

L'oxydation du biogaz : un moyen de réduire les émissions résiduelles

Olivier BOUR, Isabelle ZDANEVITCH
INERIS, BP2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Introduction

Depuis le début des années 2000, plusieurs facteurs concourent au besoin de développement de nouveaux modes de gestion des déchets municipaux. Parmi ces nouveaux modes de gestion, la filière de traitement mécanobiologique (TMB) permet de réduire très significativement les émissions résiduelles de biogaz. Les émissions de carbone sous forme de biogaz constituent en effet la très grande majorité des émissions de carbone des déchets enfouis, quelque soit la filière retenue (filière conventionnelle, bioréacteur, TMB).

Un programme d'étude des émissions résiduelles des nouveaux modes de stockage a démarré en 2006 à l'INERIS. Les travaux proposés dans ce programme comprenaient des mesures sur site des flux résiduels en méthane, COV totaux (COVT) et CO₂ sur les déchets prétraités et l'évaluation de l'activité de dégradation. L'objectif était en particulier de réaliser une mesure de l'activité d'oxydation du méthane, par la mesure de flux à la surface des déchets et des couvertures temporaires.

Ces travaux ont été conduits principalement sur deux sites, les sites de Mende et de Launay-Lantic, bénéficiant d'un traitement mécanobiologique permettant de réaliser un abattement des flux de biogaz en préalable à l'enfouissement des déchets.

Par ailleurs, une campagne de mesure complémentaire sur un biofiltre à Mauguio, a permis également de montrer un comportement typique d'un biofiltre lors d'un épisode de remontée barométrique.

Matériels et méthodes

Les travaux ont consisté principalement à réaliser plusieurs campagnes d'investigation sur les casiers les plus représentatifs des deux sites sélectionnés. Les campagnes d'investigation ont consisté en la réalisation du contrôle de la composition en gaz au sein des déchets par la réalisation de sondages (superficiels) en complément de la mesure des flux surfaciques de méthane, CO₂ et de COVT sur ces casiers, en privilégiant des conditions climatiques différentes. La méthodologie utilisée a consisté dans une première étape en la réalisation d'une interprétation de la cartographie des flux résiduels. Dans une seconde étape les relations entre les phénomènes existants (dégradation aérobie des déchets, oxydation du méthane) ont été examinés à l'échelle ponctuelle, afin de permettre de fournir des estimations de l'activité d'oxydation du méthane dans la couche la plus superficielle des déchets.

Deux méthodes peuvent être utilisées pour la quantification de l'oxydation : une méthode relativement directe liée aux flux ponctuels mesurés en surface, et une méthode plus indirecte liée à l'analyse isotopique du méthane et du CO₂ émis à la surface.

La quantification de l'oxydation a été réalisée sur chaque point en considérant les flux et mesures ponctuelles de méthane et de CO₂ (d'après. M. Christophersen & P. Kjeldsen, 2000).

L'oxydation du méthane dépend essentiellement de deux paramètres, d'après la méthode utilisée :

- le flux de méthane émis à la surface comparé à celui déduit en profondeur ;
- le ratio de méthane dans le biogaz analysé à la profondeur de 50 cm ou un ratio moyen déduit de la connaissance ou des mesures sur site.

$$J_{CH4inf} = (J_{CH4sup} + J_{CO2sup}) * \left\{ \frac{C_{CH4inf}}{C_{CH4inf} + C_{CO2inf}} \right\}$$

et

$$\begin{aligned} \text{Flux d'oxydation}(J_{ox}) &= J_{CH4inf} - J_{CH4sup} \\ \% \text{ oxydation} &= 100 * (J_{CH4inf} - J_{CH4sup}) / J_{CH4inf} \end{aligned}$$

où :

- J_{CH4inf} et J_{CO2inf} représentent les flux molaires de méthane et de dioxyde de carbone sur la face inférieure de la couverture ;
- J_{CH4sup} et J_{CO2sup} représentent les flux molaires de méthane et de dioxyde de carbone sur la face supérieure de la couverture.

Les flux surfaciques de méthane, CO₂ et COVT ont été mesurés au moyen de la chambre à flux à recirculation de l'INERIS.

Les teneurs en méthane ont été mesurées par deux analyseurs, à ionisation de flamme (dans la chambre à flux) et à infrarouge (dans les sondages).

Résultats

Les 3 sites investigués ont fournis des résultats complémentaires en termes de flux résiduels, de flux de méthane oxydés et de pourcentage d'oxydation.

Concernant le site de Mende, deux campagnes totalisant 71 points de mesures de flux combinés de méthane, CO₂ et COVT ont été réalisées en juin 2006 et mai 2007, essentiellement au niveau du casier de stockage recevant le compost. L'interprétation en termes de bilan de méthane produit à partir des données de flux de méthane et de CO₂ mesurés en surface (sur 1 000 m²) a permis d'estimer le débit produit par le casier à environ 30 m³/h de biogaz, soit un débit comparable à celui obtenu lors d'essais dynamiques (L. Riquier, 2006) en considérant un rayon d'action d'environ 10 m. Le ratio méthane/CO₂, mesuré à la surface, est significativement différent dans la zone ancienne (1,12) et dans la zone récente (1,67). Ce ratio s'explique essentiellement par l'oxydation du méthane, plus efficace sur les faibles flux de la zone ancienne.

Les résultats obtenus en 2007 confirment les estimations de 2006, et démontrent la possibilité d'obtenir une oxydation de l'ordre de 30 – 40 % en utilisant les fractions de déchets compostés disponibles. La principale limite à l'oxydation rencontrée sur site est liée à la teneur en eau du déchet, directement reliée à la perméabilité de la couche superficielle. Le tassement opéré par les manœuvres des engins, en particulier en période humide, réduit sensiblement les zones où l'oxydation est possible.

Le site de Launay-Lantic a été investigué en mai 2007 afin de mesurer les flux résiduels de méthane et de CO₂ présents avant la mise en place de la couverture finale.

Les mesures de flux ont été réalisées sur les casiers 1 et 2 comprenant des refus de tri avant compostage. Le flux de méthane sur le casier 1 (le plus ancien), recouvert, est apparu trop faible pour être mesurable.

Le flux résiduel de méthane avant oxydation a été évalué à environ 2,5 m³/h sur la zone du casier 2 le plus récente considérée (1 600 m²), soit une densité de flux de méthane d'environ 16 m³/ha/h. Malgré cette densité de flux de méthane relativement forte (supérieure à 10 m³/ha/h), des forts taux d'oxydation atteignant 80 % ont été estimés sur la couverture intermédiaire.

Si l'on considère le diagramme densité de flux de méthane /surface et les propositions de valeurs guides pour le captage du biogaz (INERIS, 2005), on remarque ainsi que l'oxydation du méthane a permis de réduire très significativement les flux résiduels. Cette réduction a été permise par l'utilisation de broyat de souche en surface du site, qui a constitué un substrat de granulométrie assez grossière, relativement perméable à l'oxygène.

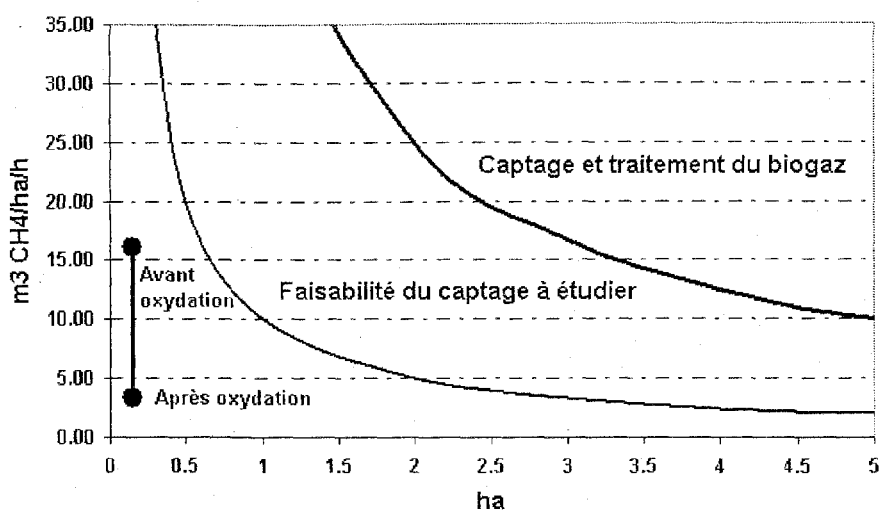


Figure 1 : Localisation des flux résiduels de méthane du casier 2 de Launay Lantic au sein du diagramme densité de flux/surface (d'après INERIS, 2005)

Les travaux de suivi se poursuivent sur ce site avec un dispositif de fenêtre oxydante, permettant d'envisager le traitement par oxydation pour des couvertures finales comprenant une couche peu perméable d'argile ou une géomembrane.

Une campagne de mesures a également été conduite en novembre 2007 sur le site de Mauguio comprenant un biofiltre. La campagne de mesure, réalisée pendant une période de légère remontée barométrique a démontré une alimentation du biofiltre par l'air atmosphérique, liée à un phénomène de pompage barométrique. Dans le cas de faible flux, ce pompage barométrique peut représenter le moteur principal du transfert du biogaz.

Conclusion

Une interprétation en termes d'émissions résiduelles et de bilan de masse a permis de mettre en évidence le rôle prépondérant de l'oxydation du méthane dans le cas des flux résiduels de biogaz.

L'efficacité du traitement passif des émissions de biogaz résiduelles a été contrôlée sur deux sites présentant des flux résiduels de méthane très différents. Dans le cas de Mende, la forte densité de flux de méthane liée à la concentration des fractions fines de compost au sein d'un même casier, a limité l'efficacité de l'oxydation à une valeur d'environ 40 % dans des conditions d'humidité assez variable (10 – 30 % d'humidité volumique). Cette valeur est environ 2 fois plus faible que celle reportée par Einola & al, en 2007, pour un déchet ayant subi un prétraitement analogue, mais étudié en laboratoire sur des colonnes.

Dans des conditions plus favorables (densité de flux de méthane plus faible), l'efficacité d'oxydation a atteint 80 %, lors de mesures sur la couverture intermédiaire du casier le plus récent de Launay-Lantic. Cette efficacité est comparable à celle pouvant être obtenue par le captage et le traitement thermique du biogaz. A ce stade, la vérification des potentialités de traitement de l'oxydation pour des conditions moins favorables d'humidité et de température est encore nécessaire. Il est en effet très difficile de mesurer les flux diffus dans des conditions d'humidité élevée, engendrant généralement des colmatages et des transferts préférentiels du biogaz à plus longue distance vers des points singuliers.

Néanmoins, les fortes potentialités du traitement par oxydation permettent d'ores et déjà de considérer ce mode de traitement en complément du captage, lors de la phase de déclin de celui-ci (cf. Figure 2).

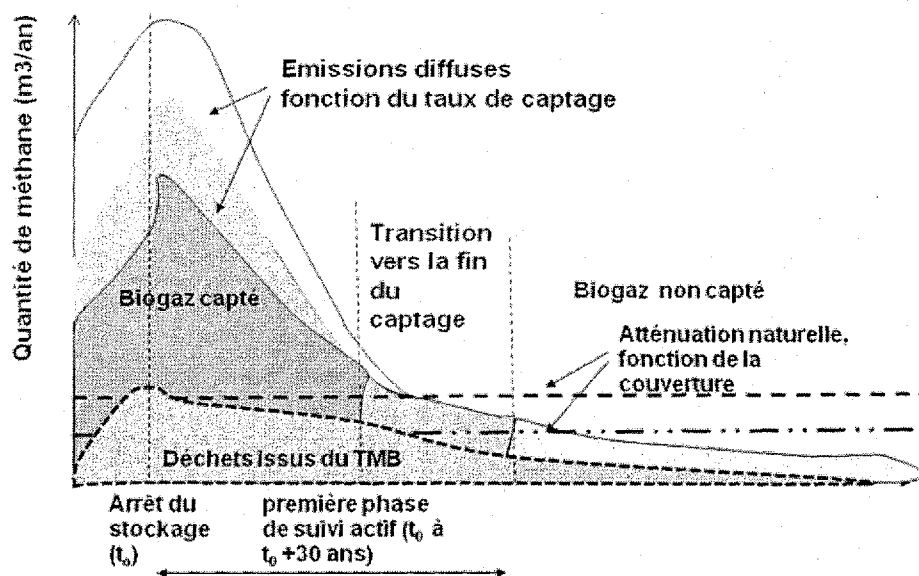


Figure 2 : Potentialités de l'oxydation du méthane, en fonction du phasage de la production et du captage du biogaz

Références

- Bour O., Berger S., Couturier C., and Riquier L; 2005, " Determination of guidance values for closed landfill gas emissions ", Proceedings Sardinia 2005, Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, CISA publisher, Cagliari, Italy ; 3 -7 october 2005
- Bour O., 2005, « Evaluation des risques liés aux émissions gazeuses des décharges : propositions de seuils de captage », rapport d'étude n°INERIS-DRC-05- 46553/DESP-R01
- Christophersen M. & Kjeldsen P., 2000, « Field investigations of methane oxidation in soil adjacent to an old landfill », paper for Lulea 2000, Intercontinental Landfill research Symposium, 11-13 Décembre 2000, Lulea University of Technology, Lulea, Sweden.
- Einola Juha-Kalle M, Karhu A. Elina, Rintala Jukka A., 2007, « Mechanically-biologically treated municipal solid waste as a support for microbial methane oxidation to mitigate landfill greenhouses emissions », Waste management 2007.01 .002
- Riquier L., 2006, "Etude des biogaz issus d'un stockage de déchets prétraités", Journée scientifique du mardi 19 décembre 2006, organisées par l'Ademe « installation de stockage de déchets non dangereux : la stabilité des déchets enfouis »