



HAL
open science

Émissions odorantes du procédé de méthanisation : impact des matières entrantes et des conditions opérationnelles

Jean-François Desprès, Mathilde Chaignaud, Stéphane Cariou, Marion Fages,
Sandrine Bayle, Jean-Louis Fanlo, Axelle Cadere

► To cite this version:

Jean-François Desprès, Mathilde Chaignaud, Stéphane Cariou, Marion Fages, Sandrine Bayle, et al.. Émissions odorantes du procédé de méthanisation : impact des matières entrantes et des conditions opérationnelles. Environnement, Risques & Santé, 2020, Volume 19, Supplément 1, pp.7-10. 10.1684/ers.2019.1380 . hal-02612919

HAL Id: hal-02612919

<https://imt-mines-ales.hal.science/hal-02612919v1>

Submitted on 2 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Émissions odorantes du procédé de méthanisation : impact des matières entrantes et des conditions opérationnelles

JEAN-FRANCOIS DESPRES¹

MATHILDE CHAIGNAUD¹

STÉPHANE CARIOU²

MARION FAGES²

SANDRINE BAYLE²

JEAN-LOUIS FANLO²

AXELLE CADIÈRE³

¹ Olentica SAS

14, boulevard Charles

Péguy

30100 Ales

France

<jean-francois.despres@

olentica.fr>

<mathilde.chaignaud@

olentica.fr>

² IMT Mines Alès

Laboratoire génie de

l'environnement industriel

6, avenue de Clavières

F-30319 Ales Cedex

France

<stephane.cariou@mines-

ales.fr>

<marion.fages@mines-

ales.fr>

<sandrine.bayle@mines-

ales.fr>

<jean-louis.fanlo@mines-

ales.fr>

³ Université de Nîmes

CHROME (EA7352)

Rue Georges Salan

30021 Nîmes

France

<axelle.cadiere@

unimes.fr>

Résumé. Des unités de production de biogaz sont de plus en plus souvent implantées en Europe. Cette filière de traitement des déchets organiques, en plein essor, est caractérisée par une grande diversité, aussi bien en termes de procédés qu'en termes de déchets traités. Le caractère fermentescible des déchets peut être à l'origine de l'émission de composés chimiques dont certains, du fait de leur caractère odorant, peuvent générer des nuisances. L'objet de cette étude était de caractériser ces émissions, en les analysant sur trois sites de méthanisation. Il a pu être montré que certaines activités ponctuelles, mais récurrentes, telles que les chargements/déchargements de camions ou les préparations des intrants, sont la source principale des nuisances odorantes subies par les riverains de ces sites.

Mots clés : méthanisation ; odeur ; composés organiques volatils.

Abstract

Odorous emissions from the methanization process: impact of waste input and operating conditions

The number of biogas production plants is increasing in Europe. This fast-growing organic waste treatment industry uses a variety of processes to treat many different types of waste. The fermentable nature of some types of waste may lead to the emission of chemical compounds, some of which may be sources of annoyance because of their odor. The purpose of this study was to characterize these emissions by analyzing them at 3 methanization sites. The results show that certain specific but recurring activities, such as truck loading/unloading and input preparation, are the main source of annoying odors in the neighborhood.

Key words: methanization; odor; volatile organic compounds.

La méthanisation peut apparaître comme une solution pertinente pour faire face à la problématique quotidienne du traitement et de la valorisation des fractions fermentescibles des déchets. La possible récupération d'énergie au travers du biogaz, résultant de la méthanisation, est aujourd'hui envisagée selon deux voies : la cogénération de chaleur et d'électricité sur place, ou l'injection directe du gaz purifié dans le réseau de distribution.

Témoignant de l'intérêt pour ce procédé de valorisation, apportant de surcroît une diversification des ressources énergétiques, les implantations d'usines de méthanisation ont explosé en Europe. Revers de la médaille, ces usines peuvent être aussi la source de nuisances sur l'environnement, tant en termes d'odeur que de risque sanitaire [1-6]. Si les composés majoritaires du biogaz ne sont pas problématiques du point de vue de l'odeur, certains composés minoritaires,

comme les molécules soufrées, sont à prendre en compte de par leur seuil de perception très bas. D'autres composés ne provenant pas du méthaniseur lui-même et résultant des étapes antérieures ou postérieures à la méthanisation proprement dite doivent être considérés pour expliquer les nuisances odorantes de la globalité du site.

Pour évaluer ce potentiel de nuisance odorante d'une usine de méthanisation, la caractérisation sur site des odeurs et des composés organiques volatils (COV) est nécessaire. L'objectif de cette présente étude est donc de fournir une caractérisation en termes d'odeurs et de COV sur toute la chaîne du procédé de méthanisation [7, 8].

Description des usines

Les émissions gazeuses de trois unités de méthanisation représentatives des trois filières les plus présentes en France (environ 90 % des installations) ont été caractérisées. Le *tableau 1* expose les caractéristiques de chacun des trois sites.

Un échantillonnage pour analyse chimique et odorante a été effectué à chaque étape de la chaîne de production (préparation des matières entrantes, réacteur et digestats) pour les trois sites.

Cet article se focalise plus particulièrement sur certaines activités ayant été identifiées comme particulièrement impactantes au cours du cycle complet de valorisation.

Matériels et méthodes

Échantillonnage des gaz

Les échantillons gazeux ont été obtenus à l'aide d'un caisson poumon et de sacs d'échantillonnage en Nalophan® de 40 litres selon les préconisations de la norme européenne 13 725. Les analyses chimiques et olfactométriques ont été conduites sur le même échantillon permettant une tentative de corrélation chimie-odeur.

Analyses olfactométriques

La concentration d'odeur qui représente la persistance de l'odeur, c'est-à-dire sa sensibilité à la dilution, a été mesurée selon la norme européenne 13 725. Cette mesure de la concentration d'odeur a été réalisée avec un olfactomètre à dilution dynamique ODILE (modèle 3 500) permettant de travailler avec six jurés pour une étendue de dilution d'un facteur 3 à un facteur 2 millions.

Analyses des COV

Plusieurs analyses ont été menées sur chaque échantillon afin d'élargir le spectre d'identification et de quantification. Un détecteur à photo-ionisation a été employé pour estimer les concentrations totales en COV (ppb RAE de RAE Systems). Les concentrations en composés soufrés ont été évaluées à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse associé à un détecteur à photométrie de flamme (Chromatotec). Finalement, l'identification et la quantification des COV ont été réalisées en utilisant une chaîne analytique associant une thermodésorption, un chromatographe en phase gazeuse et un spectromètre de masse (Turbomatrix de Perkin Elmer et Thermo Scientific).

Résultats

Sur chaque site, des mesures ont été effectuées avec et sans actions spécifiques pouvant potentiellement affecter les émissions d'odeurs. Une brève présentation des résultats est présentée dans les paragraphes suivants.

La ferme

À la ferme, les digestats liquides agités révèlent un accroissement des émissions odorantes dans les proportions affichées dans le *tableau 2*.

La concentration en odeur a été doublée lors de l'agitation du digestat liquide. Cette agitation est due à l'arrivée de digestat frais. Celui-ci s'écoule en chute libre

Tableau 1. Description des sites étudiés.

Table 1. Description of the study sites.

Site	Production annuelle de biogaz (m ³)	Matière entrante
Une ferme	691 700	Fumier et lisier
Une unité territoriale	6 052 000	Fumier, lisier et déchets agroalimentaires
Une STEP	1 559 000	Boues

STEP : station d'épuration des eaux polluées.

Tableau 2. Bilan des émissions d'odeur et de composés organiques volatils (COV) au niveau du réservoir de digestats liquides de la ferme.

Table 2. Summary of odor and COV emissions in the liquid digestate tank on the farm.

Paramètres	Réservoir de digestats liquides	
	Sans agitation	Avec agitation
Concentration odeur (OU _E /m ³)	2 200	5 660
Concentration en COV (ppb éq. isobutène)	2 500	1 900

d'une hauteur de 2 mètres au-dessus du niveau du réservoir. Cet accroissement en odeur ne se traduit pas par un accroissement des concentrations en COV. L'analyse plus fine des COV dans chacun des échantillons révèle une évolution conduisant à l'apparition de composés soufrés et la diminution des alcanes et des composés aromatiques. La baisse de la concentration globale en COV liée à une augmentation de la concentration d'odeur est associée à la modification de la nature des composés présents lors de la phase d'agitation par rapport à la phase de repos ; en effet, les facteurs de réponse du détecteur à photo-ionisation sont différents d'une molécule à l'autre. Cette différence de nature des COV retrouvés dans les échantillons avec ou sans agitation révèle également que les cinétiques d'émissions de COV dans l'air, régies par la pression de vapeur de chaque composé, assurent la modification des odeurs ressenties.

La territoriale

Dans ce cas, deux activités ont été identifiées comme source d'odeur variable au cours du temps : le stockage des fumiers et les intrants de déchets agroalimentaires. Les résultats sont résumés dans le *tableau 3*.

Comme le révèlent les chiffres du *tableau 3*, une augmentation significative des concentrations en odeur (d'un ordre de dix fois) a été observée lors de l'arrivée de fumier frais à l'usine. Cette augmentation est aussi valable pour les COV, même si le facteur multiplicateur est seulement de trois fois. Les fumiers âgés, par analyse fine, montrent une forte proportion de terpènes (15,5 mg/m³

éq. Toluène), de cétones (5,6 mg/m³ éq. Toluène) et d'alcools (3 mg/m³ éq. Toluène). L'arrivée de fumier frais change la composition avec une augmentation des cétones (8,7 mg/m³ éq. Toluène) et l'apparition des composés soufrés (65 µg/m³ d'H₂S et 1,3 µg/m³ de méthanthiol). Les odeurs de ces composés sont unanimement reconnues comme déplaisantes avec des seuils de perception respectifs de 0,6 µg/m³ et 0,1 µg/m³ [9].

Le même schéma d'ensemble est applicable aux déchets agroalimentaires. Les facteurs multiplicateurs sont dans ce cas de 6 pour les odeurs et de plus de 30 pour les COV. Ce résultat semble être imputable aux émissions d'alcools, principalement d'éthanol (104,9 mg/m³ éq. Toluène) et d'esters (31,5 mg/m³ éq. Toluène).

La STEP

Pour la station de traitement des eaux polluées (STEP), deux activités spécifiques ont été identifiées : la préparation des matières entrantes et le chargement des digestats solides sur des camions. Le *tableau 4* résume les résultats obtenus selon les étapes du procédé.

Dans la zone de préparation, l'arrivée des boues induit un accroissement des niveaux odorants et chimiques, particulièrement pour ce dernier du fait de l'hydrogène sulfuré (48 µg/m³) et du méthanthiol (118 µg/m³). En raison de leur seuil de perception très bas, ces deux composés jouent un rôle essentiel dans la persistance et l'intensité ressentis des odeurs.

Le chargement de camions avec le digestat solide (par l'intermédiaire d'une trémie) conduit à une forte

Tableau 3. Bilan des émissions d'odeur et de composés organiques volatils (COV) sur l'unité de méthanisation territoriale.

Table 3. Summary of odor and COV emissions in the regional methanization unit.

Paramètres	Fumiers		Intrants agroalimentaires	
	Âgés	Frais	Âgés	Frais
Concentration odeur (OU _E /m ³)	710	7 740	3 700	18 870
Concentration en COV (ppb éq. isobutène)	8 700	23 000	640	20 500

Tableau 4. Bilan des émissions d'odeur et de composés organiques volatils (COV) à la station de traitement des eaux polluées (STEP).

Table 4. Summary of odor and COV emissions at the polluted water treatment plant.

Paramètres	Préparation des intrants		Digestat solide en attente	
	Sans boues	Avec boues	Sans chargement	Chargement en cours
Concentration odeur (OU _E /m ³)	30	1 450	174	7 910
Concentration en COV (ppb éq. isobutène)	450	690	200	6 000

augmentation des niveaux d'odeurs (facteur proche de 50). Ceci peut être expliqué par les émissions des composés soufrés (H₂S à 104 µg/m³, méthane-thiol à 1,7 µg/m³, sulfure de diméthyle à 3,3 µg/m³ et disulfure de diméthyle à 123 µg/m³). Les seuils de perception des deux précédents sulfures sont évalués dans la littérature à 7,5 et 8,4 µg/m³ respectivement. La présence de ces composés est donc une explication plus que probable des accroissements des concentrations d'odeur observées au cours de cette étape de chargement.

Conclusion

Cette étude met en évidence l'impact de certaines activités potentiellement importantes et spécifiques (chargement et déchargement de camions, préparation

des intrants pour la STEP) qui contribuent à l'émission de COV et, par conséquent, aux émissions d'odeurs dans l'environnement des unités de production de biogaz. Pour avoir une vue d'ensemble de l'impact odorant sur l'environnement en fonction du type de site, il est donc important de prendre en compte tous ces facteurs, dont certains peuvent entraîner une gêne odorante brève mais significative. Le contrôle ces émissions est très important pour faire accepter ces usines par le milieu environnant.

Remerciements et autres mentions

Ce travail n'aurait pu se faire sans l'aide de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME, accord de subvention 1506C0053).

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

1. Dionissios DP, Ahmed S, Kumar R. Fuel quality issues with biogas energy - An economic analysis for a stationary fuel cell system. *Energy* 2012 ; 44 (1) : 257-77.
2. Papurello D, Soukoulis C, Schuhfried E, et al. Monitoring of volatile compound emissions during dry anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste by proton transfer reaction time-of-flight mass spectrometry. *Bioresour Technol* 2012 ; 126 : 254-65.
3. Kymäläinen M, Lähde K, Arnold M, et al. Biogasification of biowaste and sewage sludge – measurement of biogas quality. *J Environ Manage* 2012 ; 95 : S122-7.
4. de Arespacochaga N, Valderrama C, Mesa C, et al. Biogas deep clean-up based on adsorption technologies for solid oxide fuel cell applications. *Chem Eng J* 2014 ; 255 : 593-603.
5. Peu P, Picard S, Diara A, et al. Prediction of hydrogen sulphide production during anaerobic digestion of organic substrates. *Bioresour Technol* 2012 ; 121 : 419-24.
6. Rasi S, Veijanen A, Rintala J. Trace compounds of biogas from different biogas production plants. *Energy* 2007 ; 32 (8) : 1375-80.
7. Bayle S, Cadiere A, Cariou S, et al. Odour measurements at different methanisation sites. *Chem Eng Trans* 2018 ; 68 : 79-84.
8. Bayle S, Cariou S, Despres JF, et al. Biological and chemical atmospheric emissions of the biogas industry. *Chem Eng Trans* 2016 ; 54 : 295-300.
9. Nagata Y, Takeuchi N. *Measurement of odor threshold by triangle odor bag method*. Tokyo : Odor measurement review, Office of odor, Noise and vibration environmental management bureau, Ministry of the Environment, Government of Japan, 2003.