

injection **Biométhane**

OUTIL D'AIDE À L'INJECTION
DE BIOMÉTHANE DANS LES
RÉSEAUX DE GAZ NATUREL



Principes et procédés d'épuration du biométhane pour l'injection dans les réseaux de gaz naturel

Phase : Faisabilité du projet d'injection

Etape : Considérations générales

11 pages – version 19/08/2011



Sommaire

1. L'ÉPURATION DU BIOGAZ	3
1.1. Notions et définitions	3
1.2. Principes généraux	3
2. TECHNOLOGIES D'ÉPURATION, PAR FAMILLES DE PROCÉDÉS	4
2.1. Pressure Swing Adsorption ou PSA (adsorption par variation de pression)	5
2.2. Le lavage à l'eau	6
2.3. Absorption physique (aux glycols)	7
2.4. Absorption chimique (lavage aux amines)	8
2.5. Séparation par membrane	9
2.6. Epuration cryogénique (distillation à froid)	10
3. COMPARAISON DES MÉTHODES D'ÉPURATION	11



1. L'épuration du biogaz

1.1. Notions et définitions

L'épuration consiste à éliminer du biogaz brut les substances indésirables et les traces de polluants (ammoniaque, éléments soufrés, minéraux...) et augmenter sa teneur en méthane (par retrait du CO₂ et autres composés gazeux) pour produire un gaz comparable au gaz naturel.

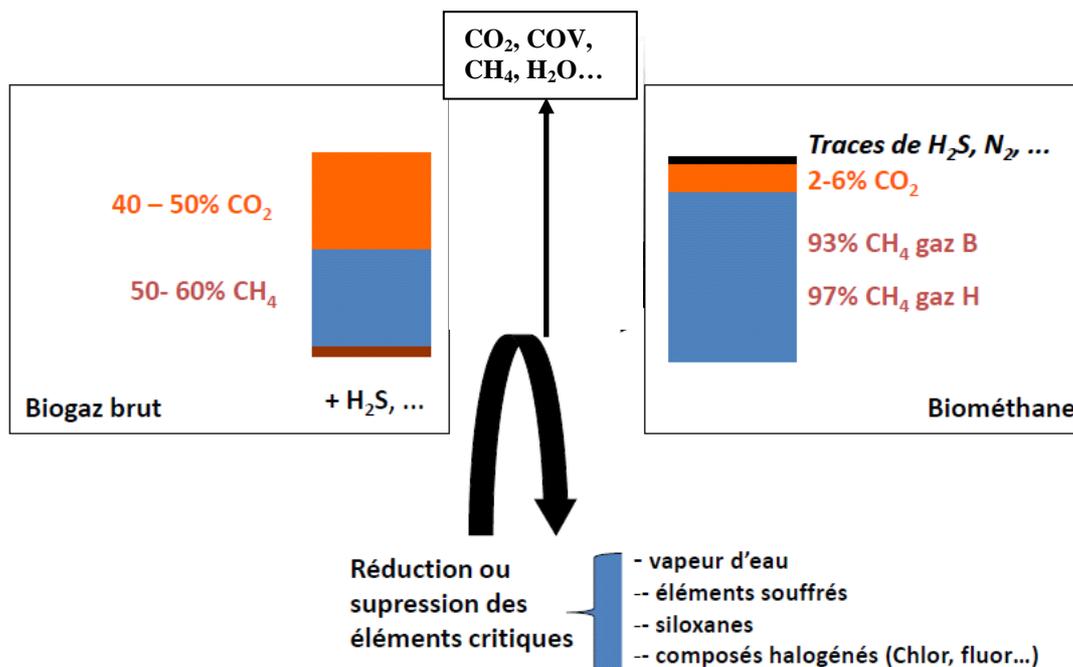
Le biométhane ainsi obtenu constitue du biogaz épuré et enrichi doté d'un pouvoir calorifique équivalent à celui du gaz naturel

Le biogaz brut se compose des éléments suivants : le méthane (CH₄, 50 – 75 %), le dioxyde de carbone (CO₂, 25 – 45 %), l'eau (H₂O), l'azote (N₂), l'oxygène (O₂), l'hydrogène sulfuré (H₂S), l'ammoniaque (NH₃), et des éléments traces (organo-halogénés, siloxanes, métaux lourds).

L'évent est un gaz pauvre fatalement produit, contenant essentiellement du CO₂, le méthane non extrait et des impuretés issues du biogaz. En fonction de la quantité de méthane et d'impuretés (COV) de cet événement, celui-ci doit être traité (oxydation thermique, biofiltre) afin d'éviter toute émission polluante à l'atmosphère. Dans certains cas ce gaz pauvre peut être valorisé thermiquement.

1.2. Principes généraux

Schéma simplifié de l'épuration du biogaz



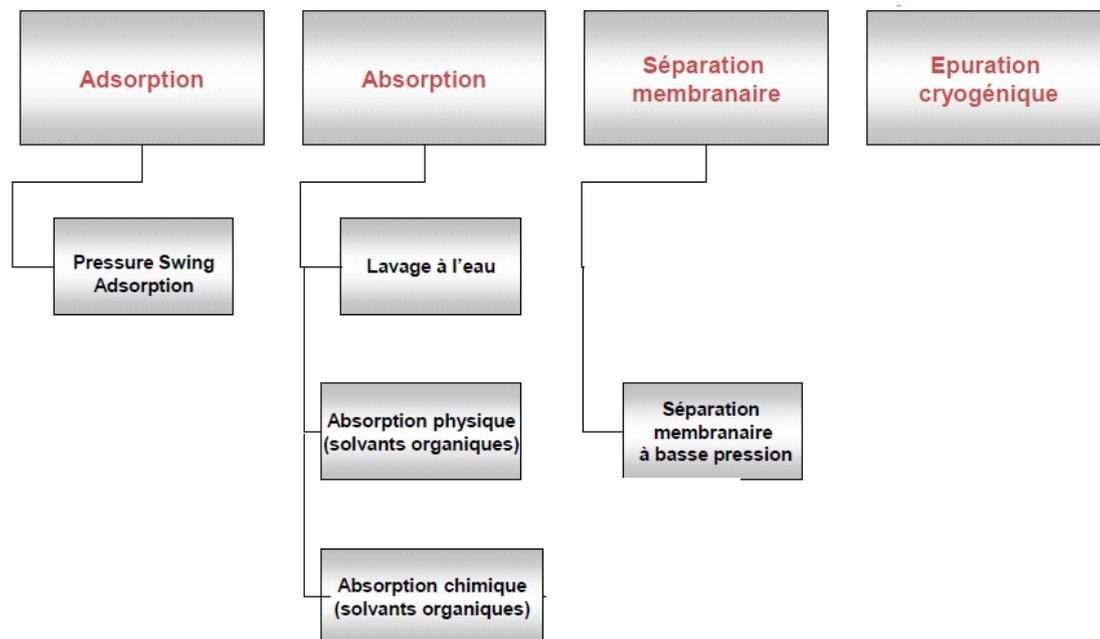
Un système d'épuration peut se présenter sous deux formes, selon la nature du biogaz et des éléments à éliminer ou à réduire

- une technologie globale de traitement (épuration et enrichissement)
- et/ou
- un système composé de différentes étapes de traitement (épuration puis enrichissement):
 - ✓ Épuration des composés minoritaires suivants:
 - Eau – vapeur d'eau :
 - Condensation
 - Adsorption

- Perméation
- Oxygène :
 - Perméation
 - Déoxydation catalytique
- Composés soufrés:
 - Traitement en amont dans le digesteur (oxydation biologique, désulfuration physico-chimique...)
 - Traitement en aval après digesteur : Charbon actif, lavages biologique, lavages à la soude, perméation...
- Composés organique volatils (COV) et COVSi (dont siloxanes):
 - Charbon actif
 - Combinaison refroidissement/charbon actif,...
- ✓ Enrichissement en méthane (séparation du CO₂):
 - Perméation (membrane),
 - Adsorption (PSA : Pressure Swing Adsorption),
 - Absorption
 - physique (lavage à l'eau)
 - physico-chimique (lavage aux solvants, aux amines...)
 - Cryogénie (cristallisation ou liquéfaction du CO₂)

2. Technologies d'épuration, par familles de procédés

Les technologies existantes d'épuration peuvent être regroupées selon les familles de procédés suivantes :



Source : Biogasmax, 2010

2.1. Pressure Swing Adsorption ou PSA (adsorption par variation de pression)

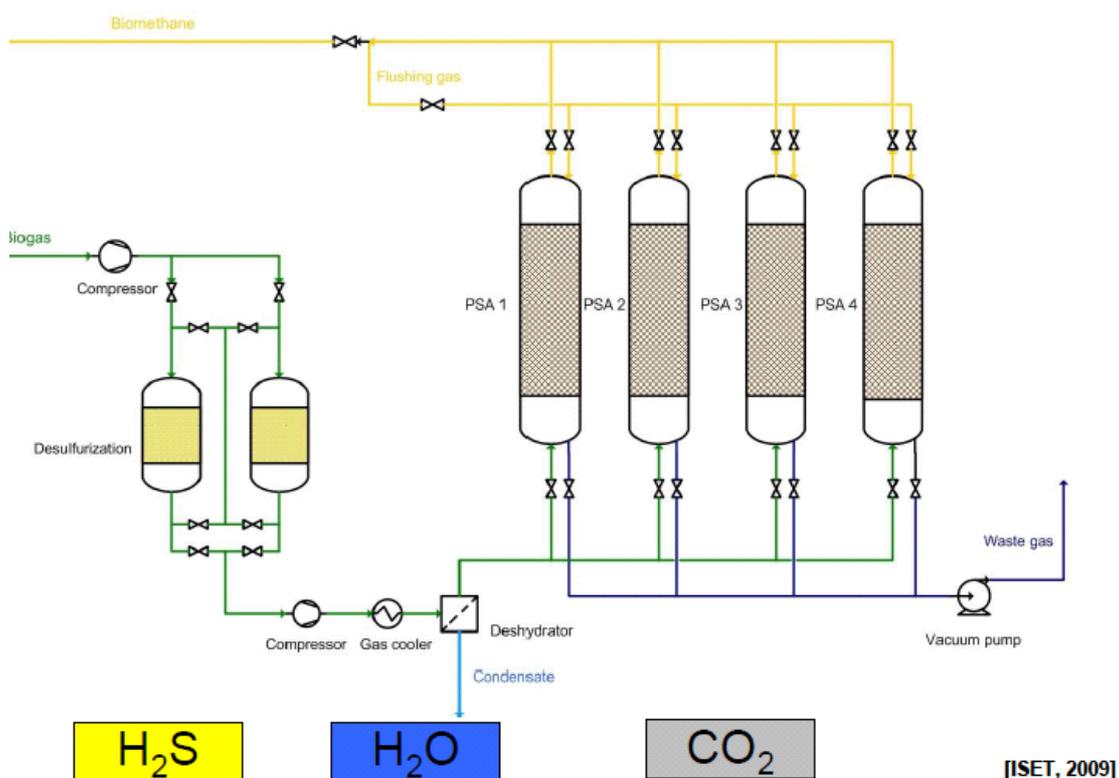
Le PSA épure le biogaz par adsorption : les molécules de gaz se fixent sur des supports (l'adsorbant étant des filtres moléculaires ou zéolithes), les molécules qui se fixent sont différentes selon la pression utilisée et la pression de traitement varie généralement entre 4 et 7 bars: Ceci permet de séparer le CO₂ mais aussi l'eau, l'H₂S et l'oxygène.

Avant entrée dans les colonnes, un prétraitement est requis :

- Le gaz est séché (car le procédé nécessite un gaz sec) et désulfuré dans un filtre à charbon actif (le soufre peut altérer les filtres).
- Ensuite, un cycle de pression/dépression permet l'épuration.

Les unités se composent de 4 colonnes ou de 6 colonnes. Une partie du méthane résiduel est renvoyé à l'aspiration du compresseur, et le reste est envoyé dans l'évent riche en CO₂.

Schéma simplifié du Pressure Swing Adsorption (PSA)



2.2. Le lavage à l'eau

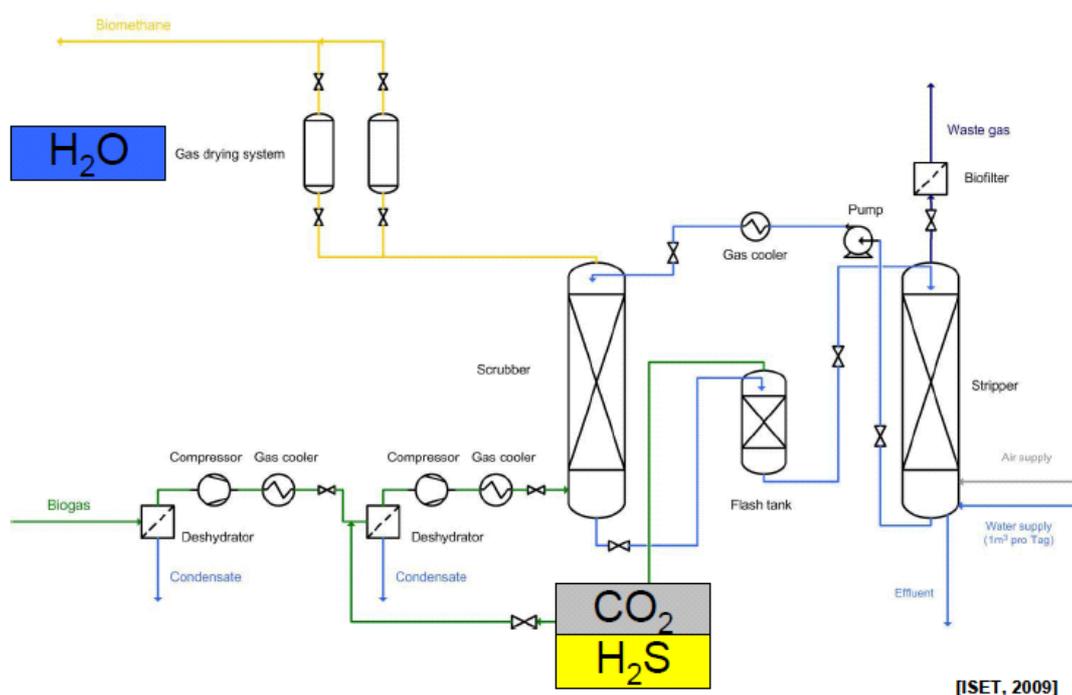
Le système de lavage à l'eau comprend :

- une tour de lavage où le biogaz est amené à une pression d'environ 9 bars et à une température de 7°C et entre en contact, à contre-courant, avec l'eau. L'absorption du CO₂ et des autres gaz solubles tels que le H₂S est assurée par l'eau,
- une tour de dégazage (*flash tank*, pression à 4 bars) permet de récupérer une partie du méthane dissous et de le remettre dans le circuit de traitement,
- puis une tour de *stripping* (à pression atmosphérique) régénère l'eau de process et permet la désorption du CO₂, de l'H₂S et du CH₄ résiduel avant son évacuation à l'atmosphère.

Le système comprend également un séchage du gaz.

Si la teneur en éléments soufrés dans le biogaz est élevée, une étape de désulfuration en amont s'avère nécessaire (pour les boues de STEP par exemple).

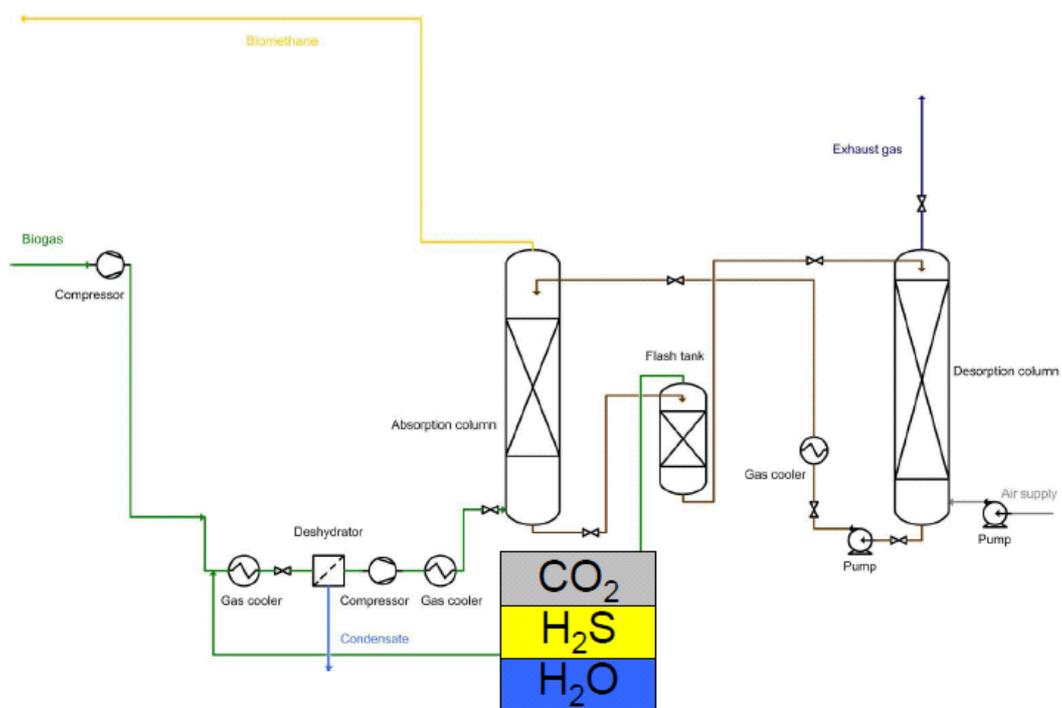
Schéma simplifié du lavage à l'eau



2.3. Absorption physique (aux glycols)

L'épuration aux glycols est similaire au procédé du lavage à l'eau, le solvant étant dans ce cas un fluide organique (polyéthylène glycol, principalement le Selexol et le Genosorb). La solubilité du CO₂ dans le glycol étant plus élevée que dans l'eau, la hauteur des tours est également moindre. La pression est amenée à 8 bars. De la chaleur est également nécessaire pour la régénération du fluide, mais de manière moins élevée (env. 50°C) que pour le lavage aux amines.

Schéma simplifié de l'absorption physique (lavage aux glycols) :



[ISET, 2009]

2.4. Absorption chimique (lavage aux amines)

L'absorption chimique est un procédé sensiblement similaire au lavage à l'eau, la différence résidant dans l'usage du solvant à la place de l'eau et dans le mécanisme d'absorption/désorption:

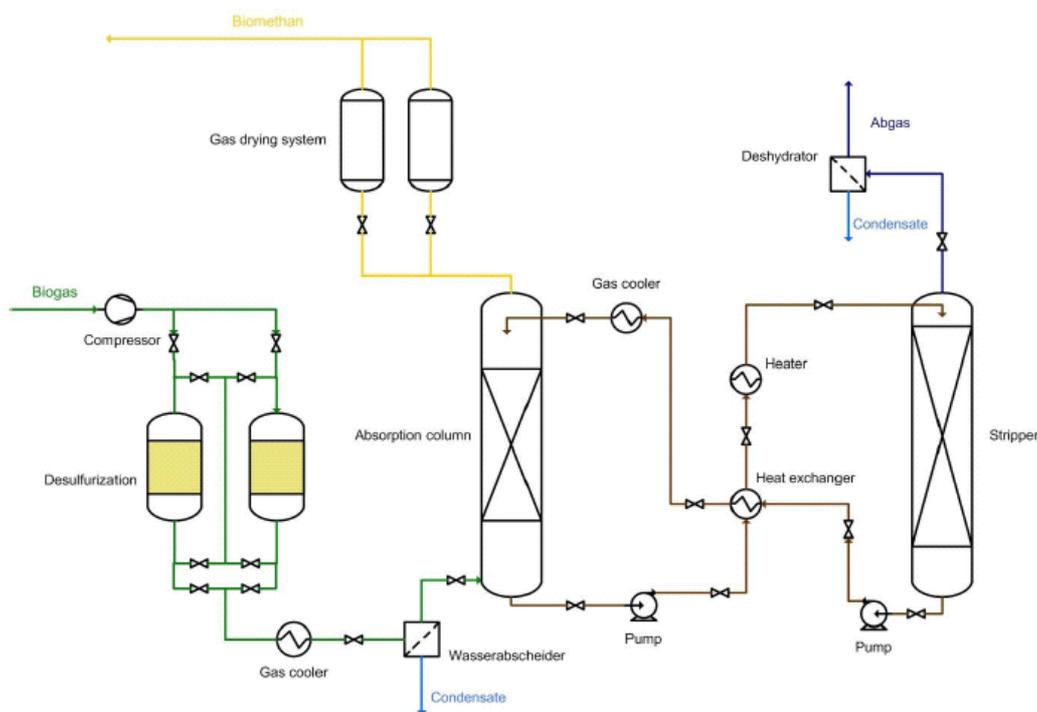
- alors que le CO_2 s'absorbe dans l'eau, le CO_2 ici réagit avec l'amine, la solubilité du CO_2 dans l'amine étant 9 fois plus élevée que dans l'eau,
- les deux amines communément utilisées sont le monoethanolamine (MEA) ou le dimethylethanolamine (DMEA).

Dans la tour d'absorption, le biogaz entre par le bas, l'amine entre par le haut.

Ensuite, le fluide (amine) doit être régénéré pour être réutilisé :

- il est alors nécessaire de « cracker » les molécules pour créer une réaction chimique inverse, ce qui permet aussi au CO_2 d'être relargué dans l'atmosphère.
- ce processus de régénération du fluide nécessite une source de chaleur importante (300°C), chaleur qui peut aussi être réutilisée ensuite pour chauffer le digesteur.
- la source de chaleur peut venir d'une source proche résiduelle (énergie fatale) ou d'un réseau de chaleur.

Absorption chimique (lavage aux amines) : schéma simplifié



2.5. Séparation par membrane

La séparation par membrane fonctionne comme un simple filtre.

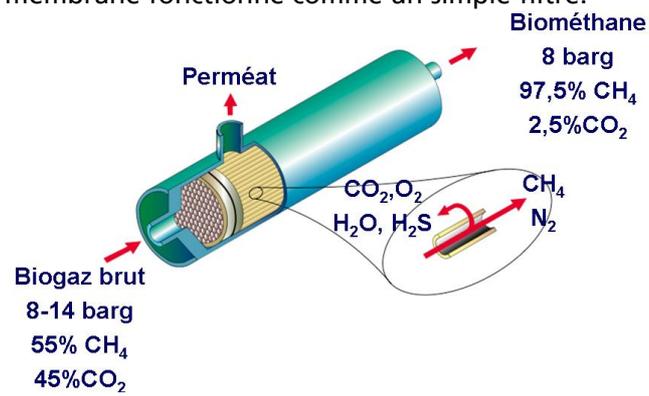


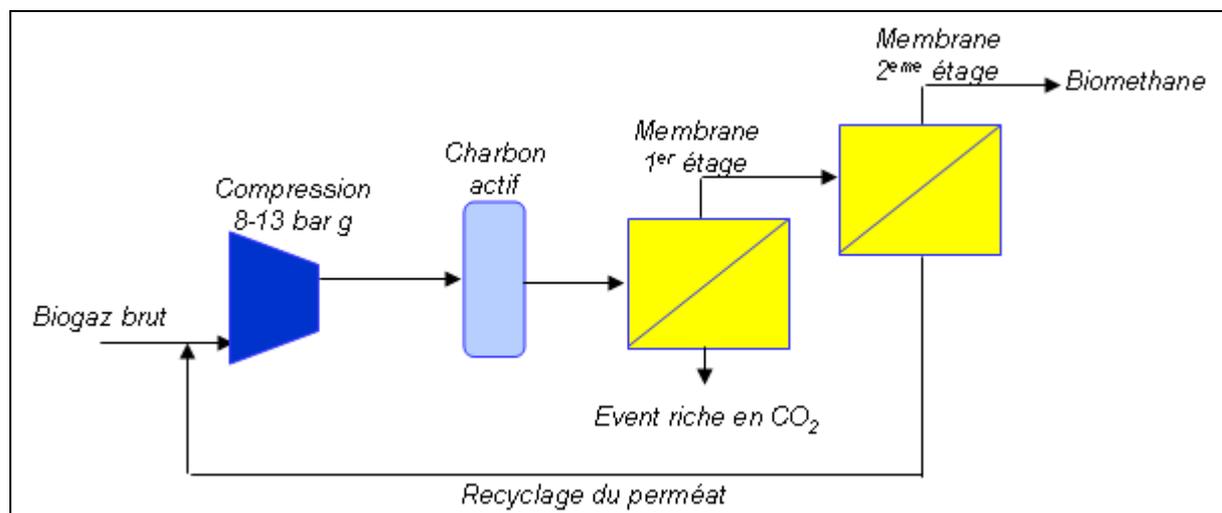
Figure 1 : Détail d'une membrane

Principe : La séparation du CO₂ du biogaz est due à la différence de perméabilité des membranes vis-à-vis des composés du biogaz: Le dioxyde de carbone traverse plus vite la membrane que le méthane, ce qui permet de concentrer le méthane d'un côté du module.

Fonctionnement : le biogaz est comprimé entre 8 et 13 barg. Un traitement permet de retirer les composés halogénés du biogaz. Le biogaz traverse ensuite un filtre à particules puis alimente les membranes. Un procédé membrane est très souvent constitué de deux étages pour permettre un bon rendement. Un post-traitement est possible pour valoriser le méthane résiduel car celui-ci n'est pas dilué. Le biométhane est produit à une pression supérieure à 7barg.

Technologie : Les membranes, en forme de fibre, sont en polymère (acétate de cellulose, aussi nommée zylonite / polyamide) capable de séparer les petites molécules polaires telles que le CO₂, l'H₂S, l'O₂, l'H₂, l'H₂O...

Schéma simplifiés de la séparation membranaire



Source : AIR LIQUIDE

2.6. Epuration cryogénique (distillation à froid)

La cryogénie est actuellement en expérimentation en Suède.

Elle met à profit les différents points d'ébullition des composés gazeux du biogaz :

- le CO₂ a son point d'ébullition à - 78°C à pression atmosphérique ;
- celui du méthane se situe à - 160°C à pression atmosphérique.

On porte le biogaz à - 165°C, ce qui permet d'extraire le méthane durant sa phase liquide. Deux produits apparaissent : l'un composé de méthane, l'autre de CO₂.

L'eau et le H₂S doivent être préalablement traités pour notamment éviter les problèmes de gel.

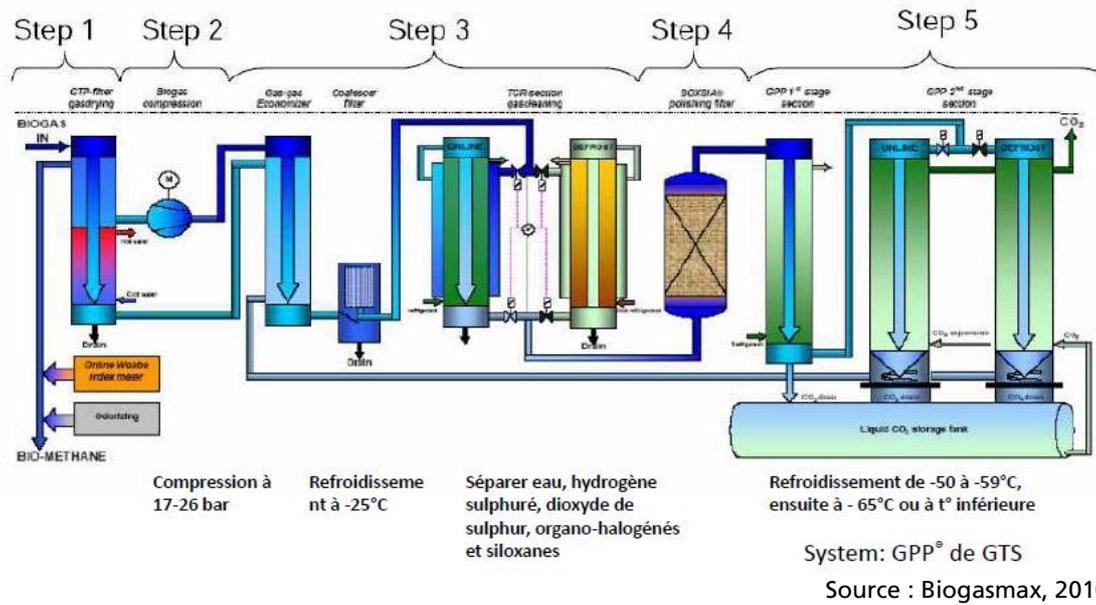
Si l'azote doit être également retiré, le biogaz peut être refroidi d'autant, le point d'ébullition du N₂ étant - 195°C

Cette technique est particulièrement adaptée aux gaz de décharge car elle traite efficacement les siloxanes et l'azote.

Etape 1: Séchage du gaz.
Etape 2: Compression.

Etape 3: Traitement des siloxanes.
Etape 4: Désulfuration.

Etape 5: Retait du CO₂.



3. Comparaison des méthodes d'épuration

Vous trouverez ci-dessous un tableau des différentes techniques d'épuration.

	PSA	Lavage à l'eau	Lavage au glycols	Lavages aux amines	Séparation membranaire	Cryogénie
Prétraitement nécessaire	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Oui
Pression (bar)	4-7	4-7	4-7	NA	8-13	17-26
Utilités requises	Electricité	Eau + électricité	Eau + glycol + électricité + chaleur	Eau + amine + électricité + chaleur	Electricité	Electricité + NC

Les études ci-dessous peuvent compléter le tableau :

- 2008 - *Biogas upgrading technologies – developments and innovations* (Anneli Petersson et Arthur Wellinger), disponible sur le site : <http://www.iea-biogas.net/content/publications/publications.php>
- 2008 - *Feasibility Study – Biogas upgrading and grid injection in the Fraser Valley, British Columbia* (BC Innovation council)