

RAPPORT INERIS-DRC-15-149203-11836A 07/04/2016

Etat des lieux des connaissances en vue de la maîtrise des émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O des installations de méthanisation

Compléments au rapport

INERIS-DRC-14-141736-12606A (février 2015)



# Etat des lieux des connaissances en vue de la maîtrise des émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O des installations de méthanisation Compléments au rapport INERIS-DRC-14-141736-12606A (février 2015)

Rapport réalisé pour le Ministère en charge de l'environnement

### **PRÉAMBULE**

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Karine ADAM	Rodolphe GAUCHER	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieur de l'unité	Responsable de l'unité	Responsable du Pôle
	Technologies et Procédés Propres et Durables	Technologies et Procédés Propres et Durables	Risque et Technologies Durables
Visa	Adan	Justin -	Rames

# **SOMMAIRE**

1.	RESUME	6
2.	OBJET ET CONTEXTE	7
3.	PROJET GERG 1.73 – PROJET EUROPEEN SUR LES EMISSIONS DIFFUSES DE CH <sub>4</sub>	8
3.	1 Présentation du site	8
3.	2 Méthodes utilisées	9
4.	PROJET FRANÇAIS TRACKYLEAKS	13
5.	AUTRES ELEMENTS ISSUS DE LA VEILLE BIBLIOGRAPHIQUE	14
5.	1 Autriche	14
5	2 Allemagne	11
Ο.	2 / Mornagno	14
	3 Suisse	
5.	_	18
5. 5.	3 Suisse	18 19

# 1. RESUME

Ce rapport complète l'état des lieux des connaissances sur les émissions de  $CH_4$  et de  $N_2O$  des installations de méthanisation réalisé par l'INERIS en 2013 et 2014. Il montre l'intérêt croissant de différents pays européens pour l'évaluation de ces émissions. Les principales études concernent essentiellement le méthane. Elles ont pour objectifs :

- de déterminer des facteurs d'émissions pour des sources identifiées comme prépondérantes ou sur lesquelles des actions de réduction sont envisageables (émissions de stockage de digestat ouverts, émissions des moteurs de cogénération, ..) ou pour des situations particulières mais récurrentes (ouverture des soupapes de sécurité);
- de développer des méthodes d'évaluation des émissions fugitives en vue d'identifier les différentes sources ;
- de comparer les émissions globales de différentes filières (codigestion, biodéchets ménagers et industriels, stations d'épuration urbaines) pour lesquelles les conceptions des installations sont différentes ;
- d'identifier les bonnes pratiques mises en œuvre pour réduire ces émissions.

Les facteurs d'émission sont parfois délicats à déterminer car ils doivent tenir compte de la conception de l'installation, des substrats utilisés, des conditions d'exploitation des sites et des conditions météorologiques lorsqu'ils sont établis à partir de mesures à la source. Il est dans ces conditions, difficile :

- d'obtenir des données pour les différentes situations,
- de définir si ces données sont obtenues pour des situations représentatives du parc des installations actuellement exploitées afin de pouvoir les extrapoler à l'ensemble des installations de méthanisation ou à des installations de typologies similaires.

En complément, la détermination des émissions fugitives s'avère nécessaire dans un objectif global de maîtrise des émissions. En effet, ces sources évoluent au cours de la vie de l'installation et nécessitent d'être identifiées pour être gérées. Ces fuites peuvent être liées à des défauts de conception, au vieillissement des installations, à un défaut de maintenance,...Les sources fugitives peuvent se situer entre autres au niveau : des doubles membranes de stockage du biogaz (vieillissement des matériaux), des trappes d'accès (défaut d'étanchéité), des ouvertures dans les ouvrages et au niveau des fixations des matériaux (cas des toitures en doublemembrane) (défauts d'étanchéité).

# 2. OBJET ET CONTEXTE

Le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O sont deux puissants gaz à effet de serre (GES) et présentent des potentiels de réchauffement respectivement 25 (28-36) et 298 fois plus importants que le CO<sub>2</sub> pour une période de 100 ans (selon le IPPC, 2013)<sup>1</sup>. Le méthane doit également être vu comme un traceur des pertes de biogaz au niveau du process (donc non valorisé). La surveillance du méthane permet donc d'évaluer les fuites ou les émissions non maîtrisées d'une installation, émissions pouvant avoir des conséquences environnementales, sanitaires mais également économiques.

Ce rapport vient compléter l'état des lieux des connaissances vis-à-vis des émissions de méthane et de dioxyde d'azote  $(N_2O)$  qui a fait l'objet de deux rapports consécutifs :

- Rapport référencé INERIS- DRC-13-125385-00216A « Emissions non maîtrisées de méthane : état des lieux bibliographique concernant les étapes de digestion et d'épuration du biogaz en biométhane - Rapport d'étape »,
- Rapport référencé INERIS- DRC-14-141736-12606A « Etat des lieux des connaissances des émissions de CH₄ et de N₂O des installations de méthanisation : émissions sur l'ensemble de l'installation et aux différentes étapes de production et de valorisation du digestat et du biogaz ».

L'état des lieux a montré le manque de données issues de mesurages sur site. Un projet sur l'évaluation des émissions de méthane, mené par les pays nordiques (Suède, Danemark, Allemagne) a été initié durant cette période. L'INERIS a participé au comité de pilotage. Ce rapport présente les résultats de ce projet complétés par les informations publiées récemment sur le sujet. En effet, des articles portant sur des campagnes de détection ou de mesures sur des installations de méthanisation ont été publiés récemment et sont utiles à la compréhension des sources d'émissions et de leur importance relative.

\_

 $<sup>^{1}</sup>$  On peut poser que 1kg CH<sub>4</sub> = 28-36 kg équivalent CO<sub>2</sub> (kg éq CO<sub>2</sub>) et 1kg N<sub>2</sub>O = 298 kg équivalent CO<sub>2</sub>

# 3. <u>PROJET EUROPEEN SUR LES EMISSIONS DIFFUSES DE CH<sub>4</sub></u> (PROJET GERG 1.73)

Ce projet a été initié par 3 pays européens : la Suède, le Danemark et l'Allemagne en vue de comparer les méthodes de suivi des émissions / fuites de méthane sur des installations de méthanisation et particulièrement les installations de production de biogaz et de digestat. Différentes méthodes de mesurage ont été utilisées en parallèle par six équipes différentes sur le site Tekniska Verken à Linköping en Suède. Ce projet a fait l'objet d'un rapport final « Measurements of methane emissions from biogas production », rapport Energiforsk 2015 :158 paru en septembre 2015. Ce rapport est public et accessible sur le site d'Energiforsk (www.energiforsk.se).

### 3.1 Presentation du site

L'installation est en fonctionnement depuis 1996. Elle est autorisée pour une capacité de 100 000 t/an de déchets organiques. Les intrants correspondent à des biodéchets ménagers, déchets d'abattoirs, déchets d'industries agroalimentaires, de la graisse, des résidus de distillerie et du glycerol. L'installation produit 17 MNm<sup>3</sup> de biogaz/an et, 80 000 t fertilisants/an vendues aux agriculteurs. Le biogaz est valorisé comme carburant après épuration. L'épuration est réalisée soit par l'intermédiaire d'un lavage à l'eau soit par un lavage aux amines, au choix de l'exploitant.

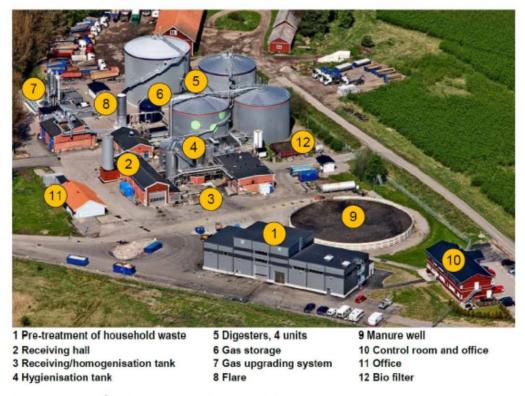


Figure 10. Layout of Åby biogas plant, Tekniska Verken i Linköping.

Figure 1 : Vue d'ensemble du site de Tekniska Verken à Linköping

### 3.2 METHODES UTILISEES

Les différentes méthodes employées sont regroupées dans le tableau suivant par technique en précisant l'équipe les ayant mis en œuvre. Lors de la quantification des émissions diffuses, deux types de méthodes se confrontent : les techniques indirectes par modélisation inverse/ télédétection (remote sensing techniques) et les mesures à la source.

Les techniques de « remote sensing » ont pour objectif une quantification des émissions de l'ensemble de l'installation en mesurant les concentrations à distance de la source (par opposition aux mesures « à la source »). Dans le cadre de ce projet, deux techniques de « remote sensing » ont été utilisées : modélisation inverse par un modèle lagrangien et la méthode par gaz traceur. Les conditions météorologiques ont été suivies simultanément à la concentration. Les teneurs en méthane sont déterminées par des techniques à long trajet optique (FTIR – techniques IR par transformée de Fourrier ou laser). La méthode par traçage gazeux utilise un gaz traceur injecté à la source et surveille les teneurs au cours du temps dans l'environnement. Ces techniques cherchent à déterminer les émissions globales d'un système ; elles intègrent les émissions diffuses dont fugitives voire canalisées.

Les méthodes de mesures à la source ont pour objectif d'identifier et de quantifier les émissions des différentes sources considérées individuellement. Elles permettent de différencier les émissions de sources canalisées et les émissions diffuses et fugitives.

En complément, des méthodes de détection des fuites ont également été mises en œuvre. En Suède, dans le cadre du programme volontaire d'évaluation des émissions de CH<sub>4</sub><sup>2</sup>, des détecteurs portatifs avec des limites de détection de l'ordre 1 - 5 ppm peuvent être utilisés<sup>3</sup>. D'autres techniques par laser ou par caméra IR ont été utilisées dans le cadre de ce projet. Ces dernières permettent de couvrir plus rapidement une zone étendue. La caméra IR présente une limite de détection relativement élevée de 0,5% vol CH<sub>4</sub> (soit 5 000 ppm). La détection est liée à la taille de la fuite mais également à l'expérience de l'opérateur concernant l'utilisation de la caméra et sa connaissance des avantages et des limites de la technique.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> The swedish volontary system for control of methane emissions, programme décrit dans les rapports précédents de l'INERIS

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> L'utilisation de détecteurs est soumise, dans le cadre de ce programme volontaire (mesures réalisées par les exploitants) à différentes conditions : uniquement si la source représente moins de 0,1% de la production de CH<sub>4</sub> du site et moins de 10% des émissions globales du site. En effet, les mesures sont réalisées sans encapsulage de la source ce qui ne permet pas de quantifier ces sources (incertitudes importantes) ; l'objectif serait d'obtenir une comparaison relative des sources fugitives entre elles (sous conditions d'accessibilité identique et de positionnement adapté du détecteur dans le flux analysé)

Tableau 1 : Techniques et méthodes de mesurage utilisées par les différentes équipes impliquées dans les mesures sur le site de Tekniska Verken à Linköping

Méthode utilisée	Technique sélectionnée	Equipe ayant mis en œuvre la technique	Commentaires
Méthode indirecte - Détection à distance (« Remote sensing »)	Gaz traceur	DTU <sup>4</sup> (DK)/ spectroscopie d'absorption par cavité optique avec rétroaction (CRDS) pour l'acetylene et le méthane	
Méthode indirecte- Détection à distance	Modélisation inverse	DBFZ <sup>5</sup> (DE)	
Détection de fuites	Détecteurs portables	SP <sup>6</sup>	
Détection de fuites	Camera IR (FLIR GF 320)	AgroTech / DGC <sup>7</sup> (DK) DBFZ	
Détection de fuites	Laser portable CH4	DBFZ (GROWCON LaserMethane mini Gen 2)	
Détection de fuites	Détecteur biogaz portable	DBFZ (Geotech BM 2000) SP (Sewerin EX-TEC PM4)	
Mesures à la source - Sources fixes	FID (détection par ionsiation de flamme) – sources fixes	DBFZ (DE)- GC/FID en laboratoire en différé SP (SE)	Mesures de la concentration en méthane
Mesures à la source - Sources fixes	Analyseur photoaccoustique	AgroTech <sup>8</sup> (DK)	Mesures de la concentration en méthane
Mesures à la source - Sources fixes	Mesures du débit d'émission – sources fixes	SP AgroTech DBFZ	Indispensable pour déterminer les flux émis
Mesures à la source - Sources diffuses surfaciques (stockage digestat ouvert,)	Chambres à flux statiques ou dynamiques (type à balayage)	SP DBFZ	Conditions de prélèvements
Mesures à la source Source fugitive	Prélèvement grand volume	AgroTech DGC <sup>9</sup>	Quantification d'une fuite par encapsulage

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> DTU: Technical University of Danemark

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> DBFZ : German Biomass Research Centre

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> SP: Technical Research Institute of Sweden

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> DGC : Danish Gas Technology Centre

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> AgroTech : Institute for Agri Technology and Food Innovation

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> DGC : Danish Gas Technology Centre

La campagne de mesurage a débuté par la détection de fuites. Les équipes ont déterminé de manière indépendante les sources de fuites sur l'installation. A partir de ce recensement, elles ont défini les émissions à quantifier. Il s'avère que la détection de fuites est délicate et nécessite de l'expérience dans la maîtrise des systèmes de détection. Il faut également tenir compte des évolutions du fonctionnement du site. Avec la caméra IR, en fonction des fuites, il est difficile d'identifier s'il s'agit d'une fuite réelle ou d'un phénomène thermique. Les semi-conducteurs, quant à eux, présentent des interférences avec l'H<sub>2</sub>S et surestiment, d'après les différents laboratoires concernés, les fuites des installations d'homogénéisation et d'hygiénisation.

Dans un second temps, les émissions fugitives identifiées et les émissions diffuses (stockage du digestat, biofiltre) ont été quantifiées à la source. Les sources fugitives par ordre d'importance de flux sont les suivantes : les soupapes du laveur chimique <sup>10</sup>, les compresseurs pour traitement chimique, le bâtiment du système d'épuration par charbon actif, les réservoirs d'homogénéisation et d'hygiénisation des biodéchets. Les flux émis au niveau du stockage du digestat (source diffuse) sont aussi importants que ceux émis au niveau des soupapes du laveur chimique.

Les résultats obtenus sur une même source par les différentes équipes sont relativement variables puisque les mesures n'ont jamais été réalisées en parallèle sur les différents ouvrages.

Les résultats des **mesures globales d'émissions** de méthane par traçage gazeux ou par modélisation inverse suivent les mêmes tendances au cours du temps mais les valeurs estimées par le traçage gazeux sont en moyenne supérieures aux valeurs estimées par long trajet optique et modélisation inverse. Les résultats sur une journée par exemple sont compris entre :

- 15 et 30 kg CH<sub>4</sub>/h émis et estimé par traçage gazeux, soit environ 1,1 et 2,4 % CH<sub>4</sub> produit<sup>11</sup> et
- 4 et 20 kg CH<sub>4</sub>/h estimé modélisation inverse, soit environ entre 0,3 et 1,6 % du CH<sub>4</sub> produit

Il est toujours délicat de comparer des résultats de techniques différentes (de « remote sensing ») pour lesquelles les mesures ne sont pas réalisées en parallèle, d'autant plus lors de mesures dans l'environnement où les conditions de vent ont une influence majeure sur les phénomènes de dilution. Cependant, les teneurs les plus importantes ont été mesurées par les deux méthodes lors de la mise en route du laveur à eau en remplacement du laveur amine pour l'épuration du biogaz en biométhane.

Une augmentation des émissions en parallèle à une diminution de la quantité de biogaz produite a été constatée mais ces émissions n'ont pas pu être corrélées à d'éventuels dégazage du digesteur. Cependant, les émissions de la zone du digesteur ont été évaluées comme prépondérantes dans les émissions globales. La zone du digesteur comprend le digesteur, un stockage de biogaz et une torchère.

-

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> Système d'épuration du biogaz en biométhane

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> Calculé à partir de la production moyenne de biogaz du site durant la campagne (1 850 Nm3/h)

Cette zone représente en moyenne 65 % des émissions globales mais peut également atteindre 90%.

La campagne de mesurage a permis de mettre en évidence une ouverture des soupapes sur une durée importante : à 2 reprises, les soupapes des bâtiments de compression se sont déclenchées sur une journée.

Le rapport présente principalement les constats repris ci-avant et conclut sur la difficulté de comparer les résultats de différentes méthodes jamais mises en parallèle en un point en un instant donné.

# 4. PROJET FRANÇAIS TRACKYLEAKS

L'INERIS participe au comité de pilotage du projet Trackyleaks. Ce projet a débuté en 2014 et devrait se finaliser en 2017. Il est mené par l'IRSTEA et a pour objectif le développement d'une méthode de quantification des fuites par camera IR. La 1ère étape du projet a consisté en une étude bibliographique et la réalisation de campagnes de détection de fuites pour assurer une prise en main de la caméra acquise.

L'étude cible la production de biogaz et sa valorisation (digesteur, post-digesteur et les moteurs de cogénération) mais ne s'intéresse pas au digestat. Les stockages des intrants et du digestat ne sont donc pas étudiés.

12 sites ont été investigués soit 11 sites agricoles et une station d'épuration urbaine des eaux usées (STEU). Sur les 11 sites agricoles, 3 ont une digestion par voie sèche. A l'instar des campagnes en Suède, il s'avère délicat d'identifier les fuites notamment pour différencier les fuites de biogaz d'un effet thermique ou pour visualiser correctement les fuites. En effet, en fonction du contraste obtenu sur l'image, l'identification et ultérieurement la quantification s'avèrent plus ou moins difficiles et rend délicate la comparaison de différentes sources ou des émissions d'une source au cours du temps.

En première approche, les fuites suivantes ont été détectées, au niveau :

- du passage de câbles dans les ouvrages pour les agitateurs à moteur immergé. Ce problème d'étanchéité a été constaté dans 5 cas sur 9, aussi bien sur des installations très récentes que sur des installations plus anciennes :
- des trappes de sécurité au niveau des digesteurs à toiture en béton (3 cas sur
   7) ; les joints doivent être étanchéifiés régulièrement d'après les concepteurs ;
- des fixations des double-membranes avec l'ouvrage ;
- de quelques équipements : pôts à condensats, structures en béton, écrous, passage dans les ouvrages pour les capteurs...

Peu de fuites (1 cas) ont été constatées au niveau des soupapes de sécurité. Aucune fuite n'a été constatée au niveau des hublots, des mélangeurs avec moteurs à l'extérieur, de la cogénération, et des torchères.

Cette première phase d'étude avait pour objectif la prise en main d'une caméra IR. Elle permet d'identifier certaines sources mais ne prétend pas être exhaustive d'une situation représentative (objectif de la seconde phase). En effet, en fonction de la durée des campagnes, certaines installations ne sont pas en fonctionnement (ex : torchère, soupapes).

# 5. AUTRES ELEMENTS ISSUS DE LA VEILLE BIBLIOGRAPHIQUE

#### 5.1 AUTRICHE

Le projet Klimoneff (2011 – 2014) a été mené en Autriche sur 5 **installations agricoles** afin de quantifier les émissions fugitives de méthane sur les étapes de production de biogaz et de digestat et de suivre les caractéristiques du digestat. La quantification a été réalisée par une méthode de « remote sensing ». Les objectifs poursuivis sont de réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) et d'améliorer l'efficacité énergétique de l'installation. Pour l'installation la plus surveillée sur 7 jours, les émissions moyennes sont de 4% du CH<sub>4</sub> produit avec un stockage de digestat ouvert et rempli. Cette valeur moyenne tombe à 3% (6 jours de mesures) lorsque le stockage est vide. Les autres sites surveillés sur deux périodes de 5 heures présentent des émissions entre 1,6 et 5,5 % du CH<sub>4</sub> produit. Deux de ces sites présentent des stockages de digestat ouverts.

### 5.2 ALLEMAGNE

En Allemagne, des campagnes d'identification des fuites ont été menées sur des installations agricoles et sur des installations de traitement de biodéchets.

La détection de fuites sur des installations agricoles a été réalisée à l'aide de camera IR ou de systèmes laser portables afin de pouvoir obtenir des données sur des zones difficiles d'accès. Lors de mesures sur 10 installations agricoles, les émissions fugitives de CH<sub>4</sub> ont été considérées comme significatives. Au total 22 fuites ont été détectées sur 8 installations et 7 fuites ont été évaluées comme sévères (étanchéité du passage de câbles pour l'agitateur (4 cas recensés), hublot d'observation, canalisations, toits en double-membranes). Un projet complémentaire sur un plus grand nombre d'installations a permis de déterminer les fréquences d'occurrence de fuites (292 mesures réalisées). Les fuites les plus souvent rencontrées se situeraient au niveau de la toiture en double membrane, des points de fixation de la toiture avec l'ouvrage, des passages de câbles, des ouvrages euxmêmes (étanchéité au gaz), des équipements d'alimentation du digesteur, des valves de sécurité,.. (cf. Annexe 1). D'autres campagnes, ont montré que les émissions de stockage de digestat ouverts pouvaient représenter entre 0,2 et 11 % CH<sub>4</sub> produit, données basées sur un faible nombre de mesures. Aucune information n'est fournie sur la présence ou non de post-digesteur.

Le DBFZ (German Biomass Research Centre) a également mené des campagnes sur 2 installations agricoles en vue d'évaluer les émissions des soupapes de sécurité <sup>12</sup>. Les installations sont des installations classiques :

- lisier de porc et maïs avec une capacité de production énergétique de 3 fois 625 kWel,
- lisier de porc et volaille, fumier de cheval et cultures énergétiques (maïs, ensilage de plantes entières, céréales broyées) avec 2 moteurs de cogénération de puissances de 252 et 190 kWel.

Les installations sont basées sur une digestion mésophile. La digestion se fait en plusieurs étapes : 3 étapes (2 digesteurs, un post-digesteur) dans le 1<sup>er</sup> cas (installation A) et 2 étapes (digesteur et post-digesteur) dans le 2<sup>nd</sup> cas (installation B). Dans le 1<sup>er</sup> cas, le digestat est ensuite stocké en ouvrage ouvert et dans le 2<sup>nd</sup> cas, le post-digesteur sert également de stockage du digestat. Les temps de séjour ne sont pas précisés. Des soupapes de sur/sous-pression sont installées sur toutes les étapes de digestion : une soupape sur le 1<sup>er</sup> digesteur et deux soupapes sur les seconds digesteurs et les post-digesteurs. Les pressions de déclenchement d'ouverture des soupapes sont respectivement de 2,2 hPa et 3,2 hPa. Les volumes respectifs de capacités de stockage du biogaz sont de 700 et 800 m<sup>3</sup>.

Les ouvertures des soupapes sont détectées par l'intermédiaire d'un capteur de température. Un anémomètre à moulinet permet la mesure de la vitesse d'émission. La mesure aléatoire de la concentration en méthane dans le digesteur permet d'estimer le flux de méthane émis.

Les courbes suivantes montrent les différences rencontrées sur deux installations :

- le nombre d'ouvertures est moindre pour l'installation A. L'ouverture de la soupape est très fréquente pour l'installation B mais
- la durée d'ouverture pour l'installation A est également plus longue : environ 1h50 contre une vingtaine de minutes pour l'installation B.

Hong Kong, 19-23 May 2015

-

Torsten Reinelt, Jan Liebetrau, Michael Nelles; "Operational Methane Emissions from Pressure Relief Vents on two Agricultural Biogas Plants", présentation International Conference on Solid Wastes 2015: Knowledge Transfer for Sustainable Resource Management

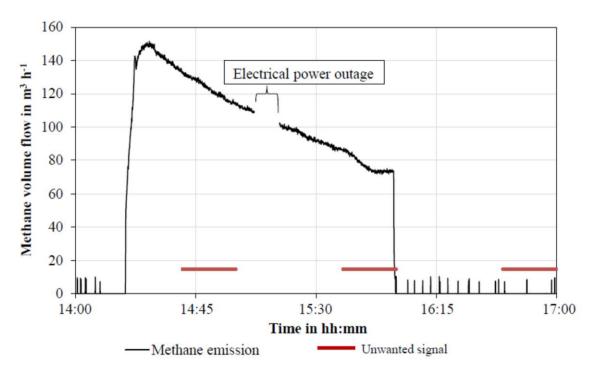


Figure 2 : suivi des ouvertures de soupape de sécurité sur l'installation A

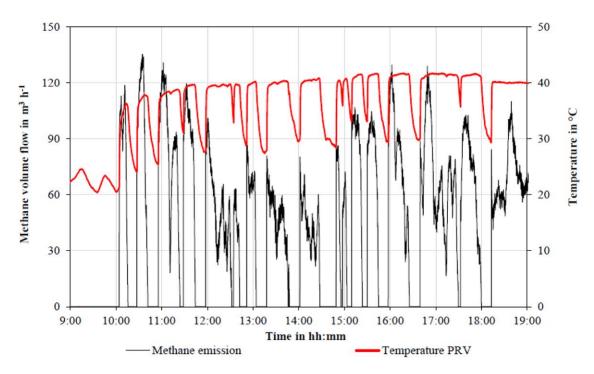


Figure 3 : suivi des ouvertures de soupape de sécurité pour l'installation B Le suivi sur l'installation A a été le suivant :

- 106 jours de suivi de la soupape du 2<sup>nd</sup> digesteur sur l'installation A,
- 161 situations d'ouverture ont été identifiées

- Flux de 0,3 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/h contre 493 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/h produit soit 0,06 % CH<sub>4</sub> produit.

Le suivi sur l'installation B a été le suivant :

- 66 jours de suivi de la soupape du 1<sup>er</sup> digesteur ;
- 452 situations d'ouverture identifiées ;
- 4.2 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/h émis contre 116 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/h produit soit 3.9 % CH<sub>4</sub> produit :
- De nombreux dysfonctionnements ont été constatés sur l'installation entre juin et août 2014 : changement de l'agitateur du stockage avec nécessité de baisser la puissance des cogénérateurs d'où des fluctuations de pression dans le digesteur ; puis arrêt total des moteurs pour permettre le balayage du stockage par du biogaz pour chasser l'air dans le ciel gazeux (torchère en route), surchauffe d'un moteur et réduction de sa puissance, maintenance des deux moteurs, défaillance d'un moteur dû à un défaut technique avec arrêt et réparation nécessaires, puis défaut électrique.

Un nouveau projet vient de débuter (février 2015- janv. 2018) avec pour objectif de compléter ces données et d'établir un facteur d'émission en réalisant une surveillance sur 8 installations.

Des mesures ont également été menées par le DBFZ sur 12 installations allemandes de **biodéchets**<sup>13</sup>. <sup>14</sup> Ces installations comprennent de nombreuses étapes fermées, encapsulées. Un biofiltre traite les émissions captées dans les bâtiments. Dans la majorité des cas (8/12), il n'y a pas de laveur à l'acide en amont. Les émissions sont principalement liées aux conditions opératoires du site. Les émissions de CH<sub>4</sub> représentent la part la plus importante des GES émis. Les résultats montrent, pour autant que c'était nécessaire, l'importance du dimensionnement de l'aération vis-àvis des émissions de méthane.

Les substances CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O et NH<sub>3</sub> ont été considérées. Il s'agissait également d'identifier les moyens de réduction de ces émissions voire une optimisation des procédés pour réduire ces émissions. Sur les 12 installations, 4 opèrent en voie humide en continu, 5 en voie sèche en continu et 3 en voie sèche par batch (fonctionnement discontinu ou système « garage »). Neuf installations sur 12 ont un compostage final. Les puissances électriques sont comprises entre 370 et 1 790 kWe. Sept installations traitent le digestat par séparation de phase. Quatre de ces installations ont un stockage de la phase liquide couvert et deux ont un stockage avec extraction du biogaz qui est envoyé sur les moteurs.

Les mesures ont été réalisées à la source. La méthode des tunnels à vent a été utilisée pour évaluer les flux émis par les andains de compostage (ventilés ou non).

\_

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> Daniel-Gromke et al., Digestion of biowaste – GHG emissions and mitigation potential, Energy, Sustainability and Society (2015) 5:3

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> En 2011, en Allemagne, 9 millions de tonnes de biodéchets et déchets verts ont été collectés sélectivement. La majorité de ce tonnage est traitée par compostage. Environ 1,15 million de tonnes de biodéchets et 0,05 tonnes de déchets verts sont des substrats de méthanisation. En 2013, environ 130 installations de biodéchets étaient en fonctionnement en Allemagne. La moitié de ces installations sont des méthanisations en voie sèche. Parmi ces installations en voie sèche, certaines fonctionnent en batch (25 installations à l'heure actuelle). Cette configuration serait en développement car elle serait plus robuste aux substrats difficilement pompables et qui contiennent des indésirables (cailloux, verre, métaux,..).

Les émissions les plus importantes ont été constatées par ordre d'importance, quelles que soient les modes de digestion choisis, au niveau du post-compostage, aux rejets du biofiltre et des moteurs de cogénération et au niveau du stockage ouvert du digestat (brut, liquide, solide). Les émissions majoritaires sont les émissions de méthane. La part des oxydes nitreux augmente sur les installations par batch. Les émissions des moteurs n'ont pas été directement mesurées, elles sont basées sur le facteur d'émission obtenu à partir de la médiane des résultats de mesures réalisées sur 161 rejets de moteurs de cogénération de puissance comprises entre 300 et 1 000 kWe, soit : 1 760 g CH<sub>4</sub>/t biodéchets et 2,1 g N<sub>2</sub>O/t biodéchets ou 44,6 kg ég CO<sub>2</sub>/ t biodéchets. Les émissions du post-compostage sont directement liées à une aération insuffisante qui conduit à de très fortes émissions. Le seul cas où les émissions sont faibles correspond à une installation où l'ensemble des étapes est réalisé en installation fermée avec traitement de l'air. Au niveau du stockage du digestat les émissions sont liées à une dégradation insuffisante, et un potentiel de production résiduel de biogaz supérieur à 10% (jusqu'à 23%), ce qui est constaté dans 10 cas sur 12. Ces données sont comparables à celles obtenues sur les installations agricoles en une étape du fait, entre autres, d'un temps de séjour faible. Les installations agricoles avec un temps de séjour supérieur présenteraient un potentiel résiduel plus faible évalué entre 1 et 15% 15. Il faut également tenir compte du fait que le potentiel d'émission est corrélé à la température. Deux études présentées 16 17 indiquent que : à 20-25°C, le potentiel émissif est réduit de 40-50% par rapport au potentiel à 39°C et à 10°C, il serait réduit de 99%.

### 5.3 SUISSE

En Suisse, des détections de fuites<sup>18</sup> ont été menées sur 12 installations par caméra IR (Esders GasCam) et par détecteur portable de méthane (Esders Goliath). Aucune quantification n'a été recherchée. Les fuites principales ont été identifiées au niveau :

- de l'étanchéité des fixations des double-membranes avec l'ouvrage en raison d'un défaut d'étanchéité (fuites relativement faibles par point d'émission mais importantes en cumulé). Elles ont été classées par les porteurs de projet comme liées à un défaut de conception ;
- des passages de canalisations, classées en défauts de conception ;
- du digesteur lors de débordements de matières ; classées en défaut de construction;
- des double-membranes en raison d'un vieillissement des membranes; classées en usure du matériau ;
- des soupapes de sécurité lors de leurs ouvertures, identifiées comme liées à un défaut de construction ;

INERIS-DRC-15-149203-11836A

Page 18 sur 29

<sup>15</sup> Weiland P, et al (2009) Biogas-Messprogramm II – 61 Biogasanlagen im Vergleich. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe

e. V. (ed), Gülzow

16 Weiland P, et al (2009) Biogas-Messprogramm II – 61 Biogasanlagen im Vergleich. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (ed), Gülzow

Liebetrau J, Reuschel C, Clement J, Friehe J, Weiland P (2013) Analysis

of greenhouse gas emissions from 10 biogas plants within the

agricultural sector. Water Sci Technol 67(6):1370-1379

<sup>18 «</sup> Measurements of methane emissions from biogas production », rapport Energiforsk 2015 :158 / M . Sax, M. Schick, A. Soltermann-Pasca och L. Van Caenegem, "Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen (Methane losses from agricultural biogas plants)," Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2013

- de l'axe de l'agitateur en raison d'un défaut d'étanchéité (besoin de régler la position) ; classées en défaut de maintenance.

Des mesures ont été réalisées sur le digestat à différentes étapes, dans le postdigesteur et au niveau du stockage des phases solides et liquides. Les résultats montrent que :

- les émissions estimées seraient similaires entre post-digesteur et le stockage de la phase liquide,
- le potentiel émissif de méthane de ces deux digestats serait similaire,
- ces valeurs seraient plus faibles pour le digestat solide.

La conclusion de l'étude est que la séparation de phase ne réduit pas le potentiel d'émission de méthane des stockages non étanches au gaz.

Pour évaluer la diffusion de biogaz au travers des membranes, une étude sur des membranes simples <sup>19</sup> a été réalisée. Les essais ont été réalisés en laboratoire avec du méthane pur, à 200 -300 kPa et 0% d'humidité relative. Ils montrent que la diffusion de méthane au travers de simple membrane neuve EPDM<sup>20</sup> (épaisseur 1,5 mm) est supérieure à la valeur indiquée par les fabricants (1 700 à 2 200 Ncm3/m².j.bar contre 400 à 785 Ncm3/m².j.bar annoncé). Les fabricants testent à 23°C alors qu'ici, les tests sont réalisés à 41°C. La diffusion est également dépendante de l'épaisseur de la membrane. De plus, lorsque le stockage de biogaz est rempli, la membrane peut s'élargir de 40% et la diffusion de méthane pourrait augmenter de 24%. Ces essais n'ont pas permis de démontrer l'influence des substrats employés ou de l'âge de la membrane.

## 5.4 DANEMARK:

Un projet danois a été initié entre AgroTech et DGC (Danish Gas Technology Centre) en 2013 pour réduire les émissions diffuses de méthane. Le projet « Methane emissions from Danish Biogas Plants » a permis de développer une méthode de recherche et de quantification de fuites sur 9 installations dans le cadre du programme ForskEL; programme d'Energienet qui finance des projets R&D afin d'aider à l'utilisation de technologies de production d'électricité respectueuses de l'environnement ou de développer des systèmes énergétiques sûrs et respectueux de l'environnement. Sur les 9 installations, 50 fuites ont été recensées. Les émissions individuelles des fuites étaient très variables et comprises entre 0 et 276 000 Nm³ CH<sub>4</sub>/an. Les émissions cumulées sur l'ensemble de l'installation représentaient 4,2% du CH<sub>4</sub> produit.

En 2012/2013, DTU (Technical University of Danemark) a conduit des mesures sur une installation de traitement des **eaux usées** dans la région de Copenhague. La méthode du gaz traceur a été utilisée lors des 9 campagnes réalisées sur le site pour

20 EPDM : Ethylene propylene diène monomère

1

<sup>&</sup>lt;sup>19</sup> E . Büeler, "CH4-Emissionen bei EPDM-Gasspeichern und deren wirtschaftlichen und ökologischen Folgen (CH4 emissions from EPDM biogas storages and their economic and ecologic consequences)," Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2011.

évaluer les émissions globales de méthane et de protoxyde d'azote, le  $CH_4$  provenant majoritairement de la partie traitement des boues en anaérobie et le  $N_2O$  des étapes de dénitrification biologiques. Les flux d'émissions de méthane sont compris entre 5 et 92 kg/h (soit 2- 33% du  $CH_4$  produit). Les émissions les plus fortes ont été mesurées lors de dysfonctionnements tels que la présence de mousses dans le digesteur. Suite à ces résultats, de nouvelles campagnes de mesures sont en cours sur 7 autres stations d'épuration urbaines. Les premiers résultats montrent des variations entre 3 et 30 kg  $CH_4/h$ . En parallèle, le DTU a également initié des mesures sur 3 installations traitant des déchets organiques (ménagers, verts et industriels). Deux installations combinent des traitements aérobiques et anaérobiques. Les émissions constatées sont considérées comme relativement conséquentes entre 20 et 40 kg  $CH_4/h$ .

Un rapport de 2014<sup>21</sup> présente un état des lieux des émissions de méthane (comme GES) au Danemark et des initiatives prises pour les réduire. Différents secteurs ont été identifiés par le « The Nordic Climate and Air Pollution Group (KoL) » comme pertinents à investiguer. La gestion des lisiers et des fumiers est ciblée. L'objectif est de présenter un catalogue des bonnes pratiques mises en œuvre au Danemark pour réduire ces émissions. Les bonnes pratiques identifiées sur le terrain sont reprises dans le tableau suivant. Quelques éléments de contexte sur les installations considérées sont présentés en *Annexe* 2.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup> Nordic initiatives to abate methane emission – a catalogue of best practices, Nordic co-operation, 2014 – Nordic co-operation comprend différents pays comme la Finlande, la Norvège, la Suède, l'Isalnde, les ïles Faroe, le Groenland

Tableau 2 : Bonnes pratiques et initiatives prises par certaines installations pour réduire les émissions de méthane en Suède et au Danemark dans le cadre du «The Nordic Climate and Air Pollution Group (KoL) »

Nom installation	Type installation	Bonnes pratiques identifiées	Commentaires	
Mabjerg Bioenergies (Danemark)	Méthanisation grande capacité – à base de lisiers, déchets organiques agroalimentaires, boues de STEU	Livraison des intrants par canalisations et distribution du digestat par canalisation – donc réduction des émissions issues du transport et du stockage du digestat canalisations jusqu'à 16 km de distances	Une des plus grosses installations au monde  – 18 MNm³ biogaz /an produit – 49,1 GWe/an produit; les productions supplémentaires de biogaz peuvent être envoyées par canalisations vers une installation centralisée de cogénération à Mabjerg Installation en fonctionnement depuis plus de 10 ans	
Lövsta SLU (Suède) Quelques éléments complémentaires sur l'installation sont présentés ci-après.	Méthanisation à base de lisiers (porcs, bovins, poules), pommes de terre et farines avec production d'électricité et de chaleur	Couverture du stockage de digestat (réduction non quantifiée). Le digestat est donc refroidi afin de ralentir la production de CH <sub>4</sub> par le digestat. Les stockages sont couverts afin de limiter les émissions d'ammoniac et de méthane et limiter l'influence directe du soleil qui en réchauffant le digestat pourrait relancer la production de méthane.	3 ans de fonctionnement- installation accolée à un élevage et gérée par une Université—production de 1 800 000 Nm³ biogaz/an soit une production électrique d'environ 3 400 MWh/an- coûts de fonctionnement supérieurs à ceux prévus initialement notamment en raison d'une maintenance plus importante que prévu : pompes pour le lisier n'étaient pas adaptées au lisier mais plutôt prévues dans le cadre de traitement des eaux	
Sötasen et JTI à Töreboda (Suède)	Méthanisation de lisier bovins (hiver) et fumiers de chevaux	Gérer les fumiers de chevaux pour réduire les émissions de CH <sub>4</sub> de ce secteur – d'une manière générale, objectif de gestion de substrats solides en grande proportion dans la recette Eléments complémentaires ci-dessous	Installation date de 2008 (lisier de bovins) mais la digestion du fumier de cheval a débuté en 2012- gérée par une grande école suédoise sur les ressources naturelles et par un institut d'ingénierie agricole et environnementale  L'intérêt est également regardé d'un point de vue économique: la digestion de fumiers à base de pailles agglomérées, broyées sont viables économiquement parce que les moyens d'introduction des fumiers existent déjà et également parce qu'ils ne nécessitent pas de pasteurisation.	

INERIS-DRC-15-149203-11836A Page 21 sur 29

Nom installation	Type installation	Bonnes pratiques identifiées	Commentaires
Biogas Bralanda (Suède)	Méthanisation de lisiers (production de la ferme) complété par déchets d'abattoirs et végétaux	4 exploitations à la ferme avec méthanisation, connexions entre certaines fermes (canalisations pour les lisiers) et connexion des fermes avec une installation centralisée d'épuration en biométhane- possibilité de production de biométhane pour des petites exploitations et réduction émissions de méthane grâce aux canalisations enterrées (livraison du lisier et envoi du biogaz vers l'unité centralisée)- la réduction des émissions n'a pas été quantifiée — les canalisations sont nettoyées par injection d'air comprimé.	Démarrage en 2012, coopération entre municipalités et exploitations agricoles L'unité centralisée et les canalisations d'alimentation en gaz appartiennent à la municipalité et les unités de méthanisation aux différents exploitants.  Difficultés: la mise en place de ce système collectif a nécessité 8 ans notamment pour répartir les risques associés à cette entreprise. La mise en route des différents méthaniseurs a nécessité 2 ans.
Uppsala Biogas Plant, Kungsängen gard (Suède)	Grande installation de méthanisation et prétraitement de déchets organiques ménagers et de production agroalimentaire et déchets d'abattoirs (28 000 t/an)	Réduction des émissions de méthane : remplacement du carburant fossile et émissions moindres par rapport au compostage de déchets ménagers (non quantifié)	Production de carburant véhicules et bus – démarrage en 1996  Digestion thermophille (52°C) – temps de séjour de 30 jours  Cf. éléments complémentaires

INERIS-DRC-15-149203-11836A Page 22 sur 29

# 6. BILAN DES INFORMATIONS COLLECTEES

Le tableau suivant recense les différentes informations collectées et l'intérêt de ces informations dans le cadre de l'étude sur les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O.

Tableau 3 : informations collectées et apport dans l'étude sur l'amélioration des connaissances sur les émissions de CH₄ et de N₂O

Etude	Pays	Objectif	Données émissions	Informations/ bonnes pratiques associées	Comparaison avec données du rapport bibliographique sur l'Etat des lieux des connaissances de février 2015	
Emissions des installations						
Projet GERG 1.73	Nordiques : Allemagne, Danemark, Suède	Comparaison de méthodes de mesurage à la source et dans l'environnement	4-30 kg CH <sub>4</sub> /h en fonction des équipes soit 0,3-2,4 % CH <sub>4</sub> produit	Emissions diffuses et fugitives les plus importantes au niveau du stockage de digestat et des soupapes de surpression du laveur chimique	Techniques de mesurage citées dans le rapport INERIS. Ce projet n'apporte pas d'éléments complémentaires	
Klimoneff	Autriche	Evaluation émissions de CH <sub>4</sub> de 5 installations agricoles	émissions moyennes estimées :  1 <sup>er</sup> site avec stockage de digestat ouvert : 4% pour stockage rempli / 3% quand stockage vide  Autres sites entre 1,6-5,5% CH <sub>4</sub> produit	Couvre uniquement la partie production de biogaz et de digestat		
Evaluation émissions globales par gaz traceur	Danemark	Emissions globales de CH <sub>4</sub> et N <sub>2</sub> O sur 9 installations STEU	Flux de CH4 entre 5 et 92 kg/h (2-33% CH4 produit); émissions les plus importantes quand problèmes de moussage dans digesteur – N <sub>2</sub> O surtout quantifié au niveau du traitement des eaux (dénitrification)	Autres études initiées pour vérifier ces données sur :  -7 autres STEU — 1ers résultats : flux CH4 3-30 kg/h  - 3 installations déchets organiques ; 1ers résultats 20 -40 kg CH <sub>4</sub> /h	Résultats de mesures globales sur STEU : émissions du même ordre de grandeur que celles recensées dans le rapport INERIS. En cas de problème particulier et qui dure, les émissions peuvent encore augmenter (33% cité ici); mesures avec une technique particulière; flux rencontrés sont intéressants pour le dimensionnement des campagnes futures pour évaluer les gammes de mesures	

INERIS-DRC-15-149203-11836A Page 23 sur 29

Etude	Pays	Objectif	Données émissions	Informations/ BP associées	Comparaison avec données du rapport bibliographique sur l'Etat des lieux des connaissances de février 2015
<b>Emissions fug</b>	itives				
Trackyleaks	France	Détection de fuites par caméra IR sur 12 installations de méthanisation dont une STEU		Localisation des fuites ; les fuites détectées font partie des fuites couramment citées dans la littérature	Les sources de fuites détectées ici font partie des sources identifiées dans le précédent rapport. Les fuites des soupapes ont été peu détectées ce qui montre la difficulté pour prendre en compte les sources d'émissions non continues. D'autres sources n'ont pas été identifiées mais aucune analyse plus précise ne peut être réalisée car aucune information sur l'âge, la maintenance ou le changement des équipements. Avis INERIS: L'étude confirme la conclusion vis-à-vis de l'importance d'évaluer les fuites car différents équipements seront sources d'émission au cours du temps
Détection fuites	Allemagne	Identification et occurrence des fuites Installations agricoles			Données difficiles à exploiter directement en raison du manque d'informations sur les sites concernés – mais cette recherche d'occurrence de fuite va dans le sens de la conclusion du rapport précédent : identifier les sources des fuites pour identifier les équipements les plus couramment à l'origine de fuites et sur lesquels des actions sont possibles. Avis INERIS sur les actions possibles lorsqu'un vieillissement prématuré d'un équipement a été identifié à plusieurs reprises (deux niveaux possibles) :
					-actions au niveau des fabricants avec pour objectif l'adaptation de l'équipement ou des matériaux utilisés aux contraintes spécifiques en méthanisation ;
					-alerte auprès des exploitants pour prévoir une surveillance accrue de ces équipements au cours du temps voire évaluer durée de vie pour pouvoir planifier les investissements

INERIS-DRC-15-149203-11836A Page 24 sur 29

Etude	Pays	Objectif	Données émissions	Informations/ BP associées	Comparaison avec données du rapport bibliographique
Détection fuites	Suisse	Détection de fuites sur 12 installations et potentiel émissif de stockages de digestat			Fuites identifiées font parties des sources considérées dans le rapport précédent et confirment les conclusions faites. Concernant le stockage des digestats, les conclusions éclairent sur le fait que le potentiel émissif de méthane de la phase liquide est identique à celui du digestat brut et est moindre pour la phase solide. Il avait déjà été identifié que les émissions de NH3 étaient plus importantes dans la phase liquide donc ces données viennent conforter la proposition d'avoir des contraintes plus fortes sur le stockage des phases liquides par rapport aux phases solides et alimenter la réflexion sur l'intérêt de couvrir avec extraction de gaz ou non. Il est en effet nécessaire de considérer le potentiel de production de méthane du digestat.
Programme Forskel - Développement de méthodes de détection voire quantification des fuites	Danemark				Informations sur les méthodes de mesurage et débits d'émissions de fuites - alimentent la réflexion sur le dimensionnement des futures campagnes de mesurages

INERIS-DRC-15-149203-11836A Page 25 sur 29

Etude	Pays	Objectif	Données émissions	Informations/ BP associées	Comparaison avec données du rapport bibliographique
Connaissances	des source	es prépondérantes			
Emissions stockage digestat	Allemagne	Evaluation émissions des stockages de digestats	0,2-11% CH4 produit	Pas d'information sur la présence ou non de post-digesteur	Les données sont en accord avec les informations compilées dans le rapport INERIS précédent
Emissions soupapes de sécurité	Allemagne	Evaluation émissions soupapes – 2 installations agricoles	Emissions à des fréquences et de durées variables. Dans un cas, 1-2 ouvertures par jour sur 1h50.  Dans un autre cas, 6-7 ouvertures par jour sur des durées de 20 min environ Le second cas a été corrélé à des dysfonctionnements sur les moteurs de cogénérations  Emissions entre 0,06 et 3,9% CH4 produit	Nombre de soupapes par équipement : 2 soupapes pour digesteur avec stockage de biogaz sinon une soupape  Ce projet sera poursuivi sur 8 autres installations pour déterminer un facteur d'émission	Moyens de détection de l'ouverture des soupapes correspondent aux moyens envisagés par l'INERIS (mesure de la température). Ce paramètre semble pertinent à considérer pour les futures campagnes à l'échelle nationale.  Cette étude confirme que les profils d'émission des soupapes sont très variables. Elle montre également que même si les ouvertures semblent fréquentes, les émissions rapportées à la production annuelle sont relativement faibles (pour rappel, émissions des soupapes entre 0 et 10% CH4 produit). Les débits d'émissions sont de 30-140 m³/h (pics de courtes durées associés à des températures à 40°C au rejet) et 90-150 m³/h (volumes de stockage du biogaz de 800 et 700 m³ respectivement)
Emissions GES  Notamment stockages de digestat	Allemagne	Emissions de CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> de sources diffuses surfaciques et canalisées sur 12 installations de biodéchets avec des étapes fermées ou encapsulées — Puissance électrique entre 370 et 1 790 kW	Potentiel de production de CH <sub>4</sub> au niveau du stockage de digestat évalué pour les installations avec un temps de séjour faible (comparable à installation en 1 étape): supérieur à 10% et peut atteindre 23 % du potentiel méthanogène initial  Si durée de séjour supérieur, potentiel de production entre 1 et 15%		Données complémentaires aux données précédentes et qui alimente la réflexion vis-à-vis de la nécessité ou non de couvrir les stockages de digestat. Ici, les émissions des stockages de digestat sont abordées sur 2 paramètres : température du digestat et potentiel résiduel de production de méthane du digestat. Ce potentiel augmente si les temps de séjour sont faibles. Ces données alimentent la réflexion menée par l'INERIS sur les facteurs à considérer : la présence ou non de post digestion avant stockage, le temps de séjour hydraulique minimum pour garantir une dégradation suffisante ; temps dé séjour à corréler avec les intrants également. Par contre, cette étude allemande ne précise pas les temps de séjour

INERIS-DRC-15-149203-11836A Page 26 sur 29

Etude	Pays	Objectif	Données émissions	Informations/ BP associées	Comparaison avec données du rapport bibliographique
Amélioration co	onnaissance	s sur les matériaux			
Membranes souples pour le stockage du biogaz	Suisse	Diffusion de CH4 au travers de membranes de stockage du biogaz (simple membrane)	Diffusion supérieure à celle estimée par les fabricants. La température de référence des fabricants est inférieure à la température réelle d'utilisation (23°C). Le taux de diffusion augmente lorsque le taux de remplissage est important		Le rapport INERIS indiquait le manque d'informations sur les membranes utilisées. Cette étude montre l'intérêt porté à cet aspect. Par contre, il n'est pas précisé si d'autres études sont envisagées notamment sur les doublemembranes.
Bonnes pratiqu	ies identifiée	s pour la réduction de	es émissions de GES (	des filières méthanisat	ion
Dans programme KoL (The Nordic Climate and Air Pollution Group)	Danemark et Suède	Identification de bonnes pratiques sur le terrain			L'étude présente différentes bonnes pratiques appliquées par différentes installations – ces bonnes pratiques sont listées mais ne sont pas analysées vis-à-vis d'une application plus générale. Le terme de bonne pratique ne semble pas pertinent. Certains choix d'exploitants sont intéressants à considérer et peuvent alimenter les réflexions actuelles comme le refroidissement du digestat pour limiter la production de CH <sub>4</sub> lors du stockage, la gestion des substrats solides

INERIS-DRC-15-149203-11836A Page 27 sur 29

# 7. <u>CONCLUSION / MISE EN PERSPECTIVES PAR RAPPORT A</u> <u>ETAT DES LIEUX</u>

Ce rapport vient compléter l'Etat des lieux des connaissances sur les émissions de  $CH_4$  et de  $N_2O$  (réf : DRC-14-141736-12606A) en identifiant les informations concordantes, discordantes ou complémentaires afin d'identifier les actions qui seraient potentiellement nécessaires pour garantir la maîtrise de ces émissions.

A l'instar des travaux engagés en France et des études conduites par l'INERIS, ce rapport permet en premier lieu de mettre en évidence que l'amélioration des connaissances sur les émissions de CH<sub>4</sub> (voire de N<sub>2</sub>O) fait l'objet d'études dans des pays qui présentent une longue expérience de la méthanisation comme l'Allemagne.

Parmi les projets conduits sur le sujet, le projet GERG apparaissait initialement comme très intéressant dans un objectif de comparaison de différentes méthodes de mesurage sur un site de méthanisation (identifié comme le 1<sup>er</sup> projet en Europe). Malheureusement, les mesures n'ont jamais été réalisées en parallèle en un même point et donc les résultats ne sont pas directement exploitables en terme de comparaison des méthodes et vis-à-vis des teneurs quantifiées et de leur variabilité au cours du temps.

Les autres études identifiées confortent les conclusions et recommandations émises par l'INERIS dans le rapport d'Etat des lieux des connaissances sur les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O (INERIS- DRC-14-141736-12606A) notamment sur :

- la confirmation de la variabilité des émissions d'une installation à une autre
- la confirmation de l'importance des niveaux potentiels globaux d'émission de méthane et des niveaux d'émission de certaines étapes particulièrement étudiées (ex du stockage de digestat)
- l'importance d'acquérir des données spécifiques aux installations françaises pour être à même de proposer et argumenter vis-à-vis de bonnes pratiques à mettre en oeuvre,
- les sources à considérer,
- l'importance de l'identification des sources de fuites et leur évolution au cours de la vie de l'installation,
- l'importance de recenser les sources de fuites récurrentes; les différentes études montrent d'ailleurs des similitudes qu'il conviendra de confirmer à l'échelle nationale;
- la difficulté pour considérer des situations rencontrées comme représentatives des filières de méthanisation, compte tenu du fait que les filières évoluent régulièrement et ne sont pas technologiquement stabilisées;
- l'intérêt d'acquérir des données sur le comportement des matériaux (ex des membranes de stockage du biogaz).

En complément des différentes actions qui peuvent déjà être mises en oeuvre, l'acquisition de connaissances doit être poursuivie.

Certains résultats d'études viennent également alimenter la réflexion sur les propositions les plus adaptées pour la réalisation de campagnes de mesures (par exemple connaissance des sources non continues comme les émissions des soupapes de sécurité) et les propositions de bonnes pratiques à valoriser au niveau national, notamment pour le stockage des digestats. Une étude allemande permet par exemple de confirmer l'intérêt du suivi de la température pour améliorer la détection des ouvertures des soupapes. La mise en évidence et la valorisation des bonnes pratiques ont également été initiées au Danemark et en Suède

# 8. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Fréquence et ouvrages où des fuites ont été détectées – études allemandes	2
Annexe 2	Contexte et éléments complémentaires sur les installations considérées dans l'étude réalisées par « The Nordic Climate and Air Pollution Group (KoL) »	3

Annexe 1 Fréquence et ouvrages où des fuites ont été détectées – études allemandes
Fréquence et ouvrages où des fuites ont été détectées – études allemandes

INERIS-DRC-15-149203-11836A

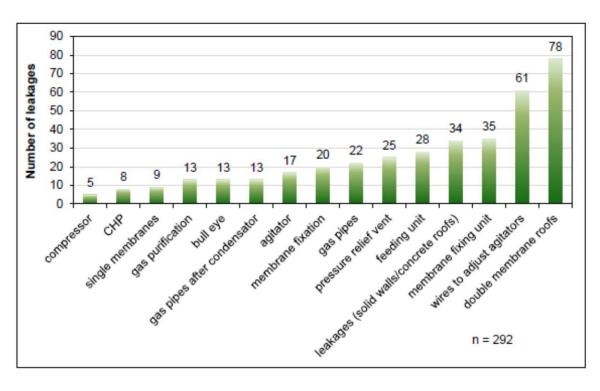


Figure de présentation des fréquences d'occurrence de fuites sur des installations agricoles en Allemagne

# Annexe 2

Contexte et éléments complémentaires sur les installations considérées dans l'étude réalisées par « The Nordic Climate and Air Pollution Group (KoL) » afin d'identifier les bonnes pratiques et initiatives des exploitants pour réduire les émissions de méthane

### Eléments complémentaires sur l'installation de Lövsta LSU :

Le process se déroule comme décrit ci-après.

### Les intrants et le prétraitement :

Le lisier est envoyé depuis les bâtiments d'élevage vers la méthanisation par l'intermédiaire de canalisations séparées. Les autres intrants liquides sont pompés directement du camion vers un réservoir tampon.

Les substrats solides sont stockés sur une zone bétonnée étanchéifiée. Ils alimentent ensuite, par l'intermédiaire d'un chargeur à roues, un mélangeur qui coupe et broie les substrats en particules plus fines qui sont ensuite envoyées par un convoyeur à vis dans le flux de recirculation du digesteur. Le mélange est ensuite pompé vers le digesteur lui-même.

### Digestion:

C'est une digestion mésophile (37°C) avec une agitation mécanique. Le digesteur est isolé thermiquement. Le temps de séjour dans le digesteur est de 58 jours avec un taux de dégradation de la matière de 70%.

L'échangeur thermique permet de refroidir le digestat au sortir du digesteur et de permettre la montée en température des intrants (boucle de recirculation).

### Bonnes pratiques présentées également par les auteurs de l'étude :

La production énergétique sur le site remplace l'énergie fossile – électricité et chaleur sont majoritairement consommées pour l'élevage et l'installation de méthanisation

# Eléments complémentaires sur l'installation de Sötasen et JTI à Töreboda :

### Intrants:

Le fumier est mélangé avec des matières liquides (dans ce cas du digestat) pour obtenir un mélange pompable. Après sédimentation pour éliminer le sable et les graviers, ce mélange est pompé dans le digesteur.

### Digestion:

La digestion est mésophile (38-41°C) et le digesteur est isolé (dans le sol et audessus du sol) et entouré de serpentins chauffants.

Les essais réalisés en laboratoire montraient que la production de méthane était fortement liée au type de litière. La paille résultait en un potentiel méthanogène plus important que la sciure de bois ou la tourbe qui présentaient un potentiel méthanogène moitié moindre. Par contre, à grande échelle, il s'avère que la sciure ou la paille agglomérée sont plus faciles à manipuler et provoquent moins de défaillances.

### Digestat:

Le stockage de digestat n'est pas isolé et est équipé d'un échangeur de chaleur pour refroidir le digestat. Donc la température atteint 30°C en été et moins de 20°C en hiver.

### Barrières et difficultés :

Il existe une barrière technique liée aux équipements d'introduction des fumiers et de mélange (proportion à respecter et viscosité pour garantir un mélange efficace); aux équipements de pasteurisation dans le cas où les fumiers / lisiers proviennent de plusieurs exploitations agricoles. Dans ce dernier cas, les échanges thermiques seront relativement faibles en raison du taux de matières sèches des fumiers ce qui va engendrer une consommation énergétique importante pour permettre la pasteurisation.

Un nombre très important de chevaux est nécessaire pour que l'installation soit rentable.

### Eléments complémentaires sur l'installation de Uppsala Biogas Plant :

Barrières et difficultés rencontrées : l'installation a beaucoup évolué au cours du temps et a rencontré de nombreuses difficultés au niveau du fonctionnement de l'étape de réception, au niveau de la digestion elle-même. Ils ont également été confrontés à des explosions.

Pour garantir le retour sur investissements, il est nécessaire d'avoir un minimum d'intrants évalués à 20 000 t de déchets organiques par an.





# Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél.: +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax: +33 (0)3 44 55 66 99 **E-mail**: ineris@ineris.fr - **Internet**: http://www.ineris.fr