

Biogaz : un avenir pour les déchets ménagers ?

Carole Leroux est chargée de projet scientifique à la direction de l'Évaluation des risques de l'Unité d'évaluation des risques liés à l'air de l'Agence nationale de sécurité sanitaire en charge de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES, voir le Chapitre de V. Pernelet-Joly, Encart : « L'ANSES »).

Les exigences actuelles en matière d'énergies renouvelables et moins polluantes ont contribué à renforcer l'intérêt de la valorisation énergétique du biogaz, obtenu par dégradation de matières organiques issues par exemple des déchets ménagers. La production de biogaz permet de stabiliser ces déchets et de produire de l'énergie sous diverses formes, selon le contexte local : chaleur, électricité, et peut même, après épuration, être utilisé sous forme de carburant pour alimenter des véhicules.

Depuis quelques années, une nouvelle voie de valorisation pour les logements est envisagée, il s'agit de l'injection de biogaz dans le réseau de

gaz naturel, afin d'alimenter les gazinières et chaudières domestiques. Néanmoins, l'évaluation des risques sanitaires du biogaz est un élément essentiel des perspectives de son utilisation comme gaz de ville. En effet, un décret de 2004¹ précise que le ministre en charge de l'environnement peut demander la réalisation d'« *une expertise destinée à établir que cette injection ne présente pas de risque pour la santé publique, la protection de l'environnement et la sécurité des installations* ».

1. Décret n° 2004-555 du 15 juin 2004 relatif aux prescriptions techniques applicables aux canalisations et raccordements des installations de transports, de distribution.

1 Présentation du biogaz

1.1. Qu'est-ce que le biogaz ?

Le biogaz est un gaz combustible issu de la dégradation de matières organiques, animales ou végétales, en l'absence d'oxygène. Il s'agit d'un processus de fermentation réalisé par des bactéries dites méthanogènes, ce processus est également appelé méthanisation : en effet, le biogaz produit est composé majoritairement de méthane (CH_4) et de dioxyde de carbone (CO_2). On trouve également des composés intermédiaires comme l'eau, l'hydrogène sulfuré, ainsi qu'un grand nombre de composés minoritaires : hydrocarbures, aldéhydes, alcools, cétones, siloxanes, etc.

La variabilité de la composition du biogaz est liée aux procédés utilisés pour sa production et son épuration, mais également, à l'origine de la matière organique et à la nature des déchets. Ces derniers sont directement dépendants des saisons, de

l'évolution de la réglementation et des modes de vie, qu'il s'agisse des habitudes de tri ou de consommation.

Une première étude réalisée en 2008 par l'Anses² a mis en évidence plus de 250 composés susceptibles d'entrer dans la composition des différents types de biogaz. Généralement, ces composés représentent moins de 5 % de la composition totale du biogaz.

1.2. Dans quelles conditions est produit le biogaz ?

Dès lors que toutes les conditions de matières organiques, d'absence d'oxygène et de bactéries méthanogènes sont réunies, on peut assister à la production spontanée de biogaz par dégradation naturelle de la fraction de matière organique. C'est ce qui se produit par exemple dans les marais et les rizières. Le biogaz est également produit spontanément dans les installations de stockage de déchets. Le captage du biogaz sur ces installations est obligatoire afin d'éviter d'une part de générer des nuisances locales, et d'autre part, d'émettre dans l'atmosphère un puissant gaz à effet de serre. Il arrive encore que ce biogaz soit brûlé en torchère sur le site de l'installation (**Figure 1**). Une étude réalisée en 2010 par l'Agence

Figure 1

Un torchère. Dans cette haute tour métallique sont brûlés des déchets de gaz.



2. Depuis le 1^{er} juillet 2010, l'Afsset (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail) a fusionné avec l'Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) pour devenir l'Anses (Agence française nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail).

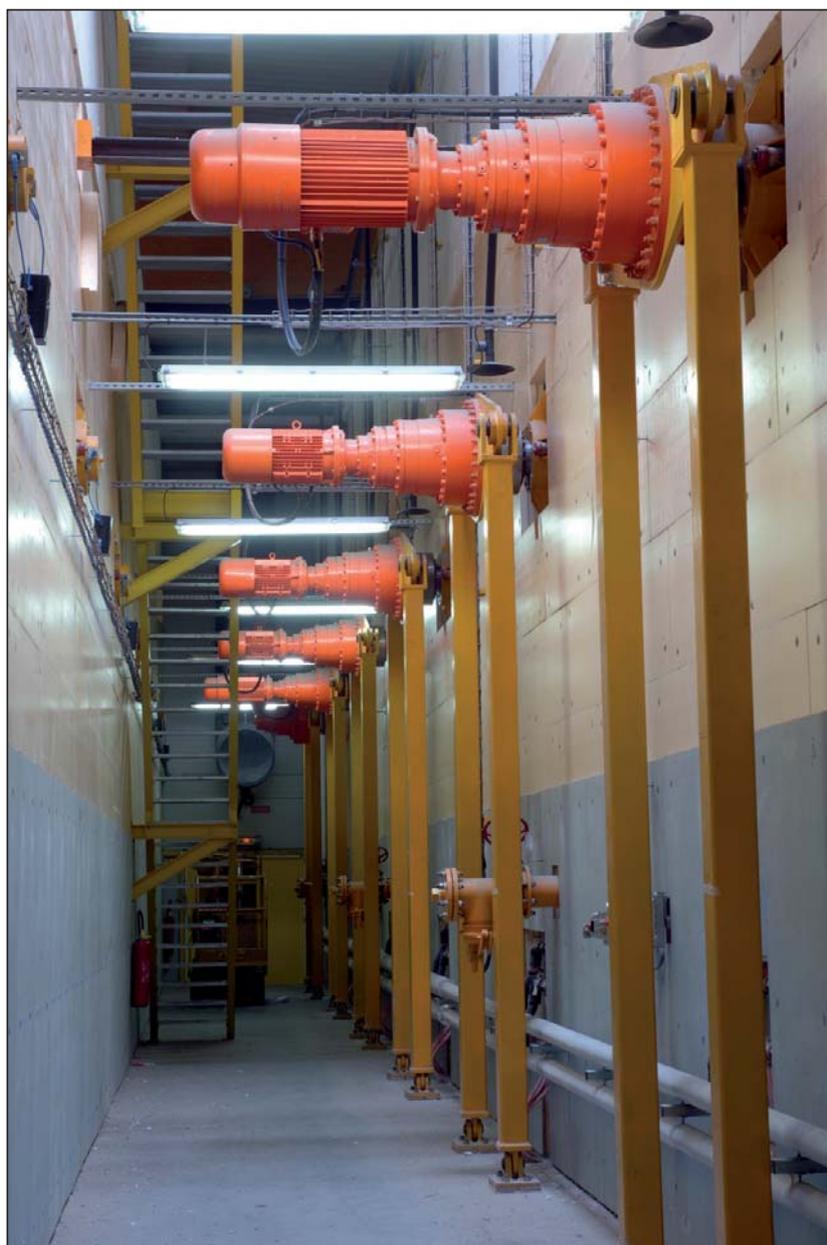
de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) a montré que 75 % de la production de biogaz provient des installations de stockage de déchets. Or seulement 25 % de ces installations valorisent leur biogaz ; il reste donc une grande marge de valorisation pour les années à venir.

Il est également possible de réaliser une production contrôlée de biogaz dans des méthaniseurs (**Figure 2**). Il s'agit des bioréacteurs dans lesquels sont réunies les conditions physico-chimiques idéales afin de convertir un maximum de la matière organique en biogaz.

1.3. Quelles sont les sources de matières organiques ?

Toute la matière organique est susceptible d'être décomposée et donc de produire du biogaz. Différents types de déchets contiennent de la matière organique, notamment les déchets ou sous-produits agricoles, dont on peut citer le lisier³, le fumier (**Figure 3**), les résidus de récoltes, etc., ou encore les cultures énergétiques dédiées. On trouve aussi des déchets de l'industrie agroalimentaire tels que des déchets d'abattoirs ou des produits périmés des grandes surfaces, ainsi que des déchets industriels, notamment de papeterie, ou encore des

3. Le lisier est un mélange de déjections d'animaux d'élevage et d'eau. Il est produit principalement par les élevages de porcs, de bovins et de volailles qui n'emploient pas, ou peu, de litière (paille) pour l'évacuation des déchets (dans le cas contraire, ils produisent du fumier).



boues de stations d'épuration, des déchets ménagers issus de nos ordures ménagères, qui sont autant de sources de matière organique.

La production de biogaz est directement influencée par la nature même de la matière organique. En effet, le pouvoir méthanogène est variable en fonction du type de matière organique, c'est-à-dire que toutes n'ont pas la même capacité à générer du méthane. Par exemple, les déchets de cuisine sont susceptibles de

Figure 2

Un méthaniseur. Dans ce bioréacteur, toutes les conditions sont réunies pour produire du biogaz.



Figure 3

Lisier, fumier, résidus de récoltes ou déchets d'abattoirs sont autant de matières organiques, sources potentielles de biogaz.



produire plus de méthane que le carton.

En revanche, les constituants du bois tels que la lignine ont un pouvoir méthanogène très faible car ce sont des composés très stables.

2 Les biodéchets ménagers comme source de biogaz

2.1. Les déchets ménagers

Intéressons-nous en particulier aux déchets ménagers, notamment aux biodéchets, c'est-à-dire les déchets triés par les ménages en amont de la collecte (Figure 4). Souvent, la collecte s'effectue au porte-à-porte et les déchets sont triés à la source par les ménages. En fonction des communes, les biodéchets collectés sont constitués des

restes de repas, des déchets de jardin et éventuellement des papiers et cartons. En complément de ces collectes, il est possible de capter la part fermentescible des ordures ménagères résiduelles par un procédé de tri mécanique. De même, l'apport en biodéchets peut être complété par la collecte des déchets organiques de cantines.

Ainsi, en plus de fournir de l'énergie renouvelable, la production de biogaz permet de réduire sensiblement le volume de déchets qui seraient normalement dirigés en centres d'enfouissement ou directement incinérés.

2.2. Comment valoriser le biogaz ?

Le biogaz peut être valorisé de différentes façons. Le choix

Figure 4

Les biodéchets ménagers, une fois triés, peuvent être valorisés pour produire du biogaz.



de la valorisation s'effectue en fonction de différents paramètres, tels que le type d'intrants, la variation de la production, la capacité de production, ainsi que la réglementation en vigueur. Le choix va dépendre également du contexte économique de l'installation et de son implantation. Par exemple, la production d'énergie thermique est généralement adaptée pour une consommation locale.

Quelles sont les différentes manières de valoriser le biogaz ?

Le biogaz permet la **production d'énergie thermique**. Cette chaleur peut être utilisée afin de chauffer les logements et les collectivités. Il s'agit du mode de valorisation dont la mise en œuvre est la plus simple, notamment car elle implique une épuration peu contraignante dont l'objectif est d'éliminer les composés responsables des phénomènes de corrosion (voir le paragraphe 2.3).

Le biogaz est également une **source d'électricité**. La production d'électricité peut être réalisée à partir d'une chaudière associée à une turbine à vapeur, à l'aide d'un moteur à combustion interne ou d'une turbine à combustion. En fonction du procédé utilisé, les conditions d'épuration sont variables, de peu contraignantes à exigeantes. Il peut être nécessaire d'enrichir le biogaz, c'est-à-dire, d'augmenter la part de méthane dans ce biogaz afin d'obtenir un rendement de production énergétique satisfaisant. La production d'énergie électrique peut être associée à un système de récupération de

la chaleur pour la production d'énergie thermique. Il s'agit d'un procédé de co-génération qui offre l'avantage d'atteindre un rendement énergétique global élevé.

La **production du biométhane carburant** à partir de biogaz est également une solution de valorisation du biogaz. Dans le contexte actuel où les énergies fossiles s'épuisent, il peut constituer une ressource prometteuse. Afin d'être utilisé comme carburant, il doit subir un traitement très exigeant en vue de répondre à des prescriptions techniques garantant de l'intégrité des véhicules et de leur bon fonctionnement.

Enfin, un nouveau mode de valorisation est envisagé en France, il s'agit d'**injecter le biogaz dans le réseau de gaz naturel** afin d'alimenter les gazinières et chaudières domestiques. Cette voie de valorisation nécessiterait une épuration très exigeante à la fois pour garantir la qualité du gaz et l'intégrité du réseau de distribution, mais surtout pour respecter la sécurité des opérateurs et la santé des futurs utilisateurs. Dans plusieurs pays d'Europe tels que la Suède, la Suisse et l'Allemagne, l'injection de biogaz dans le réseau est autorisée et encadrée par la réglementation.

2.3. Comment épurer le biogaz ?

Comme le montre le paragraphe précédent, le choix du mode de valorisation va conditionner l'épuration. Dans le cas de valorisations sous forme de chaleur, d'électricité

ou de co-génération, la première étape d'épuration est l'enrichissement du biogaz, qui consiste à en augmenter la proportion de méthane. Une deuxième étape d'épuration est nécessaire pour éliminer certains composés tels que les composés organo-halogénés, les composés à base de silices et les composés soufrés. Cette étape permet de garantir le bon fonctionnement du matériel (moteurs, turbines...) et de limiter l'usure, l'émission de polluants ou la surconsommation. Pour l'utilisation du biogaz sous forme de carburant pour véhicules, une étape d'enrichissement plus poussée peut être nécessaire pour répondre à des critères techniques spécifiques. Ceux-ci peuvent concerner plusieurs composés tels que les métaux. Enfin, pour que l'injection de biogaz dans le réseau soit possible, il faut qu'elle soit encadrée par la réglementation. Celle-ci s'appuie entre autres sur une évaluation des risques sanitaires pour les usagers. Un exemple de système d'épuration est détaillé dans les lignes qui suivent.

3 Injection du biogaz dans le réseau : exemple du Centre de valorisation organique de Lille

3.1. Historique

L'injection de biogaz est autorisée depuis 2003 par une directive européenne qui a été retranscrite en droit français dans un décret de 2004 autorisant l'injection de gaz autres que le gaz naturel dans le ré-

seau, et prévoyant la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires par un organisme agréé : « *dans le cas où est prévue l'injection dans un réseau de gaz autre que du gaz naturel, le ministre de l'énergie peut confier à un organisme agréé une expertise destinée à établir que cette injection ne présente pas de risque pour la santé publique, la protection de l'environnement et la sécurité des installations* ».

C'est dans ce contexte réglementaire que la communauté urbaine de Lille a adressé une demande au ministre en charge de l'énergie afin de pouvoir injecter du biogaz dans le réseau de gaz naturel. Comme le permet le décret de 2004, le ministère a confié à l'Anses la réalisation d'une étude sanitaire sur les différents biogaz. Cette étude s'est achevée en 2008 par un avis favorable à l'injection dans le réseau de biogaz issu d'un certain type de déchets⁴.

3.2. La valorisation du biogaz au Centre de valorisation organique de Lille

Le Centre de valorisation organique de Lille (CVO, **Figure 5**) produit du biogaz destiné à alimenter la flotte de bus de la communauté urbaine. Afin de valoriser le surplus de biogaz généré par la différence entre une production continue et une alimentation discontinue, la communauté urbaine de Lille a souhaité pouvoir injecter ce biogaz dans le réseau de gaz naturel. L'installation est

4. Voir le rapport de l'Afsset sur l'évaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel, 2008.



Figure 5

Le Centre de valorisation organique de Lille transforme divers déchets organiques en biogaz destiné à être injecté dans le réseau de gaz. À leur arrivée, les déchets sont broyés, prétraités puis intégrés dans des méthaniseurs.

située à proximité du réseau de gaz naturel, ce qui rend ce projet techniquement possible.

Au CVO, trois types de déchets organiques servent à produire ce biogaz :

- la fraction fermentescible des déchets ménagers : biodéchets triés à la source et collectés auprès des particuliers ;
- les déchets verts, issus de la déchetterie, dans lesquels les ligneux, compte tenu de leur faible pouvoir méthanogène, sont séparés afin d'être broyés puis ajoutés comme structurant au digestat ;
- les déchets de cantine.

À leur arrivée au CVO, ces déchets organiques sont broyés et prétraités avant

d'être intégrés dans les méthaniseurs (**Figures 5** et **6**), où ils passent environ trois semaines. La méthanisation est réalisée à une température de 57 °C ; il s'agit d'un procédé dit « thermophile » qui permet de réduire le temps de séjour de la matière organique dans le méthaniseur. À l'issue de cette étape, le biogaz produit est constitué d'environ 55 à 65 % de CH₄ et 35 à 45 % de CO₂. Il subit donc une épuration dans le but d'obtenir une teneur en CH₄ de l'ordre de 95 %, et 2 % de CO₂. La technique d'épuration consiste en une absorption par l'eau sous pression des gaz tels que le H₂S dans une colonne de lavage, puis

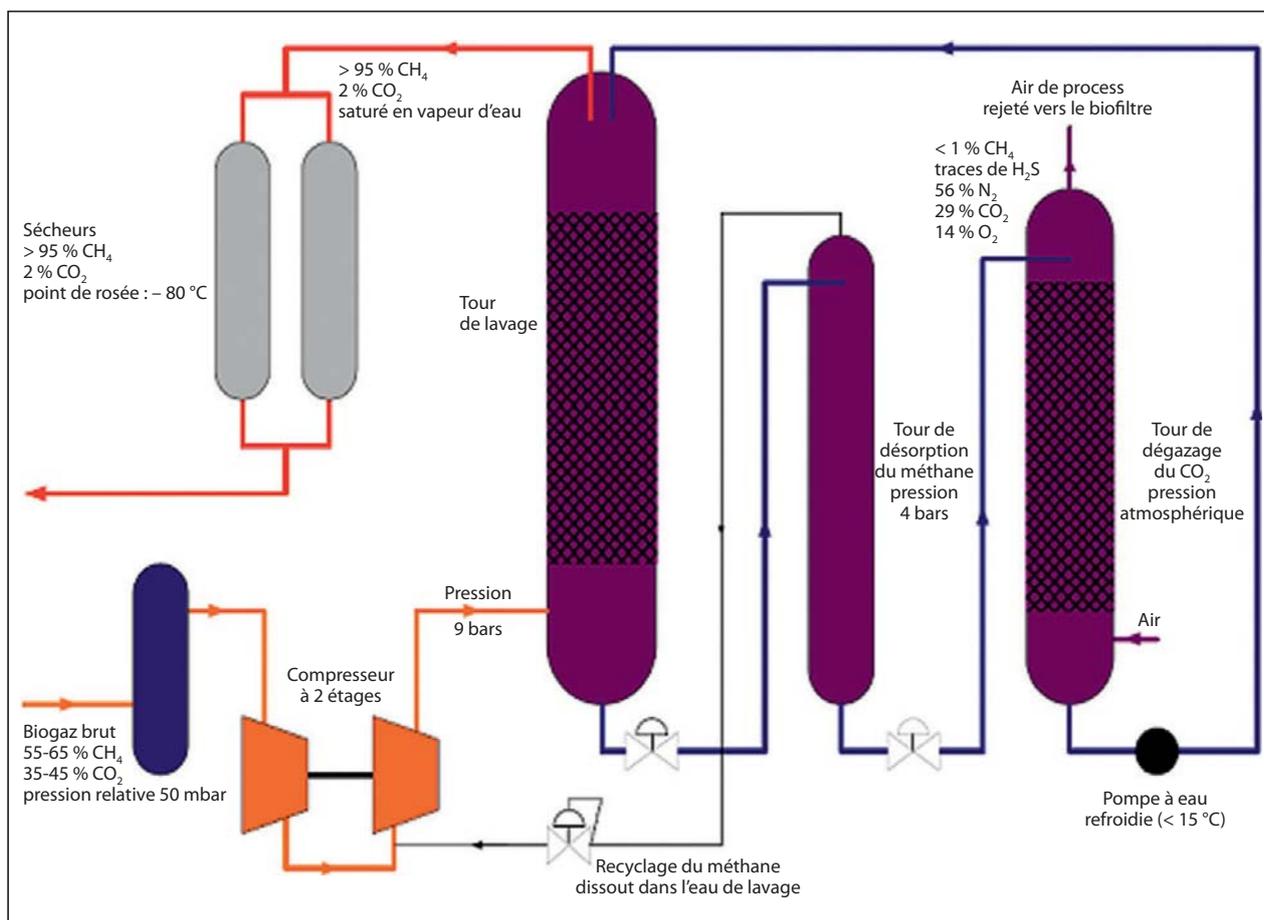


Figure 6

Schéma du procédé d'épuration du biogaz sur le site de Lille (procédé Flotech).

d'une étape de désorption du méthane et de dégazage du dioxyde de carbone dans deux colonnes. En sortie de colonne, le biogaz épuré est séché (Figure 6).

Le biogaz est ensuite stocké afin d'être injecté comme carburant pour les bus. L'injection du biogaz produit par le CVO dans le réseau de gaz naturel est attendue pour courant 2011.

Le début du biogaz, la fin des incinérations d'ordures ?

Le biogaz constitue une importante source d'énergie thermique, électrique et de carburant. Une étude de l'Ademe de 2010 a montré qu'il existe encore une proportion non négligeable de biogaz non valorisé. La valorisation de ces biogaz pourrait constituer une source d'énergies renouvelables intéressantes compte tenu du contexte énergétique actuel.

Les techniques de production et d'épuration du biogaz et la réglementation concernant l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel sont actuellement en pleine évolution⁵.

5. Ce chapitre apporte quelques éléments de compréhension à un instant donné, mais qui devront être complétés par des documents plus spécialisés.

Crédits photographiques

Fig. 1 : CC-BY-SA-3.0, Javier Blas.

Fig. 2 et 5 : Max Lerouge/Lille
Métropole Communauté urbaine.

Fig. 6 : source : Lille Métropole
Communauté urbaine.