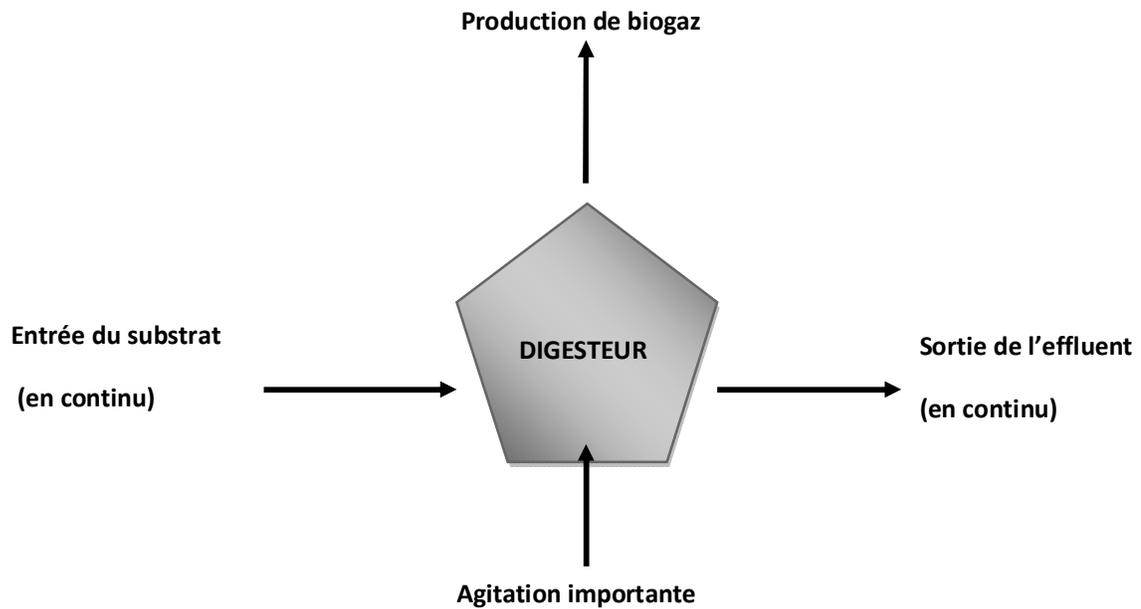


delà de cette limite, les déchets ne sont plus pompables. Ce type système correspond parfaitement aux lisiers de porcs.

D'autre part, ce système ne permet pas le maintien de la biomasse active car la grande majorité de celle-ci est évacuée à chaque élimination du résidu. Cette limitation de l'activité bactérienne a une influence sur le rendement de production de biogaz. Elle est généralement constante mais jamais optimale. Une amélioration à ce système peut être apportée en pratiquant une agitation partielle (système continu partiellement mélangé).



Chapitre II

Le biogaz

II Généralités sur Le biogaz :

II.1 définition :

Le biogaz issu de la dégradation anaérobie de matières organiques (les eaux usées, les ordures ménagères, etc.) est un gaz combustible, constitué essentiellement de deux composés en proportion variable selon le substrat traité ;

- Le méthane (CH_4) ;
- Le gaz carbonique (CO_2).

Ainsi que quelques traces d'hydrogène, d'hydrogène sulfuré, d'ammoniac, d'azote, d'oxyde de carbone, de différents hydrocarbures et d'eau.

A titre d'exemple : pour produire du biogaz à partir de déchets végétaux, nous enfermons des déchets végétaux dans un flacon en verre, après quelques semaines nous voyons des bulles se dégager ; c'est du biogaz (ou méthane).

II.2 la composition du biogaz :

La composition du biogaz et particulièrement la proportion en méthane et en dioxyde de carbone, dépend de la qualité du substrat traité.

| Composant | Décharge d'ordures ménagères (OM à 80%) production naturelle sans aspiration | Décharge d'ordures ménagères (OM à 80%) production forcée avec aspiration | Décharge d'ordures ménagères et de déchets industriels (50%-50%) production forcée avec aspiration | Ordures ménagères triées en digesteurs | Boues de stations d'épuration | Lisier de bovins ou d'ovins en fermenteurs | Distillerie |
|---|--|---|--|--|-------------------------------|--|-------------|
| CH₄ en % | 50-58 | 30-55 | 25-54- | 50-60 | 60-75- | 60-75- | 68 |
| CO₂ en % | 25-34 | 22-33 | 14-29 | 38-34 | 33-19 | 33-19 | 26 |
| N₂ en % | 18-2 | 26-6 | 49-17 | 5-0 | 1-0 | 1-0 | - |
| O₂ en % | 1-0 | 8-2 | 8-5 | 1-0 | < 0.5 | < 0.5 | - |
| H₂O en % | 4 (à30°C) | 4 (à30°C) | 4 (à30°C) | 6 (à30°C) | 6 (à30°C) | 6 (à30°C) | 8 (à30°C) |
| Total en % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| H₂S mg/m ³ | 20-50 | 5-20 | 100-900 | 100-900 | 1000-4000 | 2000-10000 | 400 |
| NH₃ mg/m ³ | - | - | - | - | - | 50-100 | - |
| Aromatique mg/m ³ | 2 | 1 | 0-200 | 0-200 | - | - | - |
| Organochlorés ou organofluorés mg/m ³ | 0-200 | 0-100 | 100-800 | 100-800 | - | - | - |

Tableau II.1 : composition du biogaz selon origines [11].

II.3 les caractéristiques du biogaz :

| Caractéristiques | Méthane (100% CH ₄) | Biogaz (70%) |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------|
| PCI (kWh) | 9.94 | 6.96 |
| Densité/air | 0.55 | 0.85 |
| Vitesse de déflagration (m/s) | 0.38 | 0.21 |
| Limites d'inflammation (%) | 5 à 15 | 6 à 18 |
| Potentiel de combustion | 54.55 | 24.71 |

Tableau II.2 : les caractéristiques du biogaz et du méthane déterminées à 0°C et 1 atm [2].

Il est évident que le pouvoir calorifique du biogaz est également proportionnel à sa teneur en méthane comme l'indique le tableau suivant ;

| Proportion en CH ₄ (%) | PCS (KWh / m ³) | PCI (kWh / m ³) |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 50 | 4.8 | 4.3 |
| 60 | 5.7 | 5.1 |
| 70 | 6.7 | 6.0 |
| 80 | 7.6 | 6.9 |
| 90 | 8.6 | 7.8 |
| 100 | 9.5 | 8.6 |

Tableau II.3 : pouvoir calorifique du biogaz en fonction de la proportion de méthane [2].

A titre indicatif, le pouvoir calorifique de 1 m³ de biogaz (contenant 70% de méthane et 30% de gaz carbonique), peut être comparé à celui d'autres combustibles ou d'autres sources énergétiques [10].

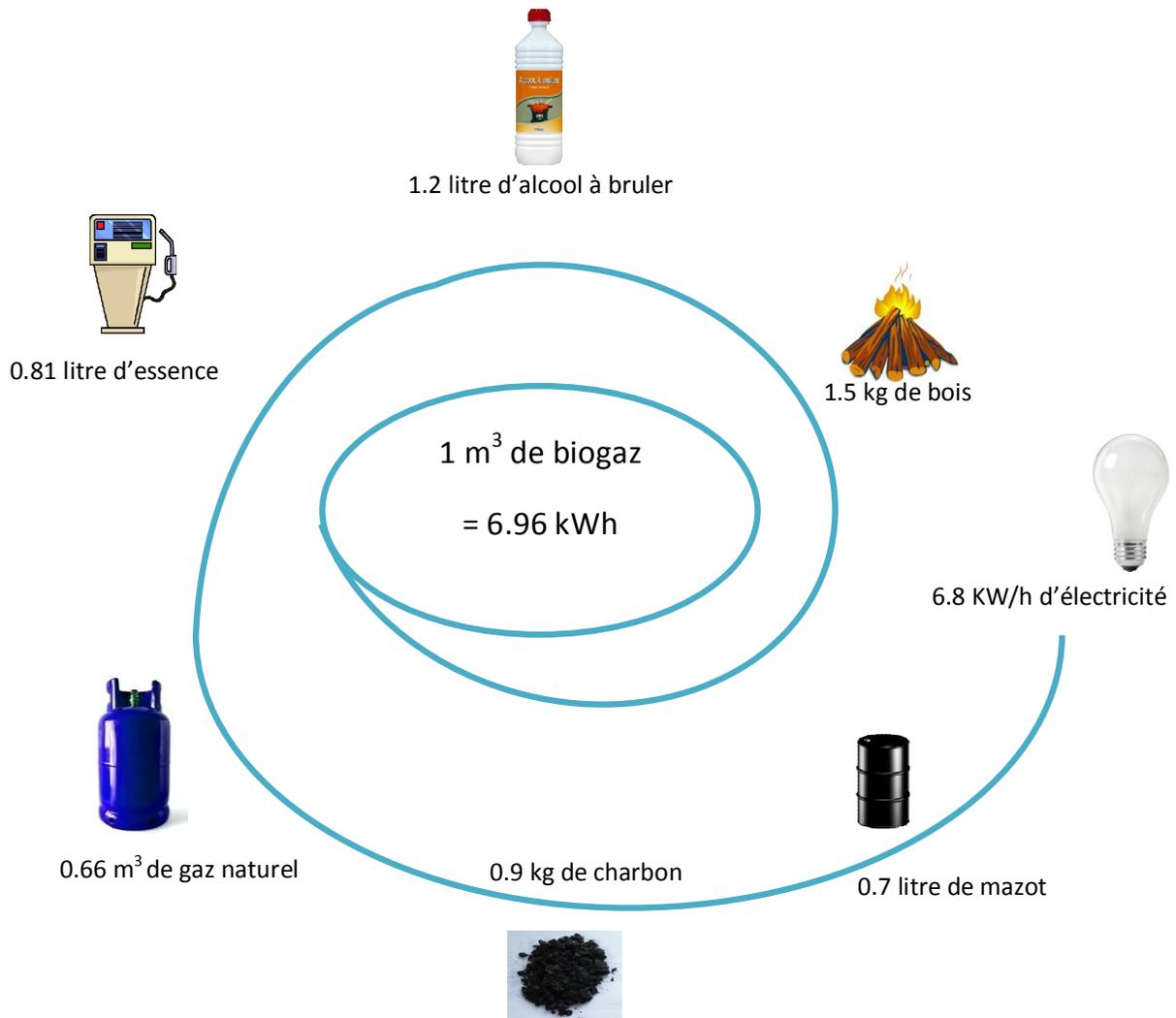


Figure II.1 : équivalent énergétique d'un mètre cube de biogaz (contenant 70% de méthane et 30 % de gaz carbonique) [10].

II.4 Le stockage du biogaz [10] :

A l'échelle de la ferme, le biogaz peut être stocké dans des gazomètres à basse pression, soit à l'eau (type cloche), soit sec (type ballon gonflable).

A l'échelle industrielle, le méthane peut être liquéfié et transporté en l'état (méthanier) ou mis en réserve dans des poches souterraines, tout comme le gaz naturel.

II.5 La valorisation du biogaz :

Le biogaz, est une énergie renouvelable riche en méthane. De ce fait, elle peut se valoriser, soit dans des utilisations domestiques, soit dans des utilisations industrielles.

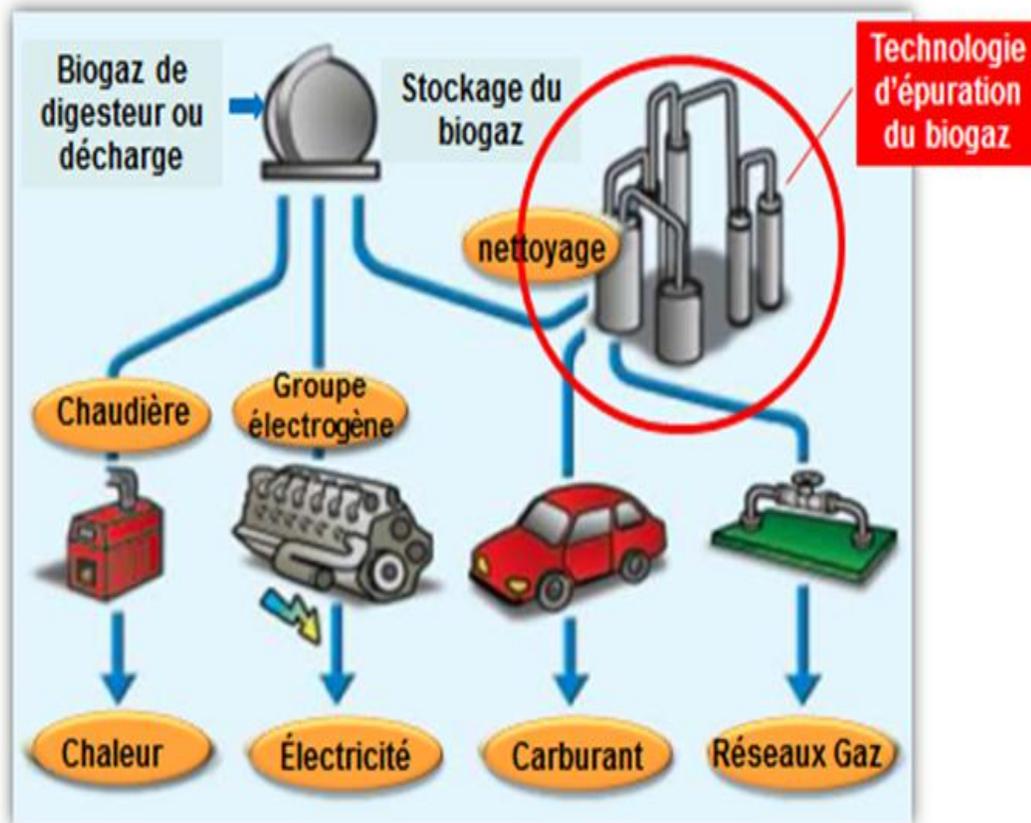


Figure II.2 : les différentes voies de valorisation du biogaz.

- **Les utilisations domestiques :**

Les premières utilisations domestiques du biogaz, sont des utilisations plus classiques ; Le biogaz est brûlé pour tirer de la chaleur qui sera ensuite utilisé, pour la cuisson, le chauffage, et l'éclairage. L'éclairage peut être obtenu en utilisant un manchon à gaz ou par production d'électricité [8].

- **Les utilisations industrielles :**

Le biogaz peut être valorisé industriellement par plusieurs voies ;

- Le biogaz peut être valorisé industriellement soit, dans les moteurs à poste fixe ou mobile, soit, dans les turbines à gaz, pour assurer la production d'énergie motrice, le pompage de l'eau, l'alimentation de machines (batteuse, moulins), ou la production d'électricité [8] ; [12].
- La transformation par voie chimique en méthanol ou d'autres hydrocarbures comme le propane ou le butane.
- Le séchage, le chauffage d'eau, et la production totale, mélangé ou non avec le gaz naturel fossile, pour une utilisation ultérieure.

- Un carburant pour les véhicules. Il faut souligner le fait qu'un car roulant avec du biogaz a les mêmes performances qu'un autre roulant avec du diesel [2].

| Pays | Véhicule |
|------------------|----------|
| Russie | 315 000 |
| Italie | 245 000 |
| Argentine | 75 000 |
| Nouvelle-Zélande | 49 000 |
| Etats unis | 30 000 |
| Canada | 25 000 |
| Chine | 4 000 |
| France | - |
| Autres | 1 500 |
| Total | 745 000 |

Tableau II.4 : flotte de véhicules équipés au méthane dans le monde en 2002 [2].

II.6 L'épuration du biogaz :

A la sortie du digesteur, le biogaz renferme, outre le méthane, des quantités appréciables de gaz carbonique et d'hydrogène, des traces d'azote, d'oxyde de carbone, sulfure d'hydrogène, d'ammoniac ainsi que hydrocarbures et de l'eau.

L'épuration du biogaz permet de [13] :

- Améliorer le calorifique ;
- Diminuer le volume stockage.
- Supprimer l'effet corrosif dû à la présence de H_2S , CO_2 et H_2O ;
- Supprimer les mauvaises odeurs dus à la présence de H_2S (ôuf pourri).

L'épuration consiste en l'élimination principalement de trois composées [10] :

- Le gaz carbonique ;

- Le sulfure d'hydrogène;
- L'eau.

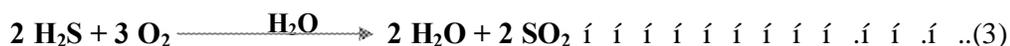
Il y a plusieurs façons de purifier le biogaz. Parmi les procédés de traitement du biogaz, la plus poussée est celle qui consiste à épurer de façon à atteindre les normes du gaz naturel. L'épuration du biogaz pour atteindre les normes du gaz Natural peut s'effectuer de différentes manières : absorption dans une liquide ; adsorption sur un solide, etc.

II.6.1 L'épuration de sulfure d'hydrogène :

Le sulfure d'hydrogène est un gaz incolore très toxique même à petites concentrations, il a une odeur caractéristique « d'œuf pourri » [8].

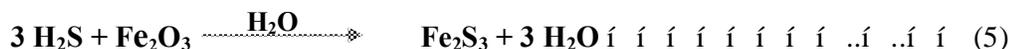
Le sulfure d'hydrogène provient, dans les installations de biogaz, de la transformation des protéines contenant du soufre, issues elles même des plantes ou des déchets alimentaires. Le soufre minérale, particulièrement les sulfates, peut même être aussi converti biochimiquement en sulfure d'hydrogène dans le réacteur de fermentation. Les déchets riches en protéines (par exemple les mélasses, etc.) peuvent produire de grandes quantités de sulfure d'hydrogène (plus 3% en volume). Les sulfates minéraux (provenant d'eaux de rinçage ou de dilution) produisent également des quantités non négligeables de H₂S [8].

La présence de H₂S dans le biogaz le rend corrosif pour les métaux. La combustion de l'hydrogène sulfure produit de l'acide sulfurique, composé très corrosif pour les appareils de chauffage, les cuisinières, les moteurs, etc.[10].



L'épuration de sulfure d'hydrogène peut se faire par un passage sur de la limaille de fer, cette technique est simple à mettre en œuvre : il s'agit de faire circuler le gaz à travers une masse épurante d'oxyde de fer. La régénération du produit est possible mais délicate à réaliser.

Epuration :



Regeneration: