

# Méthanisation & biogaz : la filière injection se structure



Par Françoise Breton, Technoscope

## ABSTRACT

### **Methanization and biogas: the injection sector is structuring.**

*The 2011 authorization to inject biomethane into the natural gas network, along with the extension of this authorization, in July 2014, to biomethane obtained from waste water treatment plant sludge fermentation, pave the way for many methanization projects. Currently the variety of possible sources, along with the multiplication of recovery pathways, offer both enhanced performance and the ability to actively contribute to local development plans.*

**L'authorisation d'injecter le biométhane dans le réseau de gaz naturel en 2011 et l'extension de cette autorisation en juillet 2014 au biométhane issu de la fermentation des boues de station d'épuration ouvrent la voie à la réalisation de nombreux projets de méthanisation. Aujourd'hui, la variété des gisements possibles et la multiplication des voies de valorisation offrent à la fois des performances renforcées et la capacité de contribuer activement à des plans de développement locaux.**

**L**a méthanisation apparaît aujourd'hui comme une solution de valorisation des déchets aussi bien que comme une source d'énergie renouvelable. La part organique des déchets est

fermentée dans des digesteurs anaérobies ce qui permet à la fois de produire un digestat valorisable sous forme d'engrais ou d'amendements organiques et de produire du biogaz composé aux deux tiers

Le biogaz est généralement composé de 35 à 70 % de CH<sub>4</sub>, le reste étant principalement du CO<sub>2</sub>, et des polluants divers. Prodeval propose des technologies permettant d'épurer le biogaz de ces composés, souvent nuisibles pour les installations de valorisation et nocifs pour l'environnement.



Prodeval

de méthane et un tiers de gaz carbonique. Auparavant éliminé dans des torchères, ce biogaz peut être valorisé de plusieurs façons. La plus simple consiste à l'utiliser comme carburant dans des chaudières. Une autre voie de valorisation consiste à l'utiliser pour faire fonctionner un groupe de cogénération qui produit de la chaleur et de l'électricité, une solution attrayante car le rachat par EDF de l'électricité ainsi produite bénéficie de tarifs préférentiels. Depuis son autorisation en 2011, une troisième voie de valorisation se développe : celle de la production, à partir du biogaz, de biométhane injectable dans le réseau de gaz naturel pour la consommation domestique ou industrielle, ou bien pour les transports sous sa forme de carburant GNV. Dans ce dernier cas, il est préférable d'injecter et de faire une station GNV à partir du réseau, car seul le biométhane injecté bénéficie de tarifs de rachat avantageux. Des réflexions sont néanmoins engagées aujourd'hui pour permettre la consommation directe dans les véhicules sans passer par le réseau.

« La possibilité d'injecter du biogaz multiplie les projets de méthanisation car on dispose de plus de solutions susceptibles de répondre aux contraintes de sites, estime Marc Bauzet, directeur associé au pôle commercial de Naskéo Environnement. Pour la cogénération, il faut trouver un consommateur régulier de chaleur à proximité. Pour l'injection de biométhane, il faut être à proximité d'une canalisation GRDF

ou GRDT. Il faut également de plus en plus souvent être capable de s'inscrire dans une politique locale plus large ». La valorisation par injection est également prisée pour son intérêt économique. « Les arrêtés tarifaires de rachat font que, dans la très grande majorité des cas, l'injection est la solution la plus intéressante économiquement, considère pour sa part Sébastien Paolozzi de Prodeval, spécialiste français du traitement des gaz. Mais il faut voir au cas par cas car, par exemple, la cogénération pourra être la solution intéressante lorsque la chaleur produite dispose d'un débouché sur place toute l'année ». Depuis 2011, une demi-dizaine de projets de référence ont vu le jour en France dont Bioénergie de la Brie, un projet de taille moyenne en Seine-et-Marne reposant sur la méthanisation de fumier d'élevage, des cultures intermédiaires, des issues de silo et des déchets agroalimentaires. Cette installation accueille le premier dispositif d'in-

jection de biométhane d'origine agricole dans le réseau de gaz naturel, et a fait l'objet d'une étude portée par Air Liquide, avec GDF Suez et Solagro. Elle alimente en gaz les cinq villages voisins et l'usine d'engrais de la région.

Plus récemment, Naskéo Environnement a réalisé le premier projet de méthanisation de fumier équin, Equimeth, avec Mines ParisTech, la Réserve de Biosphère de Fontainebleau et du Gâtinais et, entre autres, la Communauté de Communes de Moret Seine et Loing (77). Equimeth valorisera, dès sa mise en service en septembre 2015, 40 000 tonnes de matières organiques en provenance des centres équestres du secteur. Il produira l'équivalent de 26 GWh/an de biométhane qui sera injecté directement sur le réseau local GRDF et alimentera 13 000 particuliers et environ 250 entreprises. Le projet s'inscrit dans le Plan Climat Energie du Conseil Général de Seine-et-Marne, avec une production et une consommation locales.

### Du méthane issu de station d'épuration

L'arrêté de juillet 2014 élargit les ressources susceptibles d'être méthanisées pour une injection dans le réseau à d'autres déchets, notamment les boues de station d'épuration.

Cet arrêté était très attendu car même si ces boues ne sont pas très méthanogènes, elles sont disponibles partout. L'étude réalisée pour le compte de l'ADEME et de GRDF par le consortium de cabinets d'étude Greenbirdie et le CRIGEN de GDF Suez a estimé l'impact de cette mesure en termes de potentialité de production de biométhane. « Le gisement

t o t a l



Naskéo Environnement

Equimeth valorisera, dès sa mise en service en septembre 2015, 40 000 tonnes de matières organiques en provenance des centres équestres du secteur. Il produira l'équivalent de 26 GWh/an de biométhane qui sera injecté directement sur le réseau local GRDF et alimentera 13 000 particuliers et environ 250 entreprises.

La station de Strasbourg-la Wantzenau, quatrième station d'épuration de France avec une capacité de traitement de 1 000 000 EH, sera la première unité à être opérationnelle pour l'injection de biométhane issu de station d'épuration.



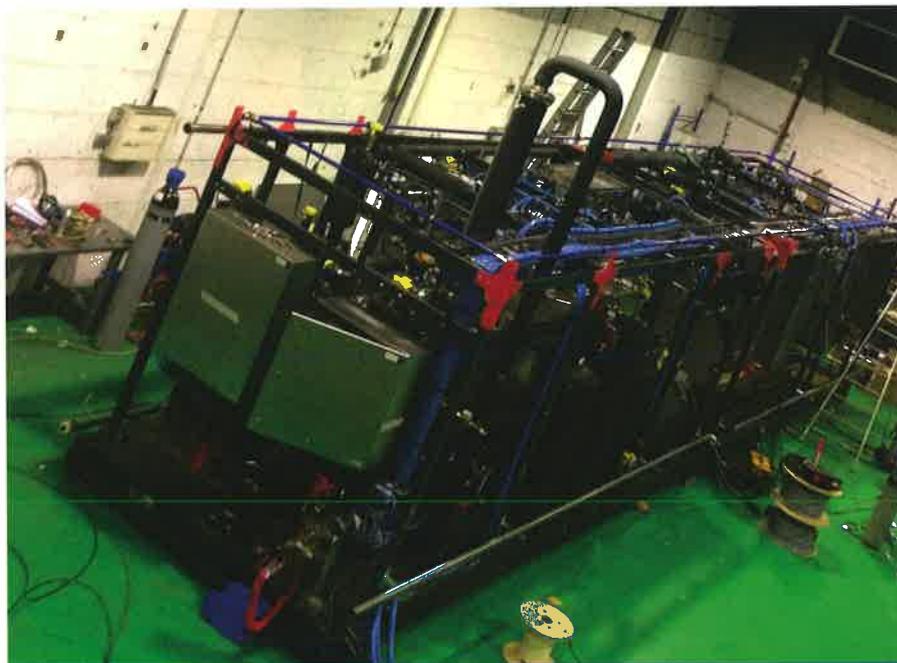
Suez environnement

théorique pour l'ensemble des stations d'épuration existantes est d'un peu plus de 2 TWh/an, mais le gisement technique exploitable, c'est-à-dire pour des stations d'épuration de capacité supérieure à 5000 EH, est d'environ 1,8 TWh/an », déclare Olivier Théobald de la direction Economie circulaire et déchets de l'Ademe. En effet, 84 % des 19521 stations de traitement d'eaux usées existantes en France ont des capacités inférieures à 2000 EH et ne traitent que 3,9 % de la charge polluante totale alors que les 143 stations de traitement d'eaux usées les plus importantes (d'une capacité supérieure à 100 000 EH) en traitent 72 %. « L'étude technico-économique estime également que le seuil de rentabilité de 10 % de la filière injection de biométhane est de 60 000 EH pour une station d'épuration non équipée de méthaniseur et de 45 000 EH pour des step déjà équipées de méthaniseur mais qui ne valorisent pas le biogaz, poursuit Olivier Théobald. Le seuil de rentabilité pour une double valorisation, co-ingénération et injection, est de 100 000 EH pour une station d'épuration sans méthaniseur et de 120 000 EH pour une step équipée d'un méthaniseur du fait du tarif d'achat plus bas pour les équipements amortis. Le potentiel associé à l'ensemble de ces unités est de 1,25 TWh/an. Il est cependant possible de valoriser les boues des stations entre 5000 et 60000 EH en les associant au traitement d'autres déchets dans les unités de méthanisation territoriales afin de récupérer les quelques 0,6 TWh/an restant ». Aujourd'hui, 88 stations d'épuration ont une unité de méthanisation sur site

pour une production totale de presque 0,6 TWh/an. L'équipement progressif des stations d'épuration devrait permettre d'augmenter en 2020 la production de 0,54 TWh/an sur site et 0,03 TWh/an en méthanisation territoriale, et respectivement de 1,41 TWh/an et 0,4 TWh/an supplémentaires en 2050 pour atteindre le total de 1,8 TWh/an. La station de Strasbourg-la Wantzenau, la quatrième station d'épuration de France avec une capacité de traitement de 1 000 000 EH, sera ainsi la première unité à être opé-

rationnelle pour l'injection de biométhane issu de station d'épuration. La construction de l'unité d'épuration a été lancée en septembre dernier, suite à des études débutées plusieurs années auparavant. La production attendue est de 1,6 million de Nm<sup>3</sup>/an de biométhane, soit l'équivalent de 16 GWh/an, ce qui correspond aux besoins en chauffage de 5000 logements basse consommation ou à la consommation de carburant de 1500 véhicules GNV. Cette production doit être utilisée en local et la société de projet créée par Lyonnaise des Eaux, Degrémont, sociétés du groupe SUEZ environnement, et GRDF répercute cette contrainte chez les fournisseurs de gaz naturel qui achètent cette production.

« La station était déjà équipée d'un digesteur et d'une unité de traitement du H<sub>2</sub>S, ce qui permettait la valorisation du biogaz par cogénération, explique Frédéric Pierre, responsable HQSE/Développement chez Lyonnaise des Eaux (groupe SUEZ environnement) de Strasbourg-la Wantzenau. Depuis 2011 cependant, nous travaillions sur un projet de méthanisation, Biovalsan, qui s'inscrit dans le plan environnemental de la communauté urbaine de Strasbourg. Ce projet est soutenu par le



Ereie

Le système CRYO-PUR® est une technologie cryogénique conçue et commercialisée par la société EREIE. Ce système réalise soit l'épuration du biogaz seule, soit l'épuration et la liquéfaction de manière intégrée. L'épuration est réalisée par cryo-condensation (les polluants tels que H<sub>2</sub>S, siloxanes, vapeur d'eau et CO<sub>2</sub> sont givrés) sans aucune perte de biométhane. Le système CRYO-PUR® permet également d'éliminer l'azote contenu dans le biogaz ce qui ouvre la voie aux projets de valorisation dans les décharges, et la séparation du CO<sub>2</sub> sous forme liquide à un haut niveau de pureté, ce qui le rend valorisable dans l'industrie

Procédé PSA d'épuration biométhane, proposé par Gaseo : ce procédé nécessite seulement 3 bar de pression, il est rentable dès 200 m<sup>3</sup>/heure de biogaz. Ici, le cœur du procédé d'épuration PSA.

programme européen Life+ car il inclut, outre le projet d'injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel, des études sur la valorisation du CO<sub>2</sub>. Nous poursuivons de surcroît des études sur la caractérisation chimique et microbiologique du biogaz et du biométhane issu de stations d'épuration avec les laboratoires SGS et Eurofins afin de contribuer à statuer sur les risques éventuels de ces gaz pour la santé ».

Autre exemple, la station d'épuration Arvéa (Haute-Savoie), exploitée par Degrémont (groupe SUEZ environnement) devrait être opérationnelle en 2016 ou 2017 pour la production de BioGNV. « Nous avons proposé à la communauté de communes du Pays Rochois de valoriser le biogaz issu de l'unité de méthanisation de la station qui était jusqu'alors en partie éliminé dans une torchère, explique Pierre Coursan, chef du marché biogaz chez Degrémont (groupe SUEZ environnement). L'idée était de s'inscrire dans le projet de territoire porté par les élus avec le développement de transports propres car la vallée de l'Arve est très polluée par une activité concentrée en fond de vallée et le passage incessant de camions. L'injection de biométhane dans le réseau de GRDF permettrait de disposer d'une station-service GNV pour les véhicules de la collectivité et les transporteurs locaux ».

Sur le site du SIAAP Seine amont à Valen-



ton, SUEZ environnement va plus loin en étudiant, au sein du projet BioGNVAL (soutenu par l'ADEME dans le cadre du programme des investissements d'avenir), la possibilité de liquéfier le biométhane produit afin de pouvoir le stocker et le transporter, par exemple vers une station-service (bioGNL) ou chez un industriel pour ses besoins énergétiques. En effet, dans 40 % des cas, le biométhane ne peut être injecté dans le réseau parce que ce dernier est trop éloigné ou parce que sa capacité est trop faible.

Le projet repose sur la technologie Cryo-Pur®, en partenariat avec EREIE. « La liquéfaction du biométhane est la solution la plus adaptée pour les projets nécessitant le portage du biométhane du site de production vers le site d'injection, ce qui

est important pour les sites de production ne pouvant pas injecter directement dans le réseau de gaz naturel, souligne Simon Clodic, directeur commercial de EREIE. Plus généralement, dès qu'il doit être transporté en dehors du réseau de gaz naturel, le biométhane liquide (ou BioGNL) permet de diminuer par 7 les quantités de stockage et de camions de transport en comparaison du gaz comprimé ».

### Des procédés d'épuration en développement

La production du biométhane nécessite l'épuration du biogaz et sa mise aux normes GRDF pour son injection dans le réseau. Plusieurs bureaux d'études comme Erep ou acteurs comme Arol Energy, CEFT, Gaseo, Prodeval, Ovive, Naskeo Environnement exploitent, selon les cas, cinq familles de technologies pour extraire le méthane du biogaz : les technologies de lavage à l'eau ou bien aux amines, qui absorbent le CO<sub>2</sub>, l'adsorption à pression alternée (PSA) qui nécessite le stockage du gaz sous pression, les technologies membranaires et, enfin, la cryo-condensation qui consiste à descendre la température pour séparer les gaz. Cette dernière est notamment développée par la société EREIE. Pour un même type de valorisation, le choix s'opère en premier lieu selon la taille de l'installation et la qualité du biogaz. « Les technologies de lavage sont souvent favorisées pour les plus grosses unités qui produisent plus de 1000 m<sup>3</sup>/h, estime Sébastien Paolozzi. Nous privilégions les technologies membranaires car elles sont adaptées à la taille de la plupart des projets en France, entre 100 et 1000 m<sup>3</sup>/h de biogaz. Elles présentent aussi l'avantage d'être modulables



Dans le cadre du projet BioGNVAL, le système CRYO-PUR® a été installé en mars 2015 à la station d'épuration de Valenton. Le biogaz issu des boues d'épuration est ainsi transformé en deux produits : du Bio-GNL utilisé pour le transport poids lourds longue distance et du Bio-CO<sub>2</sub> avec un niveau de pureté permettant sa valorisation dans des applications industrielles.

L'unité de méthanisation territoriale Biogaz de Bannalec produira l'équivalent de la consommation électrique annuelle de 6 000 personnes, soit 100 % des habitants de la ville de Bannalec.



Anasbio Environnement

- il suffit d'ajouter des membranes pour doubler ou tripler la capacité d'épuration - ce qui est important pour un marché récent car les exploitants ne savent pas comment vont évoluer leurs ressources de déchets dans les 15 prochaines années ».

« Le rendement épuratoire est un critère important dans le choix de la technologie, précise de son côté Sander Reijerkerk chez Arol Energy. Évidemment parce qu'elle impacte directement le niveau des recettes de l'exploitant mais, en plus, le potentiel de réchauffement global (PRG) du méthane est 28 fois celui du CO<sub>2</sub>, donc la perte vers l'atmosphère de seulement 3 % à 5 % du méthane est typiquement égale à la quantité totale du CO<sub>2</sub> contenu dans le biogaz brut ». Pour cette raison Arol Energy privilégiera la technologie membranaire et la technologie lavage aux amines qui peuvent valoriser respectivement 99,5 % et 99,95 % du méthane contenu dans le biogaz brut. « En plus du biométhane, ces deux technologies produisent un off-gaz de haute qualité constitué de CO<sub>2</sub> presque pur (~99 % pour les membranes et ~99,9 % pour les amines) contrairement aux technologies de lavage à l'eau et du PSA où le CO<sub>2</sub> se retrouve mélangé avec respectivement de l'air où du méthane (20-80 % CO<sub>2</sub>), souligne Sander Reijerkerk. Même si la valorisation du

bio-CO<sub>2</sub> ainsi obtenu est actuellement très peu étudiée, nous estimons que la double valorisation deviendra un enjeu important dans le futur ».

La solution adoptée dépendra également des projets de valorisation visés. Le projet de méthanisation Biovalsan de Strasbourg, par exemple, visait, outre l'injection de méthane, la valorisation du gaz carbonique qui constitue un tiers du biogaz. « La technologie la plus appropriée aurait été la cryo-condensation car avec les mêmes investissements, on obtient du méthane



Compresseur Aerzen biogaz ou biométhane pour des débits de 100 à 3 000 m<sup>3</sup>/h et des pressions jusqu'à 20 barg. Les solutions d'épuration du biogaz demandent une compression à des pressions élevées. Aerzen a adapté sa gamme de compresseurs à vis spécifiquement au biogaz et propose des solutions adaptées à chaque application permettant d'atteindre des pressions jusqu'à 20 barg en mono étagé, en total respect des directives actuelles ATEX, DESP et EN 1012-3 (sécurité compresseurs gaz process).

injectable et du gaz carbonique liquide, facile à valoriser, explique Frédéric Pierre chez Lyonnaise des Eaux, également chef du projet Biovalsan. Mais la technologie ne s'est pas révélée suffisamment mature à l'époque pour atteindre les performances industrielles visées. Le lavage à l'eau ou aux amines rend très difficile la récupération du CO<sub>2</sub> absorbé et le PSA nécessite le stockage du gaz sous pression à 20 bar; une solution difficile à intégrer au site. Nous avons finalement adopté la technologie membranaire qui se révélait la plus compatible avec nos besoins et nos contraintes ».

La plupart des technologies d'épuration nécessitent un prétraitement plus ou moins complexe. « Les prétraitements mis en place dépendent de la nature des polluants et de leur quantité, précise Sébastien Paolozzi. Pour de faibles quantités de polluants, on choisira différents charbons actifs qui sont une solution simple et peu chère à mettre en œuvre. En revanche, si les quantités sont importantes, il faudra ajouter un prétraitement spécifique. Pour le H<sub>2</sub>S, les procédés de lavage seront plus intéressants car les consommations de réactifs sont généralement plus faibles. Il y a aussi la solution biologique de désulfurisation

Thiopaq, de la société Pâques Bv, et le procédé de PPtek pour éliminer le siloxane. Ce sont des solutions qui conviennent pour des installations avec une charge de polluants élevée. Ces unités sont proposées sur des sites où des moyens d'exploitation sont mis en place. Sur les sites où il n'y a pas d'exploitant présent, il est préférable dans ce cas payer un peu plus cher de consommables et réduire les contraintes d'exploitation ».

Gaseo propose des solutions pour produire de l'énergie de façon noble. Elle conçoit et construit ses installations avec un esprit d'exploitant, pour faciliter et opti-

Biogaz PlanET commercialise de nombreux dispositifs destinés à broyer, défilbrer, pulvériser et mélanger les déchets afin d'en faciliter la fermentation.

Biogaz Planet



miser les performances tout au long de la vie de l'équipement. C'est ce qui a motivé son choix technologique en matière de biométhane: le procédé PSA.

Avec son partenaire ETW, Gaseo s'appuie sur l'expérience d'Outre-Rhin pour opérer la séparation du  $\text{CH}_4$  et du  $\text{CO}_2$  par procédé physique d'adsorption PSA de variation de pression (Pressure Swing Adsorption). Le biogaz désulfuré et séché est introduit sous pression (3 bar) dans un adsorbant et traverse de bas en haut un adsorbant composé d'un tamis moléculaire de carbone CMS (Carbon Molecular Sieve) dans lequel le  $\text{CO}_2$  est retenu et emprisonné. Le  $\text{CH}_4$ , contenu dans le biogaz, traverse cet adsorbant. À la sortie de l'adsorbant, le gaz est enrichi en  $\text{CH}_4$  (biométhane) et peut être réinjecté dans le réseau public de gaz naturel. À la fin de l'étape d'adsorption, le tamis moléculaire adsorbant CMS est saturé en  $\text{CO}_2$ .

La séparation des composés du biogaz s'appuie sur le fait que certains composés sont mieux adsorbés ( $\text{CO}_2$ ) que d'autres ( $\text{CH}_4$ ). Ainsi, en traversant un adsorbant, composé d'un tamis moléculaire de carbone (CMS), le méthane ( $\text{CH}_4$ ), faiblement adsorbé, s'accumule à la sortie du tamis CMS en phase gazeuse, alors que le  $\text{CO}_2$  est retenu par l'adsorbant.

L'adsorbant se régénère à l'aide d'une pompe à vide, le  $\text{CO}_2$  est désorbé et extrait vers la sortie. L'adsorbant est alors prêt pour un nouveau cycle.

« L'avantage de ce procédé est l'adaptation du système en fonction de la variation de la richesse en méthane qui compose le biogaz brut en entrée; ainsi, le système s'adapte automatiquement en ajustant les temps de cycle d'adsorption en fonction de la composition du biogaz brut entrant.

Nous avons retenu la technologie PSA, car elle a fait ses preuves en Allemagne, précise Xavier Joly, Président de GASEO. Et, de fait, la contrainte de la mise sous pression est allégée avec notre équipement: 3 bar suffisent. Il en résulte une consommation électrique la plus faible du marché. Et cet équipement PSA permet d'être rentable dès 200  $\text{m}^3$ /heure de biogaz avec un taux de charge flexible de 40 % à 120 %. Notre expérience d'exploitant nous amène à préférer les solutions sûres: ici, nous bénéficions d'un taux de disponibilité élevé (avec des références à 99 %), d'une fonction marche/arrêt automatisée, d'une absence de risque chimique ou biologique (le PSA travaille ici sur procédé sec), d'une récupération possible de chaleur qui peut être utilisée pour le méthaniseur, et aussi d'une sécu-

rité économique: la durée d'utilisation de l'adsorbant est supérieure à 15 ans. Enfin, notre installation est composée d'équipements techniques classiques et largement éprouvés, ce qui améliore l'autonomie de l'exploitant ».

Prodeval a pu tester l'efficacité de ses prétraitements sur le démonstrateur industriel de la station d'épuration d'Arvéa, à partir d'un biogaz assez chargé comprenant entre 1500 et 2000 ppm chargé

d' $\text{H}_2\text{S}$  et de COV. « Grâce au système de prétraitement, les membranes biogaz ne sont pas abîmées et on atteint les qualités requises par GRDF », souligne Sébastien Paolozzi. Le procédé d'épuration s'est révélé très performant, avec un rendement supérieur à 99 %, et les membranes robustes. Après une année d'exploitation, les performances des membranes s'avèrent même supérieures à celles de départ. « Cela s'explique par le fait qu'au cours des premières semaines d'exploitation les fibres se mettent définitivement en place et acquièrent de la souplesse. On gagne ainsi en sélectivité jusqu'à dépasser les performances garanties par le constructeur ».

Ovive, PME française dans le domaine du déchet et de la méthanisation, propose pour sa part des solutions innovantes



Arol Energy conçoit, réalise et assure la maintenance d'installations de traitement et de valorisation énergétique des gaz de biomasse et du biogaz.

Arol Energy

Le site de méthanisation Géotexia Méné (35), traite 40 000 tonnes de lisier par an, 30 000 tonnes de déchets d'abattoir ainsi que des déchets verts issus des collectivités. L'unité produit également 12 000 MW par an d'électricité verte, 58 000 tonnes d'eau distillée issue de l'évaporation des digestats, ainsi que 7 000 tonnes d'engrais sous forme de granulats. Réalisation MWM.



MWM

d'abattement de l' $H_2S$  comme alternative économique au charbon actif avec l'utilisation d'hydroxydes de fer en granulés, Ovive FDS. Quant à l'hydroxyde en poudre Ovive HF, il constitue un traitement à la source intéressant car susceptible d'empêcher l' $H_2S$  de se former dans le méthaniseur plutôt que de le traiter une fois qu'il s'est formé, avec les inconvénients que ce gaz implique : odeurs et corrosion.

Gaseo a mis en place et exploite deux unités de prétraitement de l' $H_2S$ , sur ses sites de Cuves (Manche) et Aboncourt (Moselle). Le prétraitement du biogaz par désulfuration biologique se fait en tour de lavage. Il est particulièrement adapté aux biogaz fortement chargés en  $H_2S$ . Ainsi, le taux d' $H_2S$  obtenu en sortie est proche de zéro. Gaseo développe également un programme d'innovations pour utiliser des matériaux totalement nouveaux en désulfuration : ce sera une solution alternative pour des installations de taille intermédiaire, pour des biogaz moins chargés en hydrogène sulfuré. Alcion Environnement propose de son côté d'ajouter de la valeur aux installations de méthanisation avec deux procédés : Valeaz et Valecarb.

Le procédé Valeaz propose de recycler l'ammoniac en l'extrayant des digestats, cela permet de réduire les surfaces d'épandages dans les zones à fortes pressions azotées. Alcion Environnement propose aussi le procédé Valecarb qui permet de valoriser le  $CO_2$  dans les installations qui réinjecte le méthane dans le réseau de gaz naturel. Le procédé Valecarb consiste à valoriser l'ammoniac sous forme de bicarbonate de sodium qui pourra être valorisé dans des

applications industrielles ou environnementales (traitement de fumées). Ces deux procédés permettent de valoriser localement les coproduits que sont l'ammoniac et le bicarbonate de sodium et d'améliorer la rentabilité des projets de méthanisation.

#### Unité de méthanisation territoriale

Ces grosses unités de méthanisation fonctionnent en récupérant les déchets de multiples origines pour procéder à leur valorisation en biogaz. Sede, filiale de Veolia, est spécialisée dans l'exploitation de telles unités. La société exploite deux installations, notamment son propre site Artois méthanisation, à Graincourt-les-Havrincourt depuis 2012 conçu par Veolia Water Technologies, et également le méthaniseur multi-déchets du Grand Auch, construit par Naskeo Environnement. SEDE assure la valorisation de l'énergie et du digestat issues de ces installations.

Il s'agit d'unités de production d'une capacité de 500 kW à 1 à 2 MW. Cependant au niveau national certains projets de ce type peuvent atteindre 2 ou 3 MW.

« Nous nous plaçons dans une logique de valorisation des déchets explique Maellenn Poitrenaud, responsable innovation et développement chez Sede, et toute l'expertise dans le fonctionnement de ces installations repose dans la capacité à orienter les différents flux de déchets que nous réceptionnons vers les unités afin d'optimiser leur méthanisation. Nous cherchons parfois des substrats plus méthano-gènes que les déchets agricoles et les partenaires qui peuvent en garantir l'approvisionnement. Parallèlement, les industriels doivent avoir l'assurance que leurs déchets seront valorisés quotidiennement et dans les conditions optimales ». Depuis 2012, les gros producteurs de bio-



Paques

La technique de lavage à catalyse biologique est efficace en terme de coûts ; elle fonctionne à température et pression ambiantes ; elle élimine de l' $H_2S$  avec une grande efficacité et ne requiert pas de catalyseurs ni de produits chimiques coûteux. Le laveur Thiopaq de Paques peut être considéré comme un laveur alcalin dans lequel la solution caustique consommée est régénérée en continu dans un bioréacteur. En parallèle, la réaction biologique produit du soufre élémentaire qui est un produit valorisable en agriculture.

## Proserpol se développe au Pakistan

Depuis 10 ans, Proserpol installe des méthaniseurs dans les distilleries d'alcool du Pakistan. L'alcool produit est utilisé comme carburant vert en Inde et en Europe. Actuellement, le volume global de méthaniseurs installés est supérieur à 500,000 m<sup>3</sup>.

Cette production de biogaz correspond à environ 250 TEP (Tonnes Equivalent Pétrole) par jour ce qui correspondrait à 100 000 véhicules légers qui parcourraient 50 km par jour.

« Pour l'instant, la grande majorité du biogaz est recyclée en distillerie en cogénération électricité-vapeur basse pression mais certains clients réfléchissent déjà



PROSERPOL

à alimenter le marché local des transports », précisent François Morier, directeur de développement de Proserpol et Christian Bézard, directeur de projet. En effet, au Pakistan, une très grande proportion des véhicules légers fonctionne au gaz naturel comprimé (CNG). Par contre, les ressources locales s'épuisent, le nouveau plan prévoit même l'impossibilité de faire le plein en CNG certains jours de la semaine, d'où la nécessité de diversifier les approvisionnements en méthane. De beaux développements en perspective.

déchets, aux premiers rangs desquels se trouvent les industries de l'agroalimentaire et les hypermarchés, ont en effet obligation de trier et de valoriser la part organique de leurs déchets. Cette contrainte s'applique aussi, depuis 2013 et surtout 2014, à la restauration collective et au commerce alimentaire de plus petite taille. De 120 tonnes/an de production de déchets en 2012, les tonnages concernés par cette obligation atteindront le seuil limite de 10 t/an au 1<sup>er</sup> janvier 2016.

Ces unités de taille industrielle fonctionnent la plupart du temps en phase liquide, plus adaptée à ce type d'effluents mais nécessitant une étape essentielle de préparation du mélange. « La particularité des installations dites territoriales est de faire de la co-digestion, c'est-à-dire d'intégrer différents types de substrats, développe Maelenn Poitrenaud. Par exemple, notre méthaniseur d'Artois digère une vingtaine de produits différents dont les boues de stations d'épuration, les déchets de collectivités, de restauration, d'élevage ou de la grande distribution. Il est donc essentiel de savoir réceptionner les différents gisements (solides, liquides ou pâteux), de savoir les préparer par broyage et réaliser un mélange peu variable, de bonne consistance et le plus méthanogène possible. Pour cela, il faut bien connaître les substrats et définir le meilleur mélange, c'est-à-dire les proportions de chaque substrat qui doit entrer dans la composition de la soupe en tenant compte des inhibitions éventuelles liées à certains éléments entrant dans leur composition ».

« L'identification des bons mélanges de substrats et la validation de l'innocuité

de certaines matières passent par des essais en laboratoire qui sont indispensables pour optimiser et sécuriser les unités de méthanisation, souligne Lucile Macchi chez Labo-M Solutions. Les substrats d'origines diverses peuvent avoir des profils de dégradations très différents et nécessiter des ajustements dans la gestion des digesteurs, par exemple modifier le taux de charge organique ou les temps de rétention. L'étude en laboratoire peut avoir des conséquences directes sur le bilan économique des méthaniseurs. Par exemple, dans le cas des digesteurs en stations d'épuration, l'ajout d'additifs onéreux peut être ajusté grâce à des réacteurs de laboratoire ce qui se peut résulter à des dizaines, voire des centaines, de tonnes économisées à l'échelle une. Pour

les unités de méthanisation territoriales, la mesure du potentiel méthanogène des substrats permet d'estimer la valeur d'un déchet et de facturer la prestation de traitement au « juste prix ». Les laboratoires d'analyses locaux, comme le Laboceca (groupement des laboratoires départementaux des Côtes d'Armor et du Finistère) ou des structures comme l'Institut Polytechnique LaSalle Beauvais proposent des prestations de tests de potentiel méthanogène ou des essais pilotes aux exploitants de méthaniseurs, aux constructeurs ou aux producteurs de déchets organiques.

L'unité de méthanisation territoriale Biogaz de Bannalec est un projet exemplaire en termes de fédération des acteurs et de contribution à la dynamique de l'économie locale. La société compte comme actionnaires l'assembleur Naskeo Environnement, Cap Vert Energie (producteur indépendant d'énergie renouvelable), Eilan (Région Bretagne), Sede Environnement (Veolia) et la salaison Tallec (industriel agro-alimentaire breton qui utilise beaucoup de gaz pour générer de l'eau chaude). Elle propose des réponses concrètes à des problématiques de gestion des déchets, de production de fertilisant et d'amélioration de la compétitivité d'un industriel local. Située sur la zone d'activités de Loge Begoarem de la commune de Bannalec (29), elle produira l'équivalent de la consommation électrique annuelle de 6000



La pompe mélangeuse Nemo® B.Max® de Netzsch permet un meilleur rendement à quantité égale de substrat utilisé.

Netzsch

## Rechercher la solution la plus adaptée à une problématique donnée

AEB Méthafrance, premier constructeur français d'unités de méthanisation avec 25 unités en fonctionnement et plus de 10 en construction et développement, aborde chaque projet dans sa globalité et propose un service clé-en-main, depuis la conception jusqu'à la construction, l'exploitation et la maintenance. Elle répond aux objectifs

du porteur de projet avec une réponse sur-mesure, intégrant l'ensemble des caractéristiques spécifiques de l'exploitation.

AEB Méthafrance a notamment particulièrement travaillé depuis 7 ans sur les problématiques d'incorporation des rations riches en fibres (fumier). C'est là tout l'intérêt de son bureau d'études, qui reste en permanence en veille sur les nouveautés en termes de matériels. Parce qu'AEB n'est pas « prisonnier » de solutions propriétaires, son bureau d'études peut se focaliser sur la recherche de la solution la plus performante, techniquement et économiquement, au regard d'une problématique donnée. Pour chaque nouvelle solution, le bureau d'études mesure avec précision sa cohérence dans le projet complet et adapte les autres postes (impact sur génie civil, contrôle/com-



mande, etc.). Ses recherches portent notamment sur des avancées en termes de trémies (adéquation vs substrats), matériels de convoyage sur tapis avec système de démolage, etc. AEB Méthafrance propose également Méthalyse, un process qui facilite l'incorporation des rations riches en fibres, et plus précisément leur pré-digestion. Méthalyse est une préfosse aérobie,

chauffée, dans laquelle les intrants solides et liquides sont incorporés. Leur temps de séjour est de 24h, période qui permet d'obtenir un mélange pompable dont le temps de séjour dans le digesteur ne sera que de 30 jours contre 60 en système classique, diminuant par là même la taille des ouvrages. Méthalyse intègre également un piège à corps étrangers qui évite d'incorporer pierres et autres indésirables dans le digesteur et préserve donc l'économie du projet des coûts d'arrêt pour vidange en système classique. Outre son intérêt vis-à-vis de l'incorporation, Méthalyse permet de produire 10 à 20 % de biogaz avec la même ration, avec un gaz de 5 à 8 % plus riche en méthane, et est un atout précieux pour les rations dont les intrants varient dans le temps (rôle de tampon biologique vis-à-vis du digesteur).

personnes, soit 100 % des habitants de la ville de Bannalec. La chaleur produite par cogénération sera quant à elle intégralement valorisée, grâce à un réseau de chaleur, à un coût très compétitif par l'usine voisine Jean-Pierre Tallec. Et les digestats seront valorisés sous forme d'engrais organiques ou d'amendements. La valorisation des digestats reste un point clé. Exonia développe actuellement un nouveau procédé de traitement des digestats de méthanisation. Sur la base de la technologie d'évaporation développée, le taux de concentration final sera de 40 à 50 % de matière sèche et ce, en consommant les calories produites sur site.

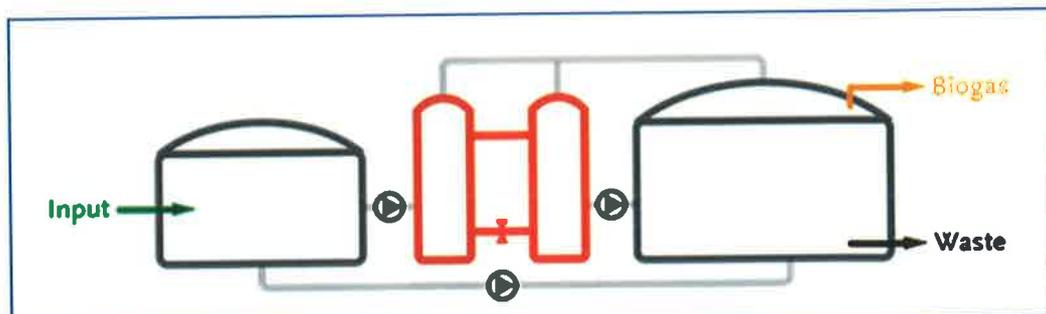
### Le plus gros gisement est d'origine agricole

Boues de stations d'épuration et déchets d'origines industrielle ou urbaine ne représentent néanmoins qu'une petite partie des déchets méthanisables en France. Une étude réalisée par Solagro et Inddigo pour le compte de l'Ademe en 2013 estime en effet à moins de 10 % (dont une moitié environ pour l'assainissement) la part représentée par ces gisements

sur un total de 130 millions de tonnes de déchets méthanisables pour une production de 56 TWh/an, le reste étant d'origine agricole avec 95 millions de tonnes de déjections d'élevage, 13 millions de tonnes de résidus de culture et 13 millions de tonnes de cultures dédiées. L'agriculture reste donc à la première place pour la valorisation du biogaz. « La tendance est de réduire les projets reposant sur des apports extérieurs car l'approvisionnement est moins stable et régulier que ce qui est produit sur place, déclare Claire Ingremeau, du Club Biogaz de l'Association technique Energie Environnement qui regroupe tous les acteurs de la valorisation du biogaz et vise à promouvoir le développement de cette filière. En agriculture,

la petite taille des exploitations individuelles incite au regroupement en collectifs. Cela marche bien car il n'est pas rare de trouver 80 agriculteurs dans les 10 km autour d'un site de méthanisation. En revanche, les projets sont lourds à monter, souvent au-delà de 5 ans ».

Le choix de la technologie dépend de la nature et de la composition des intrants. La voie liquide infiniment mélangée convient pour des déchets contenant moins de 12 à 13 % de matière sèche: lisier de porc et ensilage, ou fumier mélangé avec du lactosérum d'une laiterie avoisinante par exemple. « Les agriculteurs travaillent beaucoup sur les pratiques et l'enchaînement des cultures pour assurer une continuité de l'alimentation du digesteur ». Cette technologie est cependant plus adaptée aux grandes installations industrielles qu'aux exploitations agricoles dont la potentialité de production est plutôt de l'ordre de 150 à 300 kWh/an. La voie sèche discontinue, appelée aussi solution garage, est idéale pour la valorisation des résidus de récolte et le fumier par exemple, et présente l'avantage d'être techniquement simple et moins chère, mais elle produit également moins. Le principe de la technologie est d'empiler les déchets dans une sorte de garage avec percolation du liquide dans une fosse en dessous. La méthanisation se produit dans le garage mais aussi dans la fosse et il est très important, pour une meilleure rentabilité de récupérer les gaz aux deux endroits. C'est aussi une question de sécurité, car le biogaz est explosif; il contient également du H<sub>2</sub>S, très toxique. « Pour réduire les coûts, certains constructeurs ne récupèrent le biogaz qu'à un seul endroit, ce qui suppose de prendre énormément de précautions à l'ouverture



GreenWatt a développé un procédé basé sur le principe de séparation des différentes étapes du procédé de biométhanisation en deux, voire trois réacteurs distincts, afin de pouvoir ajuster les paramètres de ces différentes réactions, indépendamment l'une de l'autre. Cette innovation permet d'assurer la robustesse, la fiabilité, la flexibilité et le rendement de l'unité de méthanisation.

Le surpresseur Mink Biogaz ATEX de Busch intervient notamment dans la circulation du biogaz au niveau des digesteurs.



Busch

du garage. Il faut notamment attendre suffisamment de temps ou bien injecter un autre gaz pour chasser le biogaz ». L'application de règles de sécurité adaptées est également indispensable et passe notamment par une organisation de l'espace. Des espaces enherbés par exemple, limitant les zones de stationnement des camions, permettent de réduire les risques de conjonction de phénomènes favorables à une explosion. Il est également essentiel de former les exploitants aux bonnes pratiques et de prévoir une signalétique sur le site pour les apports extérieurs.

« Il y a une forte attente sur des procédés de petites méthanisations, qu'elles soient en voie sèche ou non », indique Claire Ingremeau. Des sociétés ont investi ce secteur, comme Erigene, spécialiste des voies sèches, Méthanéo pour les collectifs agricoles, Géotexia ou l'ensemblier GreenWatt qui propose des systèmes de digestion à deux phases, permettant une flexibilité en qualité et quantité, et le système Hyfad, un procédé pour eaux à fortes charges organiques adapté aux besoins des producteurs légumiers par exemple. Une spécificité de Naskeo Environnement, est de proposer des solutions dans les trois voies de traitement (liquide, sèche et sèche discontinue) avec ses technologies Méthajade de méthanisation en voie solide. « La voie sèche discontinue sur base de fumier est la solution d'avenir car elle s'adresse aux exploitations agricoles de petite taille qui sont les plus nombreuses en France, estime Marc Bauzet de Naskeo Environnement. Mais il est difficile de produire en continu un gaz de qualité constante, c'est-à-dire avec un taux de méthane important, alors que

les casiers sont alimentés successivement. Il faut des procédés fiables, standards et faciles à piloter pour les exploitants agricoles. Nous développons un savoir-faire et proposons des techniques permettant d'obtenir cette qualité ».

Cette qualité constante est d'autant plus importante pour la purification. L'entrée d'air dans les casiers, un problème lié à ce mode de fonctionnement, peut très vite rendre l'obtention d'un biométhane injectable impossible. « En effet, l'oxygène et l'azote ne sont (quasiment) pas éliminés par les différentes technologies de purification et se retrouvent donc enrichis dans

le biométhane où ils atteignent rapidement des concentrations incompatibles avec les prescriptions techniques exigées par les gestionnaires des réseaux, explique Sander Reijerkerk chez Arol Energy. Même la technologie PSA qui peut éliminer une partie de l'azote se trouve alors très vite pénalisée par une dégradation rapide de son rendement épuratoire qui entraîne un off-gaz trop riche en énergie pour être efficacement valorisé sur le site dans beaucoup de cas ».

Aeroe propose de son côté des services qui vont de l'étude à l'installation de puits de drainage, à la collecte, au pompage et à la destruction par brûlage ou à la valorisation du biogaz tandis que CMI Proserpol, Enprotech, Exonia, ou Valbio conçoivent, réalisent et maintiennent des unités de traitement et de méthanisation des effluents en adaptant leurs procédés aux problématiques spécifiques de leurs clients.

Fin 2014, on recensait 6 sites pionniers en injection dont quatre sont agricoles, essentiellement sur des effluents d'élevage ou cultures et un peu de matières extérieures. Le site collectif de méthanisation Biogaz Pévèle SARL à Wannehain, qui regroupe 7 partenaires agricoles et 5 industriels, est un pionnier pour l'injection à la ferme à partir d'un traitement en phase solide mis au



Börger

En 2014, Börger a développé deux nouveaux broyeurs innovants à travers la gamme Rotocruiser. Le RR6000 et le RR9000 d'une capacité maximale de 9 000 litres/mn assurent le broyage de toutes les particules indésirables. Quasiment insensibles au bouchage, ils assurent ainsi le broyage de "soupes épaissées", de boues épaissées, ou bien encore de lisiers ou de fumiers dans des installations biogaz.

Pour la mesure des gaz et des biogaz, Tecfluid propose les débitmètres SC-250 de DN15 à DN80 avec flotteur équipé d'un amortisseur hydraulique permettant une bonne stabilité des lectures, même avec des faibles pressions de service.

Les boîtiers indicateurs de ces débitmètres sont IP-65 et modulaires, pouvant intégrer, sans obligation d'un retour en usine, des cartes alarmes ou 4-20 mA. Une version certifiée ATEX est disponible avec sortie 4-20, totalisateur LCD 8 digits et protocole de communication HART.

point sur place. Il traite 9 000 tonnes de fumier et déchets agricoles provenant de sept exploitations; il injectera pour 6 000 MWh/an dans le réseau GRDF et le digestat, plus riche en azote disponible, sera utilisé pour l'amendement des sols et comme fertilisant.

### Le multi-mélange: une spécificité française

La plupart des technologies proposées aujourd'hui sur le marché français pour la méthanisation sont d'origine allemande. Cependant, le modèle adopté par ce pays repose sur un mélange de maïs (cultures dédiées) et de lisier de porc. « Le mélange maïs et lisier est homogène et fluide, explique Maeleenn Poitrenaud de Sede Environnement. Il ne pose pas de problème de brassage ni d'abrasion. En France, la filière repose sur des déchets d'origines diverses pouvant contenir des indésirables: morceaux de plastiques de déconditionnement, ficelles... Les contraintes techniques ne sont pas les mêmes. Il faut prévoir des systèmes robustes de préparation (avec broyage notamment) et d'homogénéisation des déchets, un brassage de type de celui utilisé en méthanisation



industrielle, et utiliser des matériaux résistant à la corrosion ».

Xergi, par exemple, propose des prétraitements

de biomasses fibreuses physiques, chimiques et biologiques. Comme Vogelsang, Netsch, Borger France, Busch, ou Atlantique Industrie (Landia), Biogaz PlanET commercialise de son côté, de nombreux dispositifs (BioMix®, Vario®, Gorater®, DesiUS®) destinés à broyer, défibrer, pulvériser et mélanger les déchets afin d'en faciliter la fermentation. Depuis 2014, cette société dispose d'une nouvelle solution, Rotacrex®, pour le micro-broyage et la préparation de substrats difficiles comme les fumiers pailleux et l'ensilage d'herbe qui est simple, peu consommatrice d'énergie et très peu sensible aux corps étrangers (pierres, ficelles). Biogaz PlanET a été sollicitée pour la construction de la Gaec du Champ Fleury qui doit être mise en route à l'été prochain avec une production injectée dans le réseau GRDF de 120 m<sup>3</sup> de biogaz/h (832 000 Nm<sup>3</sup>/an) avec un système d'épuration membranaire.

Les broyeurs Unihacker et Multichopper de la gamme Börger sont également reconnus dans le monde industriel pour leur robustesse et leur fiabilité. En 2014, Börger a développé deux nouveaux broyeurs innovants à travers la gamme Rotocrusher. Le RR6000 et le RR9000



Cette installation de traitement des eaux usées industrielles, située en Bretagne, a récemment été agrandie et optimisée par Enprotech. L'extension de la station, via l'ajout d'un réacteur anaérobie, permet au site de produire de 4 600 Nm<sup>3</sup> à 6 800 Nm<sup>3</sup> par jour de biogaz.

Enprotech

L'utilisation du biométhane doit être optimisée. L'Agenitor 306 de 2G Solutions, implanté sur une centrale de chauffage urbain à Elmshorn (Allemagne), utilise du biométhane. Il fonctionne avec deux échangeurs à plaque qui permettent de descendre la température des gaz d'échappement à 50° et de produire 30 kW supplémentaires.

d'une capacité maximale de 9 000 litres/mn assurent le broyage de toutes les particules indésirables. Quasiment insensibles au bouchage, ils assurent ainsi le broyage de "soupes épaisses", de boues épaissies, ou bien encore de lisiers ou de fumiers dans des installations biogaz.

Landia, fabricant de pompes broyeuses et d'agitateurs Danois développe de nombreuses solutions en matière de méthanisation, les intrants étant semblables à ceux traités en France. Pour pallier aux problèmes de corrosion, toute la gamme est déclinée en Inox de fonderie, évitant ainsi l'usure prématurée des équipements. Ceux-ci peuvent également être en acier haute dureté pour les problèmes d'abrasion. La gamme de pompes dilacératrices équipées de système de recirculation, permettent un broyage et une homogénéisation des préfosse. Le système de brassage de digesteur breveté Gazmix, équipé d'une pompe dilacératrice, permet de broyer de plus en plus finement le digestat (favorise la production de Biogaz), son principe de recirculation de digestat par buse et venturi assure un bon mélange des digesteurs. Ce système extérieur au bassin, facilite la maintenance et assure la sécurité de l'exploitant. Par ailleurs, l'expérience de Landia dans la méthanisation depuis plusieurs dizaines d'années permet un dimensionnement adapté des équipements, notamment au niveau des puissances qui doivent être suffisantes. « Il vaut mieux, par exemple, utiliser une forte puissance pour bien homogénéiser et fonctionner moins longtemps, souligne Jean-François Gautreau, Responsable Landia France. Souvent, les équipements sont sous-dimensionnés ce qui oblige l'exploitant à les faire fonctionner très longtemps occasionnant ainsi une augmentation de la consommation électrique consommée ».

### Un contexte encore fragile

Les projets de méthanisation se multiplient, mais les acteurs déplorent des taux de subvention très variables selon les politiques régionales (de quelques pour-



2G Solutions

cents à 20 % du projet), des incitations insuffisantes et des difficultés administratives. « Il est nécessaire de simplifier les aspects administratifs, notamment pour la filière méthanisation pour l'agriculture, tout en conservant le même niveau d'exigence, indique Claire Ingremeau du Club Biogaz. Les procédures sont en effet élaborées au niveau régional pour s'adapter aux conditions locales mais sans référence à un tronc commun. De plus, comme c'est une filière jeune, les banques sont réticentes à garantir les risques de leur financement ». Le Club Biogaz a publié en 2014 deux livres blancs, l'un sur le biogaz et l'autre sur le bioGNV, regroupant des propositions destinées à améliorer la filière française de la valorisation du biogaz de toute origine. « Il est également nécessaire, poursuit Claire Ingremeau, d'augmenter la rentabilité de la méthanisation en améliorant les tarifs au rachat. Nous sommes sur la bonne voie avec, début 2015, la création d'un comité national biogaz regroupant les

acteurs dans des domaines éloignés (agricole, environnement, eau, etc.) pour entamer une réflexion sur la manière de pallier ces difficultés ». En effet, la tension sur les prix des gisements, notamment sur les pays frontaliers qui ont des tarifs plus attractifs pour le rachat d'électricité issue du biogaz, induit des "fuites de déchets" vers ces pays afin de mieux les valoriser économiquement. Une mise en cohérence des tarifs avec ceux des pays frontaliers serait souhaitable, tout comme un

rééquilibrage des filières. « Les tarifs actuels sont très en faveur de la filière agricole, avec la volonté de répondre aux problèmes des effluents d'élevage et d'apporter un second souffle à la profession, mais le tarif devrait être tout aussi intéressant pour les bio-déchets car les projets uniquement en bio-déchets sont à peine rentables », conclut Maelenn Poitrenaud. ■

## Donnez une nouvelle vie à vos co-produits et rejets avec Alcion Environnement



Credit: Photo - Jean Philippe RICARD

### Procédé VALECARB®

Utilisez le CO<sub>2</sub> issu des unités de méthanisation ou de la fermentation vinicole et fabriquez des bicarbonates (sodium, potassium, magnésium...)



Alcion Environnement  
62, rue Lauriston - 75116 PARIS  
contact@alcion-env.com