

# *La méthanisation dans la problématique énergétique et environnementale*

*René Moletta, Willy Verstraete*

## 1. ■ La méthanisation

La méthanisation (encore appelée « digestion anaérobie ») est la transformation de la matière organique en un biogaz composé principalement de méthane et de gaz carbonique par un consortium microbien fonctionnant en anaérobiose. C'est une transformation naturelle qui se réalise dans tous les milieux où l'on trouve de la matière organique en absence d'oxygène, et où les conditions physico-chimiques sont compatibles avec celles du vivant.

Elle se produit donc dans les marais, les intestins des animaux et des insectes, les rizières, le fond des lacs...

C'est une transformation qui permet d'éliminer la matière organique pour faire un biogaz énergétique, *via* le méthane qu'il contient.

Alessandro Volta (1745-1827) montra en 1776 que le gaz produit dans les marais était combustible. Lavoisier notamment, en 1787, mit en évidence que le gaz inflammable de Volta était du « *gas hidrogenium carbonatrum* ». Ce n'est qu'en 1865 que le terme *méthane* fut proposé.

## 2. ■ Apport de la méthanisation

Le premier digesteur fut construit en 1859 à Bombay dans une léproserie. En 1895 furent développés dans la ville d'Exeter (en Angleterre) des réservoirs anaérobies afin d'utiliser le biogaz comme source d'énergie pour l'éclairage.

Le processus de la méthanisation fut également appliqué au traitement des déchets agricoles et d'élevage, pendant les années 1940, afin de produire de l'énergie à partir du fumier. Ceci était notamment réalisé dans des digesteurs appelés « Ducellier et Isman ».

Dans les années 1970, la première crise pétrolière entraîna une forte augmentation du coût de l'énergie. Cette crise contribua à un large développement des recherches fondamentales et appliquées dans ce domaine.

Dans cette mouvance, ce processus fut de nouveau appliqué à la production de biogaz à partir de résidus agricoles et de déchets, ainsi qu'au traitement de la pollution organique des effluents industriels ou urbains.

## 2.1. Dépollution des eaux usées

Pour le traitement des eaux usées industrielles, l'application de la méthanisation a permis, non seulement de produire de l'énergie (le biogaz), mais aussi d'en économiser, en supprimant celle qui était utilisée pour le transfert d'oxygène des traditionnelles « boues activées ».

Un mètre cube de digesteur (réacteur anaérobie) est capable, pour un même espace temps, « d'éliminer » 10 fois plus de pollution qu'un système aérobie. Ceci est principalement dû aux importantes concentrations microbiennes mises en œuvre, mais aussi au fait que produire un métabolite, le méthane, est moins complexe que produire une biomasse qui doit comporter un grand nombre de molécules différentes. Ceci explique l'impact important de la digestion anaérobie comme outil de dépollution des effluents industriels mais aussi des effluents urbains dans les pays chauds.

## 2.2. Traitement des déchets

Les déchets, qu'ils soient d'origine urbaine, industrielle ou agricole, peuvent être aussi des sources de matière très intéressantes pour cette transformation : soit parce qu'il faut éliminer un produit pouvant créer une pollution, soit parce que c'est sa transformation en énergie qui motive son application et, souvent, les deux aspects concourent à choisir la méthanisation.

Pourtant, si on regarde les pays européens, on voit de grandes disparités dans l'ampleur de ses applications.

Si, pour le traitement des effluents industriels, on trouve globalement un même développement dans ces différents pays, il n'en est pas du tout de même quand il s'agit des digesteurs à la ferme. Pour les agriculteurs, le devenir de leurs déchets est principalement l'épandage dans les champs. Pour qu'ils les transforment en énergie, il faut qu'ils y aient un intérêt économique. On trouve plusieurs milliers de digesteurs à la ferme en Allemagne, alors qu'en France, les premiers commencent seulement à être installés. Ceci s'explique par la différence de politiques énergétiques sur les prix d'achat de « l'énergie verte » pratiqués dans les deux pays.

La France avait conservé un prix de rachat de l'électricité « verte » qui n'était pas favorisé par rapport à la production traditionnelle. Il ne permettait donc pas (contrairement à l'Allemagne) un bilan financier intéressant pour les agriculteurs.

### **3. ■ Environnement et énergie**

Deux éléments ont récemment modifié la perception des questions d'environnement par le grand public. Tout d'abord, l'idée que le climat change, et que le réchauffement climatique est dû à l'activité humaine, est maintenant largement acceptée. Deuxièmement, le fait que les réserves de pétrole ne sont pas infinies et que, dans un avenir proche, elles devront être complétées par des biocarburants, est devenu une évidence.

Dans le contexte du réchauffement de la planète, les processus relatifs à la digestion anaérobie (méthanisation) joueront un rôle majeur. En effet, la digestion anaérobie en milieu naturel produit du méthane qui est souvent dissipé dans l'environnement. La libération de méthane par les marais, les rizières, les décharges, les voies gastro-intestinales des hommes et des animaux, mais aussi les digesteurs qui n'exploitent pas le biogaz, contribuent à la problématique de l'effet de serre. Par conséquent, tous les scientifiques et les technologues traitant de la digestion anaérobie doivent être fortement préoccupés par cet aspect et doivent intégrer le fait qu'il faille réduire au minimum les émissions dans l'atmosphère.

En utilisant la digestion anaérobie pour traiter des effluents (ou pour éliminer des déchets), non seulement on économise de l'énergie fossile mais on produit une énergie renouvelable car faite à partir de la biomasse. Cette approche permet donc de supprimer la quantité correspondante de gaz carbonique (d'origine fossile qui aurait été utilisée) qui aurait été émise dans l'atmosphère.

## **4. ■ Place de la méthanisation dans les politiques énergétiques de demain**

### **4.1. Les différentes filières de biocarburants**

Dans le contexte de carburants renouvelables, à l'heure actuelle, l'attention est principalement axée sur le bioéthanol et le biodiesel.

En effet, toute une série de programmes de recherche est lancée dans le monde entier pour favoriser ces deux productions. La principale caractéristique est que ces combustibles répondent directement à nos besoins pour assurer notre mobilité avec des véhicules à moteur. Pourtant, dans le même temps, ces biocarburants soulèvent une controverse énorme en termes de durabilité. L'analyse de cycle de vie permet de prendre en compte tous les aspects environnementaux de la production de ces biocarburants.

Les valeurs exprimant le nombre de tonnes nettes d'équivalent pétrole (tep) par hectare qui peuvent être générées par les cultures, sont maintenant couramment disponibles.

Le biocarburant sous forme de bois ne nécessite pas de travailler la terre. Cela donne un rendement net élevé, de l'ordre de 3 à 4 tep par hectare et par an.

Le biogaz peut être généré par la fermentation de toutes les parties de la plante. Il peut être utilisé en tant que tel. Cela donne une énergie nette élevée, équivalente à 4 à 5 tep par hectare et par an.

Pourtant, dans le cas du bioéthanol, seules les parties très riches en glucides peuvent être fermentées en éthanol. Ce produit doit en outre être distillé à partir du milieu de fermentation et rectifié avant de pouvoir être utilisé. C'est ce qui explique la faible production nette de tep *via* l'éthanol. Elle est de l'ordre de 0,4 à 1 tep par hectare et par an. Enfin, la productivité des cultures telles que le soja, l'huile de palme et de colza pour produire l'huile végétale est limitée et la mise à niveau vers une haute teneur calorifique est exigeante, de sorte que le rendement net global de ce biocarburant est également faible, c'est-à-dire de l'ordre de 0,5 à 1,0 tep par hectare et par an.

Ces données sont corroborées par les valeurs de l'efficacité énergétique de ces lignes de production de biocarburants. En effet, les rapports de l'énergie nette récoltée sur l'énergie investie pour la production de bois, biogaz, bioéthanol et biodiesel sont respectivement comprises entre 5 et 7 ; 2 et 3 ; 1,0 et 1,3 ; 2 et 3. Par conséquent, il apparaît clairement que l'avenir du concept « d'énergie à partir de la biomasse » doit être clairement repensé vers la voie dite « de la biomasse sèche » dans laquelle le bois est produit et complètement brûlé ou bien gazéifié. L'autre utilisation est la voie dite « humide », dans laquelle la biomasse est fermentée par le processus de digestion anaérobie.

## 4.2. Position de la méthanisation

Il est souvent reproché à ces deux processus – voie « sèche » et voie « humide » – de ne pas donner pas un carburant pouvant être utilisé directement par nos voitures. Toutefois, il existe déjà des technologies fiables et durables pour cela. En effet, on peut produire des « Biomass To Liquid » (BTL) pour les véhicules à partir du bois ou d'autres biomasses sèches, par gazéification de la biomasse végétale couplée à la conversion dite Fisher Tropsch (FT). On peut aussi remarquer, comme en témoignent les expériences réalisées dans les villes de Lille, de Stockholm et d'autres encore, que le biogaz généré peut être épuré, comprimé et utilisé comme carburant pour les véhicules à moteur des flottes captives. Il est intéressant de comparer le nombre de kilomètres que l'on peut générer en transport à partir d'un hectare de terre par an. Les valeurs pour le biodiesel, le bioéthanol, le « BTL » par la conversion FT et le « BTL » par la production de biogaz sont respectivement de l'ordre de 20 000 km, 30 000 km, 60 000 km et 65 000 km. Manifestement, la digestion anaérobie a des caractéristiques intéressantes.

### 4.2.1. Qualité du sol et développement durable

Il existe des arguments supplémentaires pour promouvoir la digestion anaérobie comme un processus important en termes de « développement durable ». Tous les processus précités conduisent à une élimination avancée de la biomasse. Les processus de la récolte totale, suivie par la combustion/gazéification du bois, donnent peu de retour à la terre. La culture de la canne, du blé, de la betterave à sucre, etc., en vue de l'obtention d'un milieu de fermentation adapté pour la production d'éthanol, tend également à diminuer la matière organique du sol. La culture de plantes oléagineuses et l'exploitation qui en est faite sont peu compatibles avec un apport important de matière organique dans les sols. Les données agricoles indiquent que, pour avoir une production agricole viable, le système doit recevoir au moins plusieurs tonnes de matière organique sèche par an pour assurer un sol sain qui maintienne sa structure, sa fécondité et des caractéristiques habituelles.

L'exception à cet égard est de nouveau la chaîne « biomasse-biogaz ». En effet, après digestion de la matière, le processus anaérobie laisse tous les matériaux ligneux intacts. Le digestat reste et se présente comme un humus. Le processus ne supprime ni les éléments nutritifs, ni les minéraux. Les potentiels fertilisants de l'azote et du phosphate notamment sont conservés. Ainsi, en retournant la matière digérée à la terre, on met en place une parfaite maîtrise du cycle dans lequel le soleil est récolté sous forme de biogaz et une partie des matières organiques ainsi que les minéraux essentiels retournent à la terre, afin que la qualité du sol soit maintenue. De cette façon, la diversité biologique du sol est respectée.

### 4.2.2. Exploitation de la méthanisation

Le concept comprenant la biomasse comme source de biogaz est bien sûr valable uniquement pour les installations de biogaz dites « décentralisées » (c'est-à-dire installées sur les lieux de production de la matière première). Or, c'est le cas de figure où la bioénergie produite à partir de la biomasse agricole est le plus intéressant. Dans ce scénario, l'agriculteur peut avoir des rotations de cultures (toutes les cultures annuelles classiques peuvent être fermentées et aucune adaptation du système n'est nécessaire si un hachage allant jusqu'à 1 ou 2 cm est prévu). Par ailleurs, la configuration des unités décentralisées permet de transformer et de « concentrer » cette production (électricité, et biogaz comprimé, épuré ou non) et évite les transports des substrats initiaux. La cogénération permet notamment de récupérer l'énergie thermique pour chauffer les digesteurs ou de l'utiliser pour des valorisations annexes.

La stratégie des unités décentralisées peut être aussi un moteur de développement économique *via* l'utilisation de l'énergie sur place.

Ainsi, les petites et moyennes installations allant de 20 à 2 000 hectares de terres agricoles deviennent les forces motrices de la production d'énergie en zone rurale. En 2013, environ 7 700 unités de méthanisation utilisent la biomasse en

Allemagne, ce qui représente un total de 24,8 milliards de kWe. L'Allemagne utilise 6,9 % de ses terres agricoles pour produire des cultures énergétiques (le maïs ensilage en particulier).

Actuellement, des installations de biogaz avec une capacité de l'ordre de 1 à 10 MW sont en cours de construction dans le monde entier. La taille de ces installations ne devrait pas devenir plus importante, parce qu'elles doivent être compatibles avec la capacité d'alimentation en matières premières agricoles. Le fait qu'elles ne soient pas limitées au monde industriel mais soient, à la fois en termes d'investissement et de fonctionnement, possibles dans de nombreuses filières est un facteur de développement certain.

Un marché important se dessine pour les petites installations de méthanisation à la ferme. En effet, la course aux déchets, l'insécurité sur la pérennité des approvisionnements, leur coût, conduisent les agriculteurs à se focaliser sur l'exploitation du gisement sur lequel ils possèdent une maîtrise dans le temps. On voit donc la mise en place de digesteurs qui produisent 30 kWe à 500 kWe.

L'Union européenne a décidé de diminuer la quantité de CO<sub>2</sub> issue des combustibles fossiles utilisés pour le transport. Au XI<sup>e</sup> Congrès international sur la digestion anaérobie organisé à Brisbane (2007), un rapport fondé sur des études de la Commission européenne a indiqué qu'en appliquant la voie « transformation de la biomasse en biogaz » pour le transport, on pourrait atteindre 50 % des besoins en biocarburant de l'UE en 2020.

La France a pour objectif de produire 23 % d'énergie renouvelable en 2020. Ce chiffre atteignait 16,4 % en 2012, et le biogaz ne représentait que 0,2 %. Mi-2013, on relevait 140 digesteurs installés. L'objectif est de disposer de 1 000 digesteurs en 2020 : le défi est donc important !

## 5. Conclusion

La méthanisation apporte déjà beaucoup à notre société : en économisant de l'énergie, en la produisant et en mettant en œuvre des outils de dépollution très performants. Le fait que ce soit un processus naturel encourage son application. Son utilisation peut être facilement disséminée avec des technologies rustiques.

À l'heure actuelle, nous sommes tous conscients du fait que nous devons réduire notre contribution à l'émission de gaz à effet de serre. Nous devons accroître nos efforts pour contenir et minimiser si possible la dissipation de méthane produit par les écosystèmes naturels.

En outre, la technologie des réacteurs permet de réduire les émissions de méthane sauvage en recyclant, de manière structurée, les déchets organiques vers notamment la production d'énergie. Le nombre d'installations progresse rapidement, ce qui contribuera à la diminution de la consommation de l'énergie fossile. La méthanisation est souple d'utilisation et holistique grâce à la diversité des substrats possibles !

Globalement, il ne peut y avoir aucun doute que la méthanisation est une technologie clé pour l'avenir de notre planète. Même si, à l'heure actuelle, l'attention est principalement orientée vers les itinéraires environnementaux (et complément d'énergie), le fait que ce processus est capable de convertir la matière organique en deux molécules de bases qui sont le  $\text{CO}_2$  et le  $\text{CH}_4$  est capital, techniquement et économiquement.