomène d'adsorption.

Auteur : Daniele Pugliesi

chargé est régénéré par une diminution progressive de la pression avec du biogaz brut ou du biométhane. Le gaz pauvre est libéré du matériau adsorbant. Enfin, la pression est à nouveau augmentée avec le biogaz brut ou le biométhane, et le matériau adsorbant est prêt pour une nouvelle séquence.

Le biométhane obtenu contient de 95 à 99 % de méthane. Le taux de récupération du méthane est de 98 % (soit 2 % de perte).

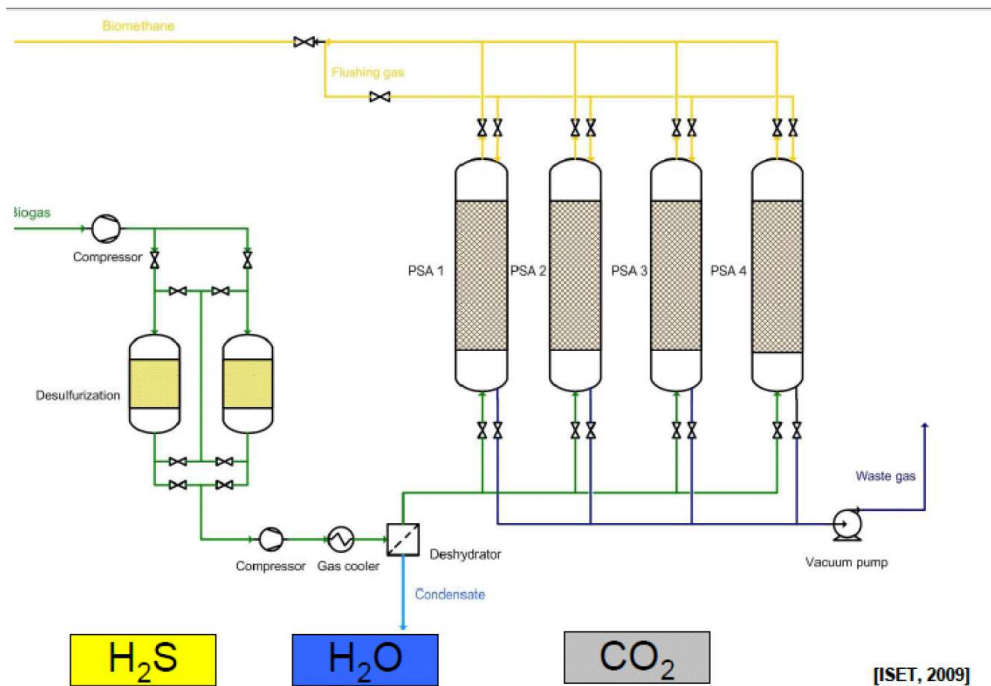


Schéma simplifié de l'adsorption par variation de pression (PSA).

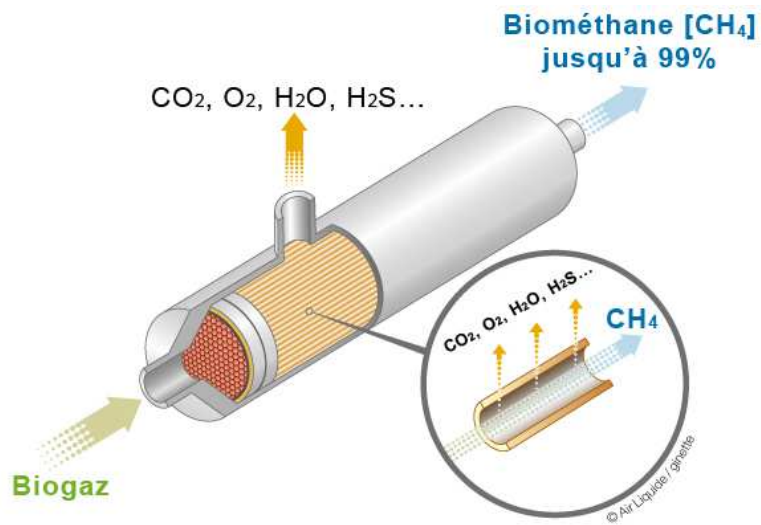
2.3 Séparation membranaire

Les membranes utilisées sont perméables au CO_2 , à l'eau et au NH_3 , mais sont relativement imperméable au CH_4 (il traversera en très faible quantité). Cette séparation se fait sous pression, soit aux alentours de 8 bars (procédé à basse pression) ou à plus de 20 bars (procédé à haute pression).

Le biogaz est envoyé sur les membranes, en une ou plusieurs étapes. Plusieurs étapes permettent d'atteindre un biométhane plus pur.

Le biométhane obtenu contient de 95 à 99 % de méthane. Le taux de récupération du méthane est de 98 à 99,5 % (soit de 2 à 0,5 % de perte).

Exemples de membrane : polymères tels que le polysulfone, le polyamide, le polydiméthylsiloxane.



Détail d'un module de séparateur membrane. [Source : Air liquide]

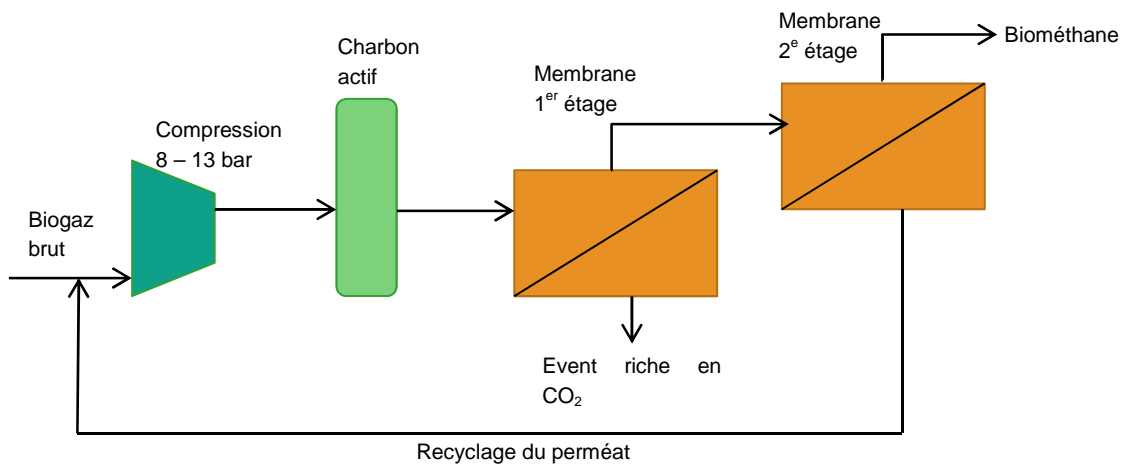


Schéma simplifié de la séparation membranaire. [Sur base d'un schéma d'Air liquide]

2.4 Epuration cryogénique (distillation à froid)

Cette technique se base sur les différents points d'ébullition des composés gazeux du biogaz (à pression atmosphérique, le CO₂ a son point d'ébullition à -78 °C, tandis que celui du méthane est à -160 °C).

Le biogaz doit être exempt d'eau et de H₂S. En refroidissant le biogaz à -165 °C, deux produits apparaissent : l'un composé de méthane, l'autre de CO₂.

Cette technique est encore très récente, et va seulement arriver sur le marché.

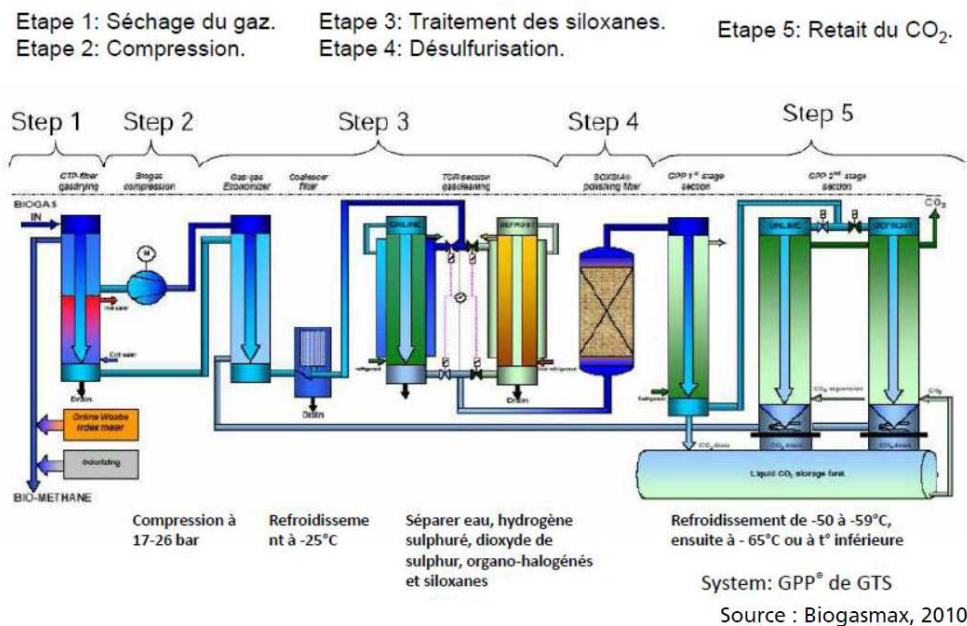


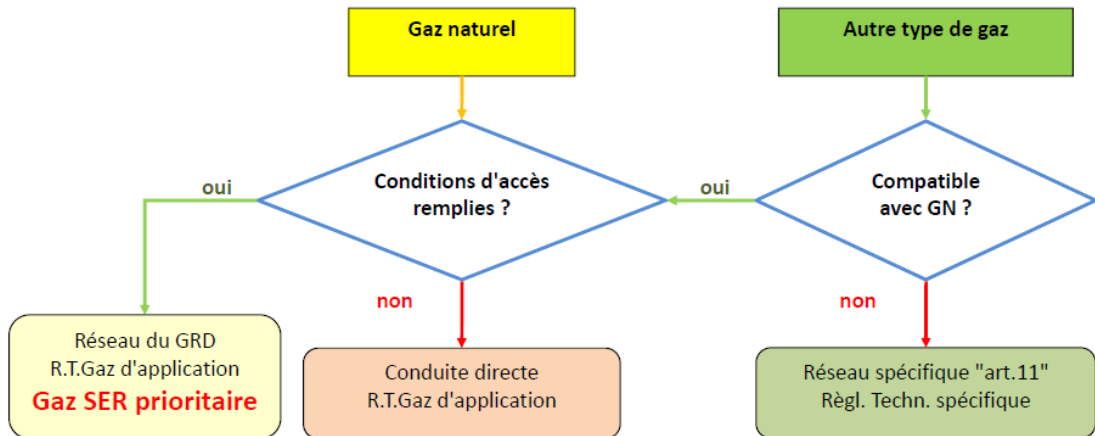
Schéma simplifié de l'épuration cryogénique.

3 | Législation et soutien en Wallonie

3.1 Injection dans le réseau de gaz naturel

En Europe, le marché du gaz et de l'électricité est libéralisé depuis 2002. Le décret « gaz »⁴ en Wallonie traduit la directive européenne. Parmi les différents principes, il mentionne les conditions d'accès au réseau gaz.

Si un autre gaz que le gaz naturel est compatible avec ce dernier et s'il remplit les conditions d'accès, alors il peut être injecté dans le réseau du GRD (le gaz issu de renouvelable est prioritaire).



Conditions d'accès au réseau de gaz. [Source : CWaPE]

Synergrid⁵, la fédération des gestionnaires de réseaux électricités et gaz en Belgique, a publié des spécifications techniques pour l'injection.

La CWaPE est l'organisme de contrôle de la libéralisation du marché du gaz en Wallonie.

4 Décret du gouvernement wallon, du 19/12/02, revu le 17/07/08, sur base de la directive européenne 2009/73/CE. Une révision était en cours lors du dernier gouvernement, début 2014, mais qui n'a pas abouti.

5 www.synergrid.be

3.2 Soutien au biométhane

Dans ce même décret « gaz », il y est également mentionné le mécanisme de soutien au gaz d'origine renouvelable.

Différents arrêtés du gouvernement wallon viennent compléter ce décret :

- > AGW du 23 décembre 2010 relatif aux certificats et labels de garantie d'origine pour les gaz issus de renouvelables ;
- > Code de comptage (pris en application du décret électricité mais légitimé par l'AGW du 23/12/2010) ;
- > Règlement technique (AGW du 12/07/2007).

Le biométhane mis sur le réseau permet d'obtenir deux choses :

- > D'une part, le biométhane est **vendu** à un fournisseur de gaz naturel, au prix du marché du gaz naturel. A l'heure actuelle, on peut estimer le prix du marché à 25 €/MWh_{primaire}.
- > D'autre part, sur base d'un comptage (supervisé par la CWaPE), il est possible d'obtenir une **garantie d'origine gaz cessible**. Cette garantie d'origine peut donc être vendue, par exemple à une cogénération « fossile » au gaz naturel. Cela permettra à la cogénération d'être une cogénération « verte », et d'obtenir plus de certificats verts. Il est possible d'espérer un prix de revente de la GO entre 30 et 50 € suivant le prix du certificat vert et les performances CO₂.

Il est donc possible d'obtenir entre 55 et 75 €/MWh_{primaire de biométhane}. Ce prix ne semble pas suffire pour assurer la rentabilité de la plupart des projets installations d'unités de biométhanisation produisant du biométhane.

Différentes recommandations ont été émises par la CWaPE ⁶ afin de stimuler la filière, notamment des discussions avec les gestionnaires de réseau au niveau de l'achat du gaz à un prix minimum garanti, de la gestion du risque, de leur implication dans la filière CNG, etc.

Dans le cas où le biométhane est vendu sur site, notamment via une pompe CNG, le cadre législatif n'est pas encore défini. D'autre part, concernant le soutien aux biocarburants, il est décidé au niveau du fédéral (l'avantage pour le consommateur à l'heure actuelle est que le CNG, et donc le biométhane, n'est pas soumis aux accises).

6 Recommandations CD-11I21-CWaPE-360.

Sources

- > *Stimuler le démarrage de la filière du biométhane*, 16/12/2011, CWaPE. Disponible sur : <http://www.cwape.be/?dir=0.2&docid=600>.
- > *EBA Biogas report 2013*, European Biogas Association, décembre 2013. www.european-biogas.eu.
- > *Carnet de la biométhanisation agricole*, Réseau wallon de Développement Rural, juillet 2014. Disponible sur : http://www.reseau-pwdr.be/media/478727/140714_carnet_biomethanisation_agricole.pdf.
- > <http://www.injectionbiomethane.fr>, consultation le 10/11/2014.
- > *Principes et procédés d'épuration du biométhane pour l'injection dans les réseaux de gaz naturel*, GrDF et ADEME, 19/08/2011. Disponible sur : <http://www.injectionbiomethane.fr>.
- > *Du biogaz au biométhane, revue technique*, réalisée par Technische Universität Wien et TVT, traduite par Rhonalpenergie environnement, Aile et CRA-w, mai 2012, traduit en août 2012. Disponible sur : <http://biomethaneregions.cra.wallonie.be/>.
- > *Worldwide NGV Shares in Total Vehicle Market*, NGVA Europe, septembre 2013. Disponible sur <http://www.ngvaeurope.eu/worldwide-ngv-statistics>.



Contact

Cécile Heneffe

Chef de projets Biométhanisation

t 081 62 71 92

m 0488 17 21 18

c.heneffe@valbiom.be

