



## Comment limiter les émissions de gaz à effet de serre ?

### Sommaire

- 2 Interview**  
Michel Dutang,  
Directeur de la recherche de Veolia  
Environnement.
- 4 Technologies**  
Une chaudière biomasse pilote.
- 6 Programme de recherche**  
En attendant les biocarburants  
de seconde génération.
- 8 Programme de recherche**  
Comment récupérer davantage de biogaz ?
- 10 3 questions à...**  
Patrick Faisques,  
Direction Environnement.

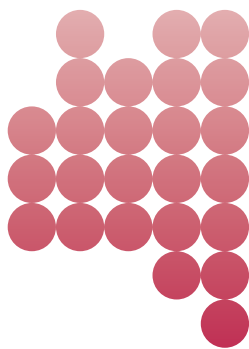
### **Les émissions de gaz à effet de serre de Veolia Environnement représentent 39,5 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub>,**

soit un millième des émissions mondiales. Un chiffre suffisamment significatif pour que le Groupe consacre plus de 70 % de ses programmes de recherche à la lutte contre le changement climatique.

Améliorer l'efficacité énergétique des process; exploiter des sources d'énergie renouvelables pour produire de la chaleur, de l'électricité ou des biocarburants; capter et stocker ou valoriser certains gaz à effet de serre (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>): tels sont les objectifs poursuivis pour limiter voire supprimer les émissions de gaz à effet de serre.

Zoom sur quelques-uns des axes de travail des chercheurs de Veolia Environnement.





## INTERVIEW

# « Plus de 70 % des programmes de recherche de Veolia s'inscrivent dans la lutte contre le changement climatique. »



**Michel Dutang,**

Directeur de la recherche de Veolia Environnement

**“Par nos activités mêmes, nous contribuons à limiter les émissions de gaz à effet de serre”**

**Que fait le groupe Veolia Environnement pour remplir les objectifs européens de lutte contre le changement climatique ?**

« Prestataire de services à l'environnement, Veolia Environnement est particulièrement engagé dans la lutte contre le changement climatique. Par nos activités mêmes, nous contribuons à limiter les émissions de gaz à effet de serre : le transport collectif de voyageurs évite les rejets des voitures individuelles, la gestion écologique des décharges réduit la dispersion du méthane, le bon entretien des chaudières diminue les consommations d'énergie et les émissions qui leur sont liées...

Toutefois, les quelques 100 000 sites que le Groupe exploite dans le monde entier pour le compte de ses clients, installations de combustion et installations de stockage de déchets en particulier, génèrent des rejets de gaz à effet de serre importants : 1/1000 des émissions mondiales au total. Par ailleurs, dans les régions où le Groupe se développe – l'Asie, le continent américain, l'Europe centrale et orientale – la problématique CO<sub>2</sub>, déjà importante, prend de plus en plus d'acuité. Tout ceci explique que le Groupe se mobilise fortement pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. »

**Comment l'engagement de Veolia Environnement se traduit-il au niveau de la recherche ?**

« Plus de 70 % de nos programmes de recherche s'inscrivent dans la lutte contre le changement climatique. Nos travaux suivent trois grands axes : amélioration de l'efficacité énergétique et maîtrise des besoins, développement de l'utilisation des énergies renouvelables, captage et valorisation ou stockage des gaz à effet de serre (méthane, CO<sub>2</sub>). »

**Qu'en est-il de l'optimisation énergétique des process ?**

« Depuis longtemps nous travaillons à améliorer le rendement des installations énergétiques que gère le Groupe. Nos travaux consistent par exemple à remédier

aux phénomènes d'encrassement des chaudières et à optimiser la combustion. Nous avons notamment mis au point un capteur qui permet d'identifier de façon peu coûteuse et en continu les caractéristiques qualitatives du gaz naturel et de régler en conséquence la combustion des chaudières exploitées par Dalkia. Ce procédé est aujourd'hui commercialisé par l'un de nos partenaires.

Nous développons aussi des outils avancés de modélisation de la combustion et travaillons à améliorer la valorisation énergétique des déchets.

Nous cherchons également à réduire les consommations lors de l'utilisation. Nous étudions par exemple des systèmes de récupération d'énergie dans le cas de la gestion de l'eau. Pour les bus électriques et les tramways, nous évaluons des systèmes pour récupérer l'énergie lors de la phase de décélération. Nous avons par ailleurs développé un outil de modélisation qui permet de quantifier le taux de renouvellement d'air dans un entrepôt frigorifique en fonction de ses conditions d'utilisation, en vue d'ajuster au mieux la production de froid aux besoins. Quant aux travaux de recherche que nous menons pour optimiser la maintenance des réseaux de distribution d'eau, ils ont notamment pour effet de prévenir les fuites d'eau et donc d'éviter la consommation d'énergie liée à un surplus inutile de production d'eau potable. »

**Quelles sont vos avancées dans le domaine des bioénergies ?**

« Nos travaux qui visent à exploiter le potentiel énergétique de la biomasse<sup>(1)</sup> sont multiples et s'appliquent aussi bien aux secteurs industriel et résidentiel qu'aux transports. Ils portent en particulier sur la valorisation des déchets, qui constituent un important gisement de biomasse. Nous cherchons par exemple à améliorer les performances énergétiques de chaudières fonctionnant avec des déchets de bois non traités. Nous avons mis en service en 2006 une chaudière biomasse pilote en vue notamment de

caractériser la combustion de déchets comme les chutes de scieries et de l'industrie papetière ou celles liées à la coupe des arbres. Nous examinons les mélanges qui peuvent dégager le meilleur rendement. Nous explorons également les différentes filières de production de biocarburants. Nous expérimentons le diester (30 % d'ester d'huile de colza et 70 % de diesel) sur des flottes d'autobus et d'autocars. Nous travaillons à la fabrication de biocarburants à partir d'huiles alimentaires usagées. Nous nous intéressons à la production de biométhane, ou bioGNV, à partir du biogaz émis par la fermentation des déchets biodégradables. C'est l'une des voies de valorisation du méthane capté sur les installations de stockage de déchets. La problématique est de parvenir à un produit qui présente des caractéristiques similaires à celles du gaz naturel afin de pouvoir l'utiliser dans des chaudières d'habitation ou dans des véhicules. Nous devons aussi en examiner les conditions de transport. Il faut enfin s'assurer que le coût de cette filière est raisonnable et son bilan environnemental intéressant. »

(1) Par biomasse, on entend la matière organique hors hydrocarbures et leurs dérivés.

### **Quel est l'enjeu du captage et de la valorisation du méthane ?**

« Il est double du point de vue de la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Principal composant du biogaz dégagé par la décomposition des déchets biodégradables, le méthane a un coefficient d'effet de serre une vingtaine de fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>. Il est donc crucial d'en supprimer les émissions. Il constitue par ailleurs une source d'énergie verte : il peut être utilisé à la place d'une ressource fossile pour produire de l'électricité, de la chaleur (ces filières sont d'ores et déjà maîtrisées) ou un biocarburant. Actuellement Veolia capte et valorise le méthane sur plus de 80 % de ses installations de stockage de déchets. Nos travaux de recherche visent à optimiser nos procédés de captage, à intensifier et augmenter la production de méthane et à améliorer sa qualité pour maximiser les possibilités de valorisation. »

### **Où en sont vos recherches sur le captage, transport et stockage ou valorisation du CO<sub>2</sub> ?**

« Nous avons engagé en 2005 un programme sur le captage, le transport, le stockage ou la valorisation du CO<sub>2</sub>. Ce programme vise à compléter les solutions proposées

par le Groupe pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et lutter contre le changement climatique. À l'heure actuelle, plus de 50 % des émissions de gaz à effet de serre du Groupe proviennent de la gestion d'installations de combustion. Le développement de Veolia dans des régions du monde qui recourent principalement à des combustibles fossiles comme le charbon nécessite aussi d'approfondir les différentes solutions technologiques visant à réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. S'il n'est pas possible d'utiliser des énergies renouvelables et une fois optimisées l'efficacité énergétique et la maîtrise de la demande, on sera amené à capter le CO<sub>2</sub>. Les installations gérées par le Groupe étant de tailles diverses, nous étudions des technologies de captage adaptées à des flux d'émission de différente importance. Compte tenu de leur dispersion, et pour mettre en place des solutions pérennes, nous devons aussi étudier la problématique du transport et trouver des solutions de stockage sûres, économiquement viables et respectueuses de l'environnement. À cet effet, nous avons lancé en mars 2008 un projet de pilote de captage-stockage géologique de CO<sub>2</sub> dans le nord de la région parisienne. Enfin, nous travaillons aussi sur le captage et la valorisation du CO<sub>2</sub>. En effet, certains procédés industriels (pétrochimie...) utilisent du CO<sub>2</sub>. Le captage et la valorisation consiste à capter le CO<sub>2</sub> d'un de nos sites par exemple pour le fournir à un industriel situé à proximité et qui en a besoin dans le cadre de son procédé de fabrication. »

### **Comment évaluez-vous l'éco-intérêt de ces innovations ?**

« Nous recourons de façon quasi-systématique à la méthode d'analyse du cycle de vie (ACV) pour dresser les bilans environnementaux de nouveaux procédés. Nous l'utilisons notamment pour analyser les différentes filières de valorisation énergétique des boues d'épuration, de production de biocarburants, de valorisation du biogaz ou encore pour évaluer les systèmes de captage et de stockage de CO<sub>2</sub>. Nous intégrons l'ensemble des impacts sur l'environnement, à un instant « t », sur la totalité de la chaîne : nous établissons le bilan gaz à effet de serre et les autres impacts sur l'environnement. Par exemple, si cultiver des plantes pour produire des biocarburants nécessite beaucoup d'eau, on peut s'interroger sur le bilan environnemental global de cette solution. » ■

## **Vers la production de biohydrogène ?**

*La R&D de Veolia Environnement explore une piste qui pourrait ouvrir des perspectives très prometteuses pour passer à l'économie de l'après-pétrole : la méthanisation de boues de stations d'épuration et de déchets biodégradables (biodégradation sans oxygène). L'un des procédés de méthanisation permet de produire et du méthane, et de l'hydrogène. Si elle se révèle viable, cette filière de valorisation énergétique pourrait servir à alimenter la piste des combustibles, fixes ou embarqués - alors qu'à l'heure actuelle la production d'hydrogène est fortement consommatrice d'électricité.*

## **Les 3 « 20 » de l'Union Européenne**

*Afin de lutter contre le changement climatique et de diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, l'Union Européenne s'est fixée 3 objectifs à atteindre d'ici 2020 : 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre, 20 % d'amélioration de l'efficacité énergétique, 20 % de sources d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie, ce troisième objectif étant contraignant.*

## **Le « Grenelle de l'Environnement » a fait de la lutte contre le changement climatique l'un de ses axes de réflexion.**

*Rendues en novembre 2007, ses conclusions retiennent comme priorité de réduire la consommation d'énergie des bâtiments (qui représente 42,5 % de la demande énergétique) et des transports (37 %). En ce qui concerne la production d'énergie, il est prévu de développer des systèmes autonomes et décentralisés adossés au système centralisé, en s'appuyant en particulier sur les sources d'énergies renouvelables. L'installation de chaufferies collectives biomasse et de réseaux de chaleur renouvelable sera notamment encouragée. Parmi les axes de recherche privilégiés figurent : la réduction des consommations de combustibles fossiles, la production d'énergie sans carbone, le captage, le stockage et le recyclage du carbone, les biocarburants de seconde génération.*



## TECHNOLOGIES

# Une chaudière biomasse pilote

Depuis plusieurs années, la Recherche de Veolia conduit des travaux sur la production d'énergie à partir de la biomasse. Les équipes de recherche s'appuient, depuis 2006, sur une halle d'essais thermiques comprenant notamment une chaudière biomasse de 400 kW. Outre l'amélioration du rendement de l'installation et de sa conduite, les équipes ont pour objectif d'évaluer l'intérêt énergétique et environnemental de différents biocombustibles : déchets de bois, cultures énergétiques, résidus agricoles.

La biomasse est la première source d'énergie renouvelable pour la production de chaleur et connaît depuis quelques années un essor important : le développement de la filière peut contribuer à atteindre les objectifs que s'est fixée l'Union Européenne en termes d'énergies renouvelables. En France, il est prévu d'augmenter de 50 % la production de chaleur d'origine renouvelable.

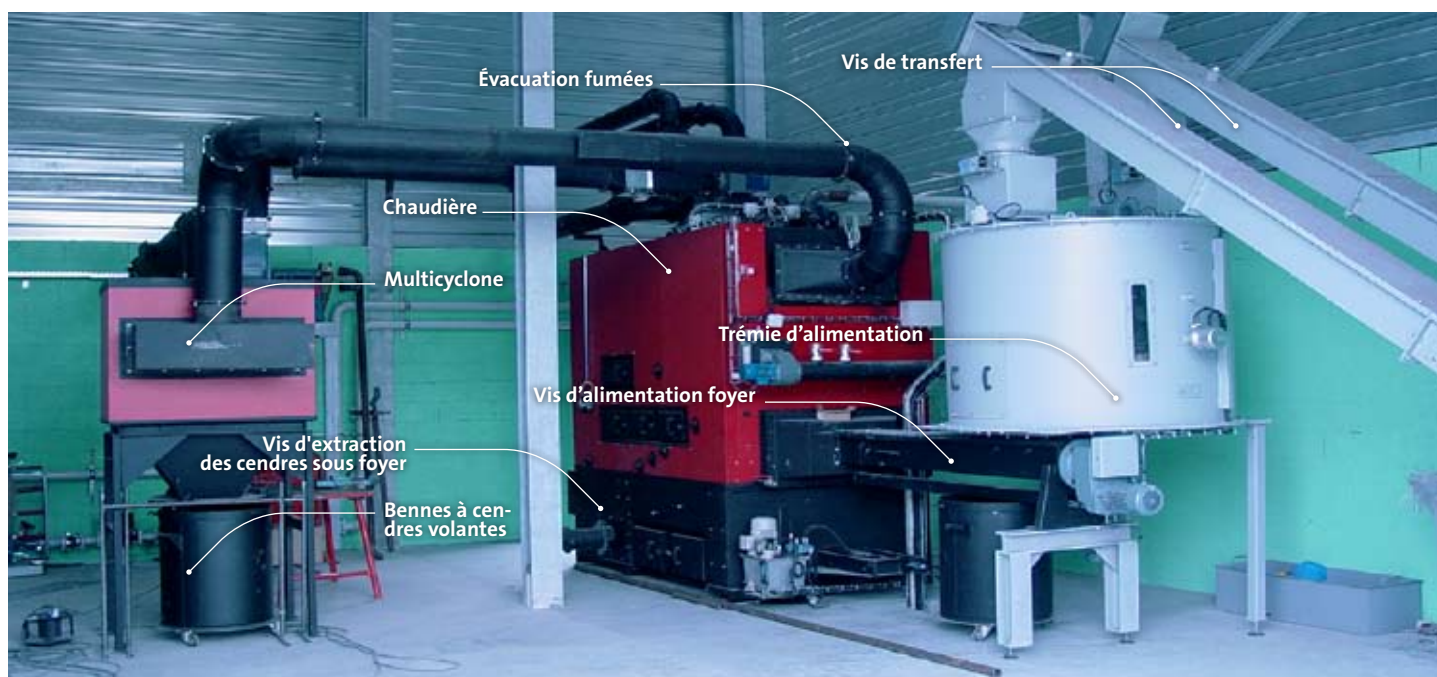
### Un bilan CO<sub>2</sub> neutre

Le bois « énergie » peut apporter une contribution essentielle. Comme toutes les essences végétales, le bois absorbe du CO<sub>2</sub> lors de sa croissance, puis fixe le carbone et rejette l'oxygène. « Lors de sa combustion, il émet autant de CO<sub>2</sub> qu'il en a absorbé. Son bilan CO<sub>2</sub> est donc considéré comme neutre si sa consom-

mation demeure raisonnée et sous réserve qu'il n'y ait pas d'émissions de gaz annexes dues à une mauvaise combustion » explique Karim Tabet, ingénieur au Centre de recherche sur l'énergie et la propreté. « Pour 1 tonne de bois produite, 1,5 tonne de CO<sub>2</sub> est captée et 1,1 tonne d'oxygène est rejetée. La combustion du bois entraîne la restitution à l'atmosphère d'une quantité de CO<sub>2</sub> qui correspond exactement à celle fixée précédemment par l'arbre exploité, ou par celui qui, à l'avenir, le remplacera. Il s'agit donc de carbone renouvelable. »

### Évaluation énergétique et environnementale

D'une puissance de 400 kW, la chaudière biomasse pilote de Veolia Environnement pourrait alimenter une quarantaine de



L'alimentation de la chaudière biomasse se fait à partir de 2 bennes de stockage de 40 m<sup>3</sup> dont les fonds vibrants permettent d'extraire plus aisément le combustible. Celui-ci est acheminé par 2 vis sans fin jusqu'à une trémie cylindrique de 1,4 m<sup>3</sup> qui a une fonction de réservoir tampon. Si les bennes sont chargées de combustibles distincts, c'est au sein de la trémie que s'opère leur mélange.

À l'intérieur de la chaudière, une grille mobile inclinée assure l'écoulement des braises et des cendres. Un système à 3 niveaux d'injection d'air, soit 1 de plus que dans une chaudière bois classique de ce type, permet d'optimiser la combustion. Le recyclage d'une partie des fumées confère un moyen supplémentaire d'agir sur la combustion et de contrôler les champs de températures. Les fumées recyclées mélangées avec de l'air neuf peuvent être injectées au-dessus ou au-dessous de la grille. Les cendres volantes sont captées par un multicyclone. Le débit des fumées ainsi que leurs teneurs en O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NOx, SO<sub>2</sub>, COV et poussières sont mesurés en continu.

familles en eau chaude sanitaire. Les chercheurs ont étudié la combustion de plusieurs types de bois - plaquettes forestières, écorces, broyats de palettes, etc. - afin d'évaluer l'influence du type de combustible sur le niveau des émissions et la qualité des cendres produites notamment. Les performances énergétiques et environnementales d'autres biocombustibles sont également étudiées : cultures énergétiques - miscanthus, switchgrass, taillis à courtes rotations, sorgho - ainsi que des résidus issus de l'agriculture et de l'agri/agroindustrie - paille de céréales, sarments de vignes, tourteaux de colza, drèches de blé... À l'heure actuelle, les premiers essais de combustion du miscanthus semblent positifs en termes d'émissions et de rendement énergétique.

## Optimisation de la combustion

L'autre travail des chercheurs est d'optimiser le rendement de l'installation. Pour cela, il faut améliorer le procédé de combustion et garantir une combustion complète. Cela suppose de réunir un certain nombre de conditions en termes de température, de temps de séjour des gaz et de mélange et d'apport d'air. « Il faut subdiviser l'air de combustion en air primaire et en air secondaire, souligne Karim Tabet. L'air primaire va sécher le combustible puis oxyder le carbone solide tandis que l'air secondaire va brûler les gaz de pyrolyse provenant de la décomposition thermique du bois. Une bonne répartition de l'air primaire et secondaire dans le foyer de l'installation est primordiale pour assurer une bonne combustion. » Il faut également réaliser un apport excédentaire d'oxygène pour brûler correctement tous les gaz de pyrolyse, garantir un mélange homogène entre l'air secondaire et les gaz de pyrolyse et opérer à une température de l'ordre de 850°C. La chaudière est équipée de multiples instruments de mesure, notamment pour suivre en continu les paramètres qui renseignent sur la qualité de la combustion : température du foyer, puissance de la chaudière, taux d'oxygène et teneur en monoxyde de carbone dans les fumées de combustion.

**“D'une puissance de 400 kW, la chaudière biomasse pilote de Veolia Environnement pourrait alimenter une quarantaine de familles en eau chaude sanitaire.”**



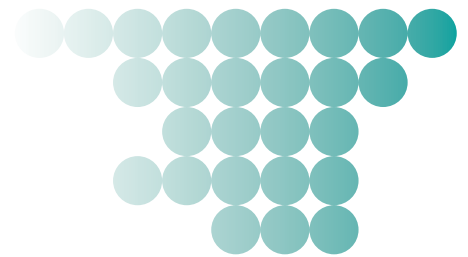
Bennes de stockage des combustibles

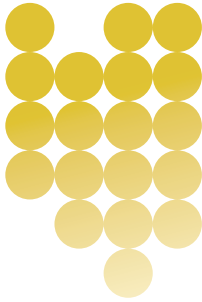


Plaquettes forestières



Le miscanthus est une herbe pérenne : pendant 20 ans, il repousse après chaque récolte annuelle sans qu'il soit besoin de le replanter. Il ne nécessite quasiment pas d'engrais ni de pesticides et présente des rendements élevés en biomasse (environ 20 tonnes de matière sèche/ha/an).





## PROGRAMME DE RECHERCHE

# En attendant les biocarburants de seconde génération

**Les premiers essais de biocarburants de Veolia Environnement sur sa flotte de bus et d'autocars datent de 20 ans. Commencés avec le diester, mélange d'ester d'huile de colza et de diesel, à hauteur respective de 30 % et 70 %, ils se poursuivent ponctuellement avec les nouveaux produits proposés sur le marché. Environ 700 véhicules de Veolia Transport roulent aujourd'hui au diester – avec un surcoût kilométrique compris entre 3 et 5 %.**

La recherche du Groupe se tourne depuis 2 ans vers les biocarburants de seconde génération, a priori plus intéressants sur le plan environnemental que les agrocarburants : le gisement potentiel est moins limité et ces filières n'entrent pas en concurrence avec la filière alimentaire (cf. encadré ci-contre). Cette fois, il s'agit non seulement d'étudier leur compatibilité avec les véhicules ainsi que les rejets qu'ils induisent, mais aussi d'en fabriquer, à partir des déchets que traite Veolia Propreté.

Regard sur deux filières : celle des huiles alimentaires usagées et celle du BioGNV.

### Article 1 Recycler l'huile de friture en ester

Avec Veolia Propreté et Veolia Transport, la Recherche de Veolia travaille à la mise en place d'une filière de production de biocarburant à partir de l'huile alimentaire usagée récupérée dans les établissements de restauration collective. Les études en cours visent à fixer les caractéristiques d'un mélange adapté aux véhicules de transport collectif et à évaluer les impacts environnementaux de la filière globale.

Collecte, filtration, estérification, mélange avec du gazole selon un ratio 30/70, utilisation par la flotte de Veolia Transport : telle est la chaîne de recyclage que le Groupe envisage pour les huiles alimentaires usagées.

À l'heure actuelle, Veolia Propreté récolte les huiles, les filtre et a engagé la construction d'une usine d'estérification. La Recherche de Veolia et Veolia Transport expérimentent depuis 1 an ce biocarburant sur 3 autocars.

### Des résultats prometteurs

« Ses caractéristiques sont comparables à celles d'un biocarburant traditionnel. À l'échappement, il se comporte aussi bien. Mais, au vu de l'étude menée avec l'Ademe, son bilan environnemental est meilleur » explique Jean-Loup Gauducheau, ingénieur de l'équipe recherche de Veolia Transport. Une Analyse du Cycle de Vie est en cours pour évaluer l'ensemble des impacts environnementaux de la filière, du ramassage des huiles jusqu'à la fabrication du produit, et les comparer avec ceux du diesel et des agrocarburants. D'ores et déjà, plusieurs éléments lui sont favorables. « Comme nous partons d'un déchet, nous évitons la consommation de combustibles fossiles et les nuisances amont liées aux cultures énergétiques, poursuit le chercheur. De plus, Veolia Propreté utilisera la chaleur fournie par une usine d'incinération de déchets pour estérifier les huiles. » Quant au produit lui-même, les travaux se poursuivent pour développer différentes formulations et les tester sur des véhicules plus récents.

### Article 2 Alimenter les camions poubelles en BioGNV

Après une étude internationale de faisabilité, Veolia Environnement expérimente la production de BioGNV à partir du biogaz généré par une installation de stockage des déchets non dangereux.

Quand elles se décomposent, les matières organiques telles les déchets alimentaires, les déchets de bois ou les déchets agricoles dégagent du biogaz. Constitué pour moitié environ de méthane, ce gaz peut être valorisé en carburant. Mais pour que cette solution soit viable, il faut remplir au moins 3 conditions : transformer le biogaz en gaz de bonne qualité, c'est-à-dire le hisser au niveau des préco-

**“... Veolia Environnement expérimente la production de BioGNV à partir du biogaz généré par une installation de stockage de déchets”**

nisations du GNV (gaz naturel véhicule) ; disposer de véhicules roulant au GNV ; avoir une source de production située sur le passage de ces véhicules.

## Des expériences dans le transport

Quelques flottes de Veolia Transport roulent déjà au BioGNV. Sur la côte ouest des Etats-Unis par exemple, certains véhicules sont alimentés avec du BioGNV issu du biogaz d'une installation de stockage des déchets non dangereux (ISD). En Suède, des bus s'approvisionnent depuis 1998 à une usine qui méthanise des résidus agricoles comme les lisiers. Ce procédé de fermentation sans oxygène a pour avantage de dégager un biogaz de meilleure qualité que celui des ISD. En revanche, les unités de méthanisation, certes plus productives, nécessitent une sélection préalable des déchets les plus fermentescibles. La pertinence des solutions dépend étroitement des contextes locaux.

## Enrichir le biogaz

Les chercheurs de Veolia ont donc en premier lieu examiné différentes expériences BioGNV pour déterminer les gisements de déchets à exploiter à titre expérimental et les procédés à mettre en œuvre. Le site de Claye-Souilly de Veolia Propreté a été retenu. Plusieurs procédés d'enrichissement du biogaz vont être testés, du point de vue de leurs performances et de leur coût. Il s'agit de séparer les différents gaz présents (azote, CO<sub>2</sub> et oxygène) pour atteindre un taux d'enrichissement du méthane minimum de 90 % et d'éliminer les polluants comme les métaux et les siloxanes.

## Le « plein » de BioGNV

Ainsi obtenu, le BioGNV sera conditionné et comprimé pour alimenter des camions de collecte de déchets à partir d'une station de distribution. Les chercheurs étudieront aussi les effets de ce biocarburant sur le comportement des véhicules et les conditions d'exploitation associées. Dans un second temps, ils le testeront sur différents véhicules GNV (poids lourds) intervenant à plusieurs niveaux de la logistique des déchets et selon la disponibilité des constructeurs. À quand les routiers roulant bio ?



**“Comme nous partons d'un déchet, nous évitons la consommation de combustibles fossiles...”**



Station-service

## La part des biocarburants dans la consommation de carburants : objectifs publics

Union Européenne : 5,75 % en 2010  
France : 7 % en 2010, 10 % en 2015



Collecte d'huiles alimentaires usagées

## D'une génération à l'autre

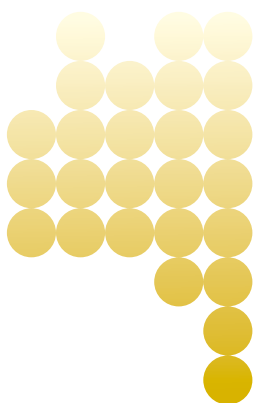
*Il n'existe pas de définition officielle des biocarburants de première et de seconde génération, tous deux produits à partir de matières organiques non fossiles. D'où un certain flou dans la délimitation de leurs champs respectifs. Toutefois, outre le fait que les premiers sont antérieurs aux seconds, ils se distinguent par les matières premières et les technologies qui sont utilisées pour les fabriquer ainsi que par leur capacité à lutter contre l'effet de serre.*

*Appartiennent aux premiers les agrocarburants : les alcools obtenus par fermentation de plantes (betterave et canne à sucre, blé...) et utilisés purs ou mélangés à de l'essence ; les huiles (colza, tournesol...) qui sont converties en esters d'acides gras puis incorporées au diesel. Relèvent des seconds les carburants liquides obtenus à partir de biomasse (résidus de bois, feuilles, pailles, déchets alimentaires, déchets agricoles, plantes entières...) en mettant en œuvre des procédés de synthèse, et utilisés tels quels.*

*Le bilan environnemental et économique des agrocarburants de première génération, dont le rendement n'est pas très élevé, apparaît aujourd'hui mitigé. De nombreuses critiques leur sont adressées. Entrant en concurrence avec les cultures agricoles à vocation alimentaire, ils conduiraient à une utilisation trop intensive des sols et pousseraient les prix alimentaires à la hausse. La fabrication et l'épandage des engrais nécessaires à ces cultures énergétiques est en outre source de gaz à effet de serre.*

*Selon un sondage réalisé auprès d'experts du climat et présenté à la conférence de Bali en décembre 2007, les biocarburants de première génération figurent au 18<sup>e</sup> rang des technologies pouvant diminuer les émissions de gaz à effet de serre, alors que ceux de la seconde génération sont aux 7<sup>e</sup> rang(1).*

*(1) Sondage réalisé en 2007 auprès d'experts et de décideurs climatiques par Globe Scan Incorporated pour la Banque Mondiale, l'Union mondiale pour la Nature (UICN) et le Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI).*



## PROGRAMME DE RECHERCHE

# Comment récupérer davantage de biogaz ?

**Plus de 60 % des déchets traités par Veolia Propreté empruntent la filière des installations de stockage. Leur décomposition génère du biogaz, qui contient 40 à 45 % de méthane. Celui-ci a un coefficient de gaz à effet de serre 21 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>, ainsi qu'une forte valeur énergétique (1 m<sup>3</sup> de méthane équivaut à environ 1 litre d'essence). D'où la nécessité de le capter au maximum en vue non seulement de réduire ses impacts environnementaux mais aussi de le valoriser en chaleur et/ou en électricité, voire même demain en biométhane pour d'éventuelles utilisations en carburant, dans les réseaux de gaz naturel ou dans les piles à combustibles.**

À cette fin, la recherche de Veolia a développé des techniques de dégazage et un outil de gestion automatisée des réseaux de captage. Une autre voie explorée pour optimiser le potentiel énergétique des installations de stockage est celle du bioréacteur, qui consiste à accélérer la dégradation des déchets (cf. Cahier des Chroniques n°2). Les chercheurs de Veolia se sont appuyés sur l'expertise de Veolia Propreté, en France comme aux Etats-Unis, pour développer une technique de captage du biogaz, dite à l'avancement, qui permet de dégazer les installations de stockage des déchets non dangereux (ISD) au fur et à mesure de leur remplissage plutôt qu'une fois remplis.

### **20 % de gaz à effet de serre en moins**

L'intérêt de ce procédé est double : on évite la diffusion de biogaz dans l'atmosphère, et on dégage de l'énergie pendant le remplissage des casiers. Concrètement, des drains sont disposés horizontalement dans les déchets puis reliés à des puits de captage. Comment dimensionner ces réseaux, comment les implanter, comment éviter leur rupture prématurée ? Autant de questions que les chercheurs ont résolues.

« Avec cette technique de captage, les émissions de gaz à effet de serre sont réduites de 20 % par rapport

à un captage en phase finale » explique Christophe Aran, directeur de la recherche de Veolia Propreté.

### **Automatiser le réglage des réseaux**

Une fois ces réseaux posés, il faut les gérer pour optimiser le captage. Les flux et la pression du biogaz varient en effet,

parfois du matin au soir, selon les conditions de dégradation des déchets, elles-mêmes fonction de la météo et de la pression atmosphérique.

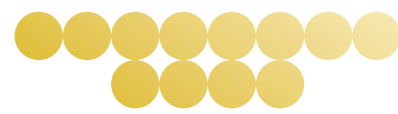
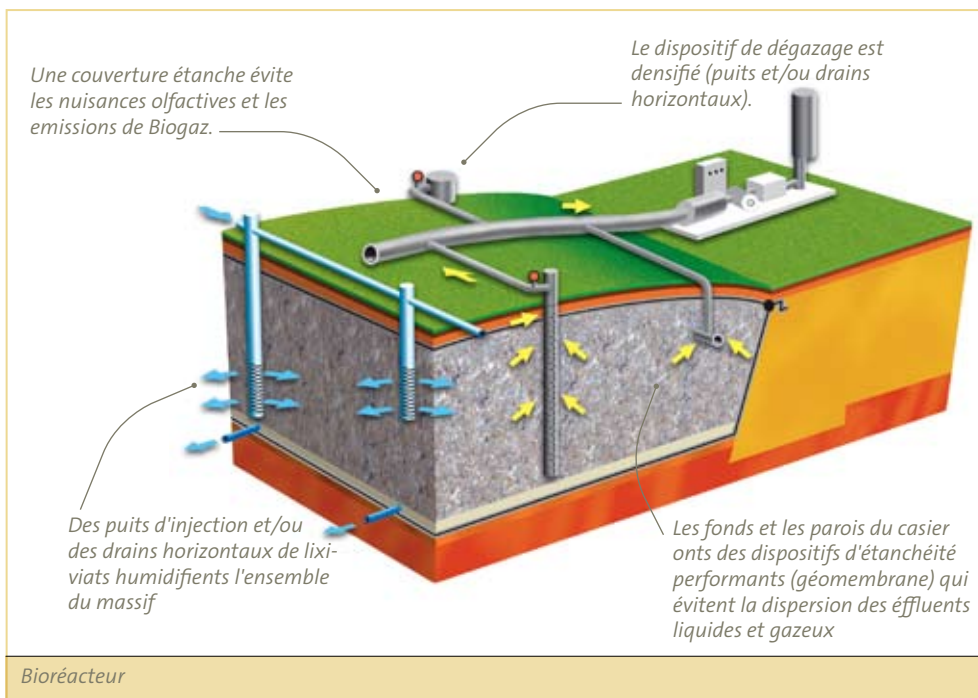
**“La pression du biogaz varie parfois du matin au soir, selon les conditions de dégradation des déchets...”**

que. « La gestion manuelle des réseaux a des limites, poursuit Christophe Aran. Le réglage du réseau par les opérateurs n'optimise le fonctionnement du réseau qu'à l'instant « t ». De plus, le maniement d'une vanne à un endroit interfère sur les autres points du réseau. Procéder au réglage vanne par vanne est perfectible. »

### **40 % de biogaz en plus**

Un procédé automatisé de gestion des réseaux de collecte a donc été mis au point : Méthacontrol® breveté par Veolia Propreté. Il sert à régler de façon dynamique le fonctionnement du réseau de captage, en prenant en compte différents paramètres internes ou externes au réseau qu'il a fallu auparavant identifier. « La difficulté est de trouver le juste degré de mise en dépression des casiers de déchets. Il ne faut pas trop aspirer pour éviter des infiltrations d'air, mais suffisamment pour éviter que le biogaz se diffuse dans l'atmosphère. »





## Modèles de production de biogaz

Afin de mieux dimensionner les installations de captage et de valorisation du biogaz, les chercheurs de Veolia développent des modèles de production de biogaz en fonction des caractéristiques des déchets entrants et des techniques de gestion des ISD.

## Mesure des émissions diffuses

À l'heure actuelle, les émissions de biogaz des ISD qui se diffusent dans l'atmosphère sont mesurées très souvent de façon empirique. Avec les outils de modélisation, la production de biogaz des sites est estimée à l'instant "t", les données obtenues sur le terrain via les débitmètres du réseau sont déduites de la production potentielle des sites pour en obtenir les émissions diffuses.

Les équipes de recherche de Veolia ont engagé des travaux pour les mesurer de façon plus fine, en utilisant des outils de détection spectroscopique. Développées par des équipes anglaises, hollandaises, américaines et françaises, différentes techniques à base de lasers, de gaz traceurs, de logiciels d'imagerie..., ont été comparées sur un site pilote. Ces essais sont appelés à être poursuivis sur plusieurs ISD afin de sélectionner la technique la plus efficace.

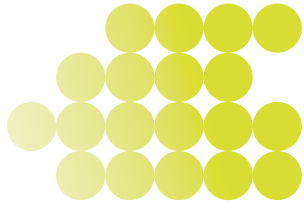
Les infiltrations d'air appauvrissent la qualité du biogaz, modifient les réactions biologiques du massif de déchets et risquent de provoquer potentiellement des combustions, voire des explosions.

Méthaccontrol® conduit à des résultats probants : sur le pilote de recherche de taille industrielle, la quantité de biogaz collectée peut être améliorée jusqu'à 40 % comparée à celle obtenue avec un réglage manuel. Le développement industriel du procédé est actuellement en cours avec les partenaires sélectionnés.

**“La difficulté est de trouver le juste degré de mise en dépression des casiers de déchets. Il ne faut pas trop aspirer pour éviter des infiltrations d'air, mais suffisamment pour éviter que le biogaz se diffuse dans l'atmosphère.”**

## Les Installations de Stockage de Déchets de Veolia Propreté

Potentiellement, les installations de stockage des déchets non dangereux de Veolia Propreté peuvent produire 580 millions de m<sup>3</sup> de méthane (données 2007), soit 490 000 TEP par an environ. Cela représente 1 % de la consommation de produits pétroliers par les transports en France, ou encore 3 % de la consommation de fioul dans le secteur résidentiel et tertiaire.



### 3 QUESTIONS À...

## Patrick Faisques

### « Veolia Environnement s'engage dans la voie du captage-transport stockage du CO<sub>2</sub> »



**Patrick Faisques,**

Direction  
Environnement

[patrick.faisques@veolia.com](mailto:patrick.faisques@veolia.com)

un site qui répond à ces caractéristiques géologiques, à Claye-Souilly, en Ile-de-France, à proximité de nos bases de recherche. Avec un volume de 200 000 tonnes/an de CO<sub>2</sub> devant être capté et stocké, ce pilote de taille industrielle sera à ce jour le plus important en France. Notre objectif est de faire fonctionner le système complet captage-transport-stockage à partir de 2012.

#### **Quel est l'enjeu du stockage du CO<sub>2</sub> ?**

« C'est l'une des solutions envisagée pour lutter contre le changement climatique. L'Union Européenne fixe comme objectif de réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020. La Commission, dans son paquet Climate action, mentionne le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> comme l'une des techniques principales permettant de contribuer aux objectifs mondiaux de réduction des gaz à effet de serre. Elle vient de proposer un cadre réglementaire à cette technologie et incite à la réalisation de pilotes de démonstration afin d'améliorer les connaissances. Le « Grenelle de l'Environnement » a aussi incité à développer la recherche en ce sens. L'objectif est de rendre cette solution disponible le plus rapidement possible. Veolia agit déjà pour une meilleure efficacité énergétique ainsi que pour le développement des énergies renouvelables et des combustibles alternatifs. Nous nous engageons aujourd'hui dans la voie du captage-transport-stockage du CO<sub>2</sub>. »

#### **Quel programme de recherche mène Veolia Environnement en ce domaine ?**

« Après une phase exploratoire, nous avons lancé une opération pilote appelée à concentrer de multiples programmes de recherche. Nous allons capter le CO<sub>2</sub> des fumées d'une unité de valorisation énergétique, alimentée à partir du biogaz généré par une installation de stockage des déchets non dangereux, et le capter dans un réservoir géologique. Après avoir examiné plusieurs solutions de stockage à l'étranger, nous avons recherché des structures géologiques qui sont reconnues comme pouvant servir de réservoir planétaire de CO<sub>2</sub> : des aquifères salins qui, à plus de 1 500 m de profondeur, présentent des caractéristiques optimales pour le retenir. Nous avons identifié

#### **Quelles précautions sont prises avant de procéder à cet essai grandeur nature ?**

« Les producteurs d'hydrocarbures pratiquent la réinjection du CO<sub>2</sub> dans le sous-sol depuis une bonne vingtaine d'années. Ils le stockent dans des réservoirs géologiques, anciens champs pétroliers ou gaziers, aquifères salins. Nous nous inspirons de leurs pratiques. Par ailleurs, nous avons fait appel à des experts, géologues et spécialistes de l'ingénierie du stockage, pour réaliser les études de faisabilité technique : Géogreen, société commune au BRGM, à l'IFP et à Géostock. L'étude de pré-faisabilité a conclu qu'il était envisageable de stocker du CO<sub>2</sub> dans le bassin parisien, sous certaines conditions. L'étude de faisabilité qui est en cours prend en compte tous les risques possibles au niveau du sous-sol, de sa structure et de ses autres usages. Il est notamment vérifié que les nappes aquifères salines sont bien étanches et n'ont pas de correspondance avec les nappes avoisinantes, dont les nappes superficielles exploitées pour la production d'eau potable. Au total, la faisabilité du projet va être étudiée pendant un an et demi. Ce groupe d'experts est également chargé de nous faire des propositions pour l'exploitation du réservoir – son dimensionnement, le rythme d'injection, etc. Si leurs conclusions positives sont confirmées, nous développerons alors notre programme d'observation du stockage, pour vérifier que l'opération s'effectue dans les conditions modélisées au préalable en raisonnant sur une échelle de temps longue. »

#### **Remerciements à :**

- **Michel Dutang**, Directeur de la Recherche de Veolia Environnement
- **Notre expert : Patrick Faisques**, Direction environnement de Veolia Environnement

**pour leur collaboration et leur disponibilité.**

**Directrice de la publication et de la rédaction :**  
Fanny Demulier

**Responsable éditorial :**

Émilie Pottier

**Rédaction :** Monik Malissard

**Conception :** Dream On

**Contact :** Direction de la Recherche

19 rue La Pérouse

75016 Paris - France

Tél. : +33 (0)1 71 75 10 88

Fax : +33 (0)1 71 75 05 92

Mail : [fanny.demulier@veolia.com](mailto:fanny.demulier@veolia.com)