

RAPPORT D'ÉTUDE
N° DRC-09-104115-15569A

15/12/2009

**Risques sanitaires liés à l'injection de biogaz
issu de boues de STEP dans un réseau de gaz
naturel – travaux préliminaires**

INERIS

Évaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz issu de boues de STEP dans un réseau de gaz naturel

Travaux préliminaires (programme DRA-DRC93, opération C)

Verneuil-En-Halatte, Oise

Client : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Isabelle ZDANEVITCH

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.

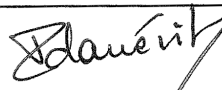

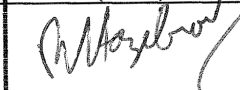
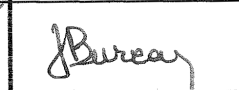
	Rédaction	Relecture	Vérification	Approbation
NOM	Isabelle ZDANEVITCH	Sébastien EVANNO	Benôit HAZEBROUCK	Jacques BUREAU
Qualité	Ingénieur de l'Unité Comportement des contaminants dans les sols et les matériaux (DRC)	Responsable Etude et Recherche Programme DRA DRC 93 (DRA)	Responsable de l'Unité Comportement des contaminants dans les sols et les matériaux (DRC)	Responsable du pôle Risques et Technologies Durables (DRC)
Visa				

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	5
RESUME.....	6
1. INTRODUCTION	7
2. DEMARCHE SUIVIE POUR LA REALISATION DES TRAVAUX.....	8
2.1 Réunion du 18 mai 2009	8
2.2 Données recueillies	9
2.3 Réunion du 1 ^{er} décembre 2009	10
3. DONNEES DE COMPOSITION RECUEILLIES	14
4. CONCLUSIONS	22
5. REFERENCES	23

GLOSSAIRE

ACV :	Analyse du cycle de vie
AFSSET :	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
ASTEE :	Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement
Biométhane :	Biogaz épuré pour obtenir une concentration en méthane supérieure à 90-95 % v/v
CET :	Centre d'enfouissement technique (appellation abandonnée)
CH ₄ :	Méthane
COV :	Composés organiques volatils
DGEC :	Direction générale de l'énergie et du climat (MEEDDM)
DGPR :	Direction générale de la prévention des risques (MEEDDM)
DRA :	Direction des risques accidentels (INERIS)
DRC :	Direction des risques chroniques (INERIS)
ERS :	Evaluation des risques sanitaires
FNADE :	Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement
H ₂ S :	Hydrogène sulfuré
HAP :	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
IAA :	Industries agro-alimentaires
INERIS :	Institut national de l'environnement industriel et des risques
ISDND :	Installation de stockage de déchets non dangereux
MEEDDM :	Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer
NH ₃ :	Ammoniac
OM :	Ordures ménagères
SIAAP :	Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne
STEP :	Station d'épuration

RESUME

Depuis début 2009, un programme d'appui conjoint entre la Direction des Risques Accidentels et la Direction des Risques Chroniques de l'INERIS vise à évaluer les risques posés par la valorisation de biogaz issus de la digestion anaérobie de différents déchets. L'un des volets de ce programme recouvre les risques sanitaires liés à la valorisation de biogaz issus de boues de stations d'épuration, qui sont les premiers sites producteurs de biogaz en France, devant les installations de stockage de déchets non dangereux, et qui n'avaient pu être pris en compte lors de l'étude pilotée par l'AFSSET en 2008, sur les risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans un réseau de gaz naturel, faute de temps.

En 2009, nous avons sollicité les principaux acteurs intervenant dans le secteur de l'épuration des eaux afin de recueillir des données de composition détaillée de biogaz issus de la méthanisation des boues de traitement. Tous les acteurs sollicités ont répondu favorablement à notre demande et nous ont fourni les données disponibles. Nous avons ainsi pu compléter le tableau de composition des biogaz établi lors des travaux du groupe de travail de l'AFSSET (auquel nous avons participé).

Cependant, il n'y a pas de données de concentrations pour un certain nombre de composés figurant dans la liste de l'AFSSET, pour lesquels il y avait des valeurs sur les biogaz issus d'installations de stockage de déchets. Il s'agit en particulier des aldéhydes, des HAP, des métaux. Il n'est pas possible de savoir si ce manque de données vient du fait que ces composés n'ont pas été retrouvés lors de l'analyse (ce qui est possible compte-tenu des matières méthanisées), ou s'ils n'ont pas été recherchés.

Cette étude montre qu'il est possible de recueillir des données de composition fine de biogaz brut issu de boues de STEP non publiées. Ces données pourront servir de base pour les travaux de la deuxième saisine « biogaz » de l'AFSSET mais demanderont à être complétées, à la fois sur les données manquantes sur le biogaz brut (aldéhydes, métaux, HAP) et sur la composition du biogaz épuré et des résidus de combustion.

1. INTRODUCTION

En s'appuyant sur l'expertise transversale de la DRA et de la DRC, l'objectif de cette étape du programme DRA – DRC 93 est de recenser et de produire des données de sécurité nécessaires à la maîtrise des risques d'explosion et des risques sanitaires des différents procédés de méthanisation. Afin de répondre à cet objectif, différentes actions sont menées dans le cadre de ce programme, dont l'évaluation des risques liés à la valorisation du biogaz, au niveau du transport par canalisation et de la valorisation énergétique.

Pour cette première année, en ce qui concerne la DRC, l'accent a été mis sur un des aspects qui n'avait pu être traités par l'AFSSET lors des travaux du groupe de travail sur l'évaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel (octobre 2008). Ces travaux se sont appuyés sur des données de composition fine de différents biogaz, provenant d'études publiées récemment ou récoltées auprès d'exploitants de sites ou de bureaux d'études travaillant dans le domaine de la méthanisation, et de l'ADEME.

Les biogaz issus de la méthanisation de boues de stations d'épuration n'avaient pu être pris en compte car les données publiées étaient trop peu nombreuses, et il n'a pas été possible, dans le temps imparti pour la saisine, de contacter les industriels du secteur afin de récolter des données non publiées. Or la production de biogaz à partir de boues de STEP urbaines est l'une des plus importantes en France, et répartie sur 60 à 70 sites. L'injection en réseau de gaz naturel étant une voie de valorisation appelée à se développer en France, l'évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation de ce type de biogaz est nécessaire. La présente étude a visé à récolter les données nécessaires à l'ERS.

2. DEMARCHE SUIVIE POUR LA REALISATION DES TRAVAUX

La collecte de données de composition fine de biogaz issus de la digestion anaérobie des boues de STEP a été effectuée auprès d'industriels, de bureaux d'étude et de collectivités intervenant dans ce secteur. Ainsi, des contacts ont été pris avec Veolia Recherche et Veolia Eaux, Suez Environnement, Lyonnaise des eaux, SAUR, le SIAAP (stations d'Achères et de Valenton), la Communauté Urbaine de Lille (station de Marquette), l'association Solagro, le Club Biogaz...

Les travaux se sont déroulés en phases successives :

- une première réunion, le 18 mai 2009, a réuni les acteurs recensés ci-dessus (voir le paragraphe 2.1) afin de leur présenter le cadre de l'étude et les données que nous souhaitons recueillir,
- dès la fin de cette première réunion, puis dans le courant de l'été, nous avons reçu des données de composition de la part de tous les acteurs qui en disposaient,
- nous avons regroupé ces données dans un tableau de composition semblable à celui édifié lors des travaux du GT de l'AFSSET (voir en chapitre 3),
- nous avons présenté les résultats de ces travaux et fait un point sur l'actualité (évolution de la réglementation, nouvelle saisine de l'AFSSET) lors d'une réunion de restitution organisée le 1^{er} décembre 2009 voir le compte-rendu en paragraphe 2.3).

Les résultats de la première étude de l'AFSSET (en particulier les recommandations sur les travaux à réaliser) et la démarche prévue par l'INERIS en 2009 ont fait l'objet d'une présentation à la session « Déchets et propreté » lors du congrès de l'ASTEE à Nice le 11 juin 2009, axée sur le biogaz, le biométhane et leur valorisation. Le texte correspondant à cette présentation est fourni en annexe.

2.1 REUNION DU 18 MAI 2009

Cette réunion, organisée dans les locaux de l'INERIS à Paris, a permis de présenter la démarche à différents acteurs du secteur. L'ensemble des entreprises contactées a répondu favorablement à notre sollicitation : les personnes présentes à cette réunion venaient des organismes et entreprises suivantes : AFSSET, ADEME, Lille Métropole, SIAAP, VEOLIA Eau, VEOLIA R&I, SUEZ Environnement.

Dans un premier temps, un point a été fait sur les travaux de l'AFSSET et sur l'avis publié en octobre 2008.

Nous avons ensuite présenté le programme 2009 de l'INERIS sur la méthanisation, et en particulier l'opération visant à récolter les données nécessaires à l'évaluation des risques sanitaires liés à l'injection en réseau de gaz naturel, de biogaz issu de boues de STEP, en complément des travaux de l'AFSSET.

Pour ce faire, l'INERIS a donc demandé aux participants à la réunion de fournir des données de composition fine de ce type de biogaz.

Il a ainsi été demandé aux participants (et aux personnes absentes) de contribuer à cette étude en fournissant les données qui n'avaient pu être rassemblées dans le cadre de la saisine AFSSET faute de temps.

Les données nécessaires étaient les suivantes :

- le site (qui serait anonyme),
- le type d'eaux traitées (eaux urbaines, éventuels autres effluents type industriels, provenance et proportion de ces effluents),
- la quantité de biogaz produit et les utilisations envisagées (donc le procédé d'épuration), les méthodes d'analyses,
- la composition en éléments « majeurs » : CH₄, CO₂, O₂, H₂, N₂...
- la composition en éléments traces : H₂S, NH₃, COV, HAP, métaux..., microbiologie si disponible...

Nous avons ensuite envoyé aux personnes sollicitées la trame du tableau excel rassemblant les composés pour lesquels il avait été trouvé au moins une valeur dans les données recueillies lors des travaux du GT de l'AFSSET (littérature principalement), et le détail des informations complémentaires à fournir, établi avec les experts de l'AFSSET. Pour des raisons de confidentialité, les données ont été recueillies individuellement par participant/entreprise, et les informations permettant d'identifier le site ou le gestionnaire sont conservées par l'INERIS.

Nous leur avons demandé de nous retourner les informations dans le courant de l'été, de façon à rassembler les données et pouvoir les présenter lors d'une réunion de restitution à organiser en fin d'année.

Certains participants nous ont déjà fourni des résultats d'analyse sous format papier à la fin de la réunion.

2.2 DONNEES RECUEILLIES

Au cours de la période juin-septembre, nous avons reçu des données supplémentaires d'analyse, dont certaines déjà retranscrites dans le fichier excel (qui comprenait à l'origine plus de 300 composés). Des composés supplémentaires ont été identifiés sur ces analyses (en particulier les siloxanes, très souvent recherchés parce qu'ils posent des problèmes de corrosion au niveau des moteurs thermiques). Nous avons ainsi pu compiler des données fournies par les stations d'épuration de Lille, Seine amont (Valenton) et Seine aval (Achères), Tours, ainsi que des données de stations gérées par Veolia et Suez. Le tableau rassemblant ces données est présenté au chapitre suivant.

2.3 REUNION DU 1^{ER} DECEMBRE 2009

Comme il avait été prévu, le tableau compilé a été présenté, et d'autres points ont été abordés lors d'une réunion de restitution qui s'est tenue le 1^{er} décembre 2009 dans les locaux de l'INERIS à Paris. Cette réunion rassemblait les participants à la réunion du 18 mai 2009, et d'autres personnes qui n'avaient pu y participer. Les organismes représentés étaient : MEEDDM, AFSSET, ADEME, Club Biogaz (ATEE, SIAAP, Lille Métropole, VEOLIA, Suez Environnement, SAUR, Lyonnaise des Eaux. Le fort intérêt pour ces travaux de la part de l'ensemble des acteurs du secteur a ainsi été confirmé.

La réunion a permis d'aborder les points résumés ci-après.

2.3.1 POINT SUR L'ETAT DE LA REGLEMENTATION

M. Charles THIEBAUT (MEEDDM/DGPR) a présenté les récents textes publiés : le décret sur la nomenclature de traitement des déchets, spécifique aux traitements biologiques, et les arrêtés « méthanisation ».

Le décret 2009/1341 du 29 octobre 2009, modifiant la nomenclature des installations classées de traitement de déchets, pour introduire la méthanisation, est paru au JO du 31 octobre. Les rubriques sont les suivantes :

N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, D, S, C (1)	RAYON (2)
2780	Installations de traitement aérobie (compostage ou stabilisation biologique) de déchets non dangereux ou matière végétale brute, ayant le cas échéant subi une étape de méthanisation 1. Compostage de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires : a) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 30 t/j b) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 3 t/j et inférieure à 30 t/j 2. Compostage de la fraction fermentescible des ordures ménagères (FFOM), de denrées végétales déclassées, de rebuts de fabrication de denrées alimentaires végétales, de boues de station d'épuration des eaux urbaines, de papeteries, d'industries agroalimentaires, seuls ou en mélange avec des déchets végétaux ou des effluents d'élevages ou des matières stercoraires : a) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 20 t/j b) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 2 t/j et inférieure à 20 t/j 3. Compostage d'autres déchets ou stabilisation biologique	A D A D A	3 3 3
2781	Installations de méthanisation de déchets non dangereux ou matière végétale brute à l'exclusion des installations de stations d'épuration urbaines 1. Méthanisation de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires, déchets végétaux d'industries agroalimentaires : a) La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 30 t/j b) La quantité de matières traitées étant inférieure à 30 t/j 2. Méthanisation d'autres déchets non dangereux	A DC A	2 2
2782	Installations mettant en œuvre d'autres traitements biologiques de déchets non dangereux que ceux mentionnés aux rubriques 2780 et 2781 à l'exclusion des installations réglementées au titre d'une autre législation	A	3
(1) A : autorisation, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement. (2) Rayon d'affichage en kilomètres.			

Les deux arrêtés « méthanisation », du 10 novembre 2009 (installations soumises à autorisation ou à déclaration avec contrôle périodique : DC) sont parus au JO du 26 novembre. L'annexe I du deuxième arrêté (DC) devait être publiée le 10 décembre 2009.

Remarque : la création d'une troisième catégorie d'IC (celles soumises à enregistrement, avec un régime intermédiaire entre les deux régimes existants), devrait être appliquée en 2010 aux installations de méthanisation relevant de la rubrique 2781-1 (correspondant à la méthanisation agricole).

2.3.2 ÉTAT DES LIEUX DE L'ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SANITAIRE DES DIFFÉRENTS MODES DE GESTION DES DÉCHETS.

Mme Peggy HARLÉ a présenté les travaux qui débutent au MEEDDM sur ce thème : il s'agit de l'engagement n°265 du Grenelle de l'Environnement. Cet état des lieux sera demandé à l'ADEME et l'INERIS. Il profitera des travaux de redéfinition des outils d'évaluations de risques liés aux ICPE, qui sont entrepris dans le même esprit que pour les nouveaux outils de gestion des sites et sols pollués publiés début 2007. Deux niveaux d'approche sont prévus : approche site, approche plus macroscopique (outils basés sur les ACV, permettant de comparer les filières).

Intervention de l'INERIS : il existe actuellement d'autres travaux sur le sujet. On peut citer en particulier :

- l'étude lancée par AMORCE (état des lieux des évaluations de risques sanitaires sur les filières de traitement des déchets),
- le projet financé par l'ANR dans le cadre du PRECODD 2008 « CleanWast » (BRGM, INERIS, Cemagref, 13D, Université de Provence, INRA, IDEP), qui est basé sur la démarche ACV mais va plus loin (en particulier prise en compte du retour au sol de la matière organique sous forme de compost),
- le groupe de rédaction piloté par la FNADE pour élaborer un guide CCTG (cahier des clauses techniques générales) pour la construction d'installations de compostage et méthanisation.

2.3.3 VALORISATION DU BIOGAZ

M. HOLUIGUE (MEEDDM/DGCE) a présenté les deux saisines de l'AFSSET sur l'injection de biogaz dans un réseau de gaz naturel (en 2006 et en 2009). Il a piloté au sein du MEEDDM un groupe de travail sur l'injection de biométhane dans les canalisations de gaz naturel. Ces travaux ont fait l'objet d'un rapport (MEEDDM, 2009). Les aspects techniques sont considérés comme relativement bien maîtrisés¹ : le GT s'est donc attaché à traiter les aspects économiques.

La loi Grenelle II, encore à sortir, devrait apporter un amendement au décret du 03/01/2003 sur le gaz. Les fournisseurs de gaz auront l'obligation de racheter le biométhane² avec un tarif de rachat supérieur au prix du marché. Il y aura un mécanisme de compensation pour les fournisseurs. La question de la traçabilité est importante (certificat de garantie d'origine), de plus il faudra être compétitif par rapport au tarif de rachat de l'électricité générée à partir de biogaz. L'ADEME a fait en 2009, une étude de rentabilité de la filière, sur des installations agricoles.

¹ Un participant fait remarquer que la teneur maximale en oxygène fixée par GDF (100 ppmv) est trop basse, ce point est en discussion.

² Biogaz épuré, à teneur en méthane > 90% v/v

En ce qui concerne la deuxième saisine de l'AFSSET, elle était prête, mais une déclaration du Ministre de l'Écologie était attendue au courant de l'automne ; celle-ci tardant à venir, la saisine a été envoyée et a bien été reçue par l'AFSSET (voir l'intervention suivante).

2.3.4 INTERVENTION DE L'AFSSET

L'AFSSET a bien reçu la deuxième saisine, qui comprend des aspects non traités pendant la première étude, en particulier :

- le biogaz issu de boues de STEP (objet des travaux de l'INERIS en 2009),
- le biogaz issu de la méthanisation de déchets industriels (hors IAA) en fonction des données disponibles,
- le risque sanitaire pour les travailleurs, y compris sur les installations générant du biogaz sur lequel portait le premier avis (biogaz d'ISDND, d'installations agricoles et d'IAA).

Mme LEROUX et M. MODELON (AFSSET) précisent que certaines limites ont été relevées lors de la première étude, en particulier le manque de données sur la composition du biogaz épuré et sur les résidus de combustion. La qualité de la démarche suivie pour l'évaluation de risques servant de base au premier avis n'est pas remise en question ; néanmoins, il semble nécessaire de prendre en compte les remarques émises lors du premier rapport avant d'entamer un nouveau travail. Ces données seront nécessaires ; l'AFSSET n'exclut pas de réaliser des analyses pour améliorer ces connaissances, cette décision pourra être discutée au sein du groupe de travail de l'AFSSET qui sera mis en place pour le traitement de la saisine.

2.3.5 TRAVAUX DE L'INERIS EN 2009

Les travaux de l'année 2009, visant à réunir des données de composition, ont été présentés. Les données sont reportées dans un tableau général, élaboré par l'AFSSET pour la première saisine, reprenant les composés déjà rencontrés sur les autres types de biogaz. Ce tableau qui recense les données d'une dizaine de sites, est présenté et commenté. Compte-tenu des analyses fournies, un certain nombre de composés ont été rajoutés. D'autres ne sont jamais présents dans les analyses, sans que l'on sache s'ils n'ont pas été détectés, ou pas recherchés. Cela concerne notamment les aldéhydes/cétones, les HAP, les métaux.

2.3.6 PERSPECTIVES

Différents échanges entre les personnes présentes ont ensuite eu lieu ; les participants expriment le souhait de participer à nouveau à une réunion de suivi, sur une base plus ou moins semestrielle. En effet, les industriels ne peuvent pas participer aux GT de l'AFSSET, les réunions organisées par l'INERIS sont l'occasion de faire le point (diffuser les informations) et de discuter de façon ouverte.

Pour la fin de l'année l'INERIS doit terminer de rassembler les données dans le tableau (en vérifiant les gammes de concentrations avec les personnes ayant fourni les données). Début 2010, une recherche élargie à l'étranger serait intéressante. Le tableau vérifié sera diffusé (sans les informations sur les sites, qui restent confidentielles) aux participants à l'étude, et servira de première base pour les travaux de l'AFSSET. La mise en route de ces travaux à l'AFSSET sera discutée en CES (Comité d'Experts Scientifiques) du milieu air. De plus, une réunion pourrait être envisagée avec le MEEDDM afin de préciser les attentes de la saisine.

3. DONNEES DE COMPOSITION RECUEILLIES

Le tableau suivant reporte les données fournies par les industriels et bureaux d'étude pour 10 sites. Il reprend également les données qui avaient été regroupées lors des travaux du GT de l'AFSSET. Au total, ces données représentent donc une quinzaine de sites. Cependant, ces données de composition ne concernent toujours que du biogaz brut, puisqu'il n'y a actuellement pas de site en France qui mette en œuvre une épuration poussée du biogaz en vue de valoriser du biométhane.

Afin de limiter la place prise dans ce rapport, nous avons supprimé dans le tableau suivant les composés pour lesquels, soit il n'y avait pas de valeur, soit il n'y avait qu'une seule valeur, et que celle-ci était manifestement inférieure à la limite de quantification. Par rapport aux biogaz issus d'ISDND, il ya donc moins de composés quantifiés. Cependant, le fichier excel recensant l'ensemble des données regroupe tous les composés issus du tableau de l'AFSSET, plus ceux cités par les participants, soit plus de 400 composés.

Références	Données de l'étude AFSSET						Données fournies par les industriels → → →															
	3c	3f	8b	8b	12b	12b	A (7 campagnes sur 8 mois)				B	C			D		E	F	G	H	I	J
			MIN	MAX	MIN	MAX	Min	Max	Moyenne	Médiane		Janv-08	04/09, brut	04/09, après stock.	Sept-07	Fev.09						
CH ₄ (%)	67,6	61,6		61			60,40	65,20	62,73	62,10	63,3	63,1	63	63	61	56	65	72	63	69,5	60,1	59,7
CO ₂ (%)	30,9	27,6		35,2			33,60	37,60	35,54	35,80	35,6	35,3	34	34	37	38	30	24,8	34	29,7	33,2	38,4
O ₂ (%)				< 1			0,20	0,40	0,31	0,30	0,2	0,3	0,65	0,73	0,69	1,2	>0,5	0,31	0,63	0,5	1,4	0,4
N ₂ (%)	0,5	3,21					0,90	1,70	1,39	1,50	0,9	1,3	2,6	2,9	2,2	4,4	5	5,41	2,4	0,69	5,2	1,5
H ₂ (%)	<0,002	<0,002									0		<1	<1	<1	<1		0,0005	>1	0,01		0,02
H ₂ O (%)	13,3	16,4					4,60	11,00	6,82	6,00	78.3 % HR											
Cl ⁻ (mg/m ³)	<10	80									2,1		0,88	0,95	0,33	<0,08						
CO (mg/m ³)	25	29																7,2				
COV (mg C/m ³)																		1608				
F ⁻ (mg/m ³)	<20	30									<1,6				<0,03	<0,03						
H ₂ S (mg/m ³)	25	3150					121	4220	1340	374			43	270	72	78	854		33		14	82
NH ₃ (mg/m ³)											<0,2										<0,2	
NOx (mg/m ³)																		55,3				
S (mg/m ³)	25	3750									7,8		41	250	68	74			32			
H ₂ SO ₄															210	230						
Alcools (mg/m³)													<LQ	<LQ	<LQ	<LQ						
Alpha-terpineol												2167										
Aldéhydes (mg/m ³)													NR	NR								
Cétones (mg/m ³)													<LD	<LD								
Alcènes/Terpènes (mg/m³)																						
Limonène (mg/m ³)												0,864	1,5	2,2	0	<0,005	0,272					
Limonène, di (mg/m ³)					10	13,8																2,1
Pinène, alpha (mg/m ³)					2,5	4,4						0,874	4,8	5,2	0	0			1,6			3
Camphène (mg/m ³)					1,7	4,3							0,69	0,75	0	0			0,31			
Thujone (mg/m ³)																						
Cymène, P (mg/m ³)													0,52	0,54								<1
Pinène, bêta (mg/m ³)													1,1	1	0	0			0,71			1,3
Terpinène, gamma (mg/m ³)					0,6	1,5																

Références	Données de l'étude AFSSET						Données fournies par les industriels → → →																
	3c	3f	8b	8b	12b	12b	A (7 campagnes sur 8 mois)				B	C			D		E	F	G	H	I	J	
			MIN	MAX	MIN	MAX	Min	Max	Moyenne	Médiane		Janv-08	04/09, brut	04/09, après stock.	Sept-07	Fev.09							
Autres terpènes (mg/m3)																			4,8			<1	
Trans-3-nonène													3,436										
Trans-2-nonène													0,521										
1-propène														2,3									
1-butène														0,2									
Acides	Non recherchés / non détectés						Non recherchés / non détectés																
Esters																<LQ	<LQ						
Composés S et mercaptans (mg/m ³)																							
Disulfure, diméthyl ou méthyl (mg/m3)													0,025					0,034				0,01	
Disulfure de carbone (mg/m3)																						0,054	
Disulfure, méthyl propyl (mg/m3)																						0,01	
Oxysulfure de carbone (carbonyl sulfide) (mg/m3)														0,047	0,29								
Methanethiol (mg/m3) ou (méthyl mercaptan)																	<0,005					0,033	
Pentanethiol (mg/m3) (ou amyl mercaptan)														0,092	0,11	<0,005	<0,005						
Thiophène (mg/m3)													0,015	0,048	0,057								
Trisulfure, dipropyl (mg/m3)																						0,63	
Thiophène, 2-méthyl (mg/m3)																						0,035	
Mercaptan, ethyl (mg/m3) (ou ethanethiol)														0,066	0,093							0,079	
Sulfure, diéthyl (mg/m3)																	<0,005						
1-Propanthiol (mg/m3) (ou 1 propyl mercaptan)														0,31	0,46								<1

Références	Données de l'étude AFSSET						Données fournies par les industriels → → →															
	3c	3f	8b	8b	12b	12b	A (7 campagnes sur 8 mois)				B	C			D		E	F	G	H	I	J
			MIN	MAX	MIN	MAX	Min	Max	Moyenne	Médiane		Janv-08	04/09, brut	04/09, après stock.	Sept-07	Fev.09						
2-Propanethiol (mg/m ³) (ou 2 propyl mercaptan)												5,886		0,11					< 5			
Propane, 2 Méthylthiol (mg/m ³)															<0,005	<0,005						
Propane, 1 Méthylthiol (mg/m ³)																<0,005						
1-Propanéthiol, 2 méthyl (mg/m ³) (ou isobutyl mercaptan)																<0,005			< 5			
2-Propanethiol, 2 méthyl (mg/m ³) (ou terbutyl mercaptan)													0,072	0,086					0,079			
1-Butanethiol																<0,005						
2-Butanethiol													0,035	0,062								
Ethers et furanes (mg/m³)																						
Furane, 2 methyl (mg/m ³)												0,019										
Ethyl-ter-butyl-ether (mg/m ³)														0,06								
Halogénés																						
Cl (mg/m³)																		<0,29				
Méthane, dichloro (mg/m ³)	<0,33	<0,33														<0,005	<0,005		< 5	<0,1		<1
Méthane, trichloro (mg/m ³)																			< 5			
Ethylène, 1,2 cis dichloro (mg/m ³)	<0,08	<0,08						0,50	1,10	0,69	0,60		0,322	0,78	0,89		<0,005	0,048	< 5			<1
Ethylène, 1,2 trans dichloro (mg/m ³)									<0,1								<0,005					
Ethylene, 1,1 dichloro (mg/m ³)									<0,1								<0,005		< 5	<0,1		<1
Ethylène, trichloro (mg/m ³)	117,4	88,1							<0,1				0,042				<0,005	0,03	< 5	0,4		<1
Ethylène, tetrachloro (mg/m ³)	51,9	74,1						<0,1	0,1	ND	ND		0,128	0,093	0,11		<0,005	0,074	< 5	1,6		<1

Références	Données de l'étude AFSSET						Données fournies par les industriels → → →																			
	3c	3f	8b	8b	12b	12b	A (7 campagnes sur 8 mois)				B	C			D		E	F	G	H	I	J				
			MIN	MAX	MIN	MAX	Min	Max	Moyenne	Médiane		Janv-08	04/09, brut	04/09, après stock.	Sept-07	Fev.09										
Ethane, 1,1,1 trichloro (mg/m3)																						< 5	<0,1		<1	
Methane, tétrachloro (mg/m3)																							< 5	<0,1		
Ethane, 1,1 dichloro (mg/m3)																							< 5	<0,1		<1
Ethane, 1,2 dichloro (mg/m3)																										
Ethylene, chloro (chlorure de vinyle) (mg/m3)															0,41	0,36		<0,005						< 5		<1
Ethane, 1,1,2 trichloro (mg/m3)																							< 5	<0,1		<1
Ethane, 1,1,1,2 tetrachloro (mg/m3)																							< 5	<0,1		
Benzène, chloro (mg/m3)														4,202				<0,005					< 5			<1
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (mg/m³)																										
Benzène (mg/m3)	<0,17	<0,17			0,1	0,1								0,075	0,15	0,2	<0,02		0,058	< 0,1	< 0,01			<0,1	<1	
Toluène (mg/m3)	0,8	<0,21			1,9	2,6								23,774	6,9	6,6	0	0	0,608	2,4	1,7				4,2	351
Toluène, isopropyl (mg/m3)					0,9	18,4																				
Toluène, p-isopropyl (mg/m3)																	0	<0,005								
Benzène, Ethyl (mg/m3)	<0,24	<0,24			0,2	6,3								0,15	0,21		0	<0,01		<0,1	0,13			0,1	<1	
Xylènes (m/p+o) (mg/m3)	<0,23	<0,23			0,4	0,8											0	<0,01	0,204	<0,1	0,26			0,4	1,2	
m-Xylène (mg/m3)														0,441	0,51	0,67	0									
o-Xylène (mg/m3)														0,141	0,25	0,21		<0,01							0,2	<1
Styrène (mg/m3)																	<0,01	<0,005								
Benzène, 1,3 diéthyl (mg/m3)																		<0,005								
Benzène, isopropyl (cumène) (mg/m3)															0,043	0,077	0	<0,005								
Benzène, 1,3,5 triméthyl (mg/m3)															0,32	0,33	0	<0,005						0,31		

Références	Données de l'étude AFSSET						Données fournies par les industriels → → →																		
	3c	3f	8b	8b	12b	12b	A (7 campagnes sur 8 mois)				B	C			D		E	F	G	H	I	J			
			MIN	MAX	MIN	MAX	Min	Max	Moyenne	Médiane		Janv-08	04/09, brut	04/09, après stock.	Sept-07	Fev.09									
Benzène, 1,2,3 triméthyl (mg/m3)													0,16	0,12	0	<0,005									
Benzène, 1,2,4 triméthyl (mg/m3)													0,73	0,68	0	<0,005									
Benzène, para-méthyl isopropyl (mg/m3)												0,764													
Benzène, 1ethyl 2 methyl ou 2 ethyltoluene (mg/m3)													0,19	0,17		<0,005									
Benzène, 1 ethyl 4 methyl ou 4 ethyltoluene (mg/m3)													0,497	0,44	0,41	<0,005									
Benzène, 1ethyl 3 methyl ou 3 ethyltoluene (mg/m3)																<0,005									
Benzène, propyl (mg/m3)													0,042		0,077	<0,005						0,051			
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (µg/m³)																									
Métaux																									
Hydrocarbures aliphatiques (µg/m³)																									
Butane (µg/m3)														51	60	<20	<20								
Butane, iso (µg/m3)																<20	<20								
Propane (µg/m3)																<5									
Hexane (µg/m3)													172	98	140	140	100	16				120		<1	
Hexane, 2-méthyl (µg/m3)														190	160	230	52				51				
Hexane, 3-méthyl (µg/m3)														190	200	280	49	28				27			
Décane (µg/m3)					3300	5400							7840	13000	13000	21000	890				4700		2		
Octane (µg/m3)					1000	1400							1128	1800	2100	1900	520	184			800		<1		
Nonane (µg/m3)					0,8	1,3								5700	6300	6700	880	714			1000		<1		
Undécane (µg/m3)					1100	5700								4200	3500	12000	220				3400				
Butane, 2methyl (µg/m3)														47	70	<5	<5				320				

Références	Données de l'étude AFSSET						Données fournies par les industriels → → →																			
	3c	3f	8b	8b	12b	12b	A (7 campagnes sur 8 mois)				B	C			D		E	F	G	H	I	J				
			MIN	MAX	MIN	MAX	Min	Max	Moyenne	Médiane		Janv-08	04/09, brut	04/09, après stock.	Sept-07	Fev.09										
Octane, 3 methyl (µg/m3)																			20							
Pentane (µg/m3)													252	520	540	340	<20						<1			
Pentane, 3 méthyl (µg/m3)														26	29	160	<20	180								
Pentane, 2 methyl (µg/m3)														46	49	860	48	294								
Heptane (µg/m3)													344	590	650	620	160						<1			
Dodecane (µg/m3)					400	3700								370	210	1600	<20	474					<1			
Tridécano (µg/m4)																140	<20									
Hexadecane (µg/m3)					1000	11400																				
Hydrocarbures cycliques (µg/m3)																										
Cyclohexane (µg/m3)													25			59	<20					< 20				
Cyclopentane (µg/m3)																110	<20					< 20				
Cyclohexane, méthyl (µg/m3)														78	110	130	<20					< 20				
Cyclopentane, méthyl (µg/m3)																47	<20					< 20				
Autres																										
Siloxanes (mg/m ³)											12,2	34,7											5,9			
Silicium Si calculé											4,6	15,3	0,72	0,78	2,6	<0,02										
Equivalent Silice (SiO ₂)																5,7	<0,03									
triméthylsilanol (mg/m ³) M					0,06	0,15						<0,1										0,039	0,34	<0,1		
Hexaméthylsiloxane (L2 ou MM)																	<0,005					0,018	0,008	<0,1	<1	
Octaméthylsiloxane (L3 ou MDM)																	<0,005					5,2	0,005	0,2	<1	
décaméthylsiloxane (L4 ou MD2M)																	<0,005						1,6	0,2	<1	
Dodecaméthylpentasiloxane ou MD3M																<0,005	<0,005									
Hexaméthylcyclotrisiloxane (mg/Nm ³) D3													5,9				<0,005						0,2	0,45	0,1	<1

Références	Données de l'étude AFSSET						Données fournies par les industriels → → →															
	3c	3f	8b	8b	12b	12b	A (7 campagnes sur 8 mois)				B	C			D		E	F	G	H	I	J
			MIN	MAX	MIN	MAX	Min	Max	Moyenne	Médiane		Janv-08	04/09, brut	04/09, après stock.	Sept-07	Fev.09						
Octaméthylcyclotetrasiloxane (mg/Nm3) D4												6,0	1,5	1,6		<0,005			0,2	0,91	0,9	1,2
Décaméthylcyclopentasiloxane (mg/Nm3) D5												22,6	0,3	0,38		<0,005			200	14	14,1	56,3
C2-C5 (mg/Nm3)											1,5											
C6-C10 (mg/Nm3)											170											
>C10 (mg/Nm3)											79											
Σ C4 alkyls benzènes													2,9	1,2		<0,005						
Σ cyclohexanes, mg/m3													7,53	8,03								
Σ cycloalcalnes C10, mg/m3													5,6	5,8								
HAP : decaline, µg/m3													670	870								
HAP : Σ C11H20, µg/m3													660	500								

Tableau 1 : données de composition de biogaz issus de boues de STEP, recueillies lors de l'étude AFSSET et lors de la présente étude (les composés supplémentaires sont reportés en rouge)

4. CONCLUSIONS

En conclusion, suite aux deux réunions de travail qui ont eu lieu en 2009 dans les locaux de l'INERIS à Paris, tous les représentants des grands groupes industriels, des collectivités locales, des syndicats de traitement d'eaux et des bureaux d'études intervenant dans le domaine de la méthanisation de boues de stations d'épuration, ont participé aux réunions et ont fourni des jeux de données concernant certains de leurs sites.

Le tableau, basé sur les compositions de différents biogaz établi lors de l'étude AFSSET, a été complété avec les données issues d'une dizaine de sites français, avec des analyses récentes dans l'ensemble. Cependant, il n'y a pas de données de concentrations pour un certain nombre de composés figurant dans la liste de l'AFSSET, pour lesquels il y avait des valeurs sur les biogaz d'installations de stockage de déchets. Il s'agit en particulier des aldéhydes, des HAP, des métaux. Il n'est pas possible de savoir si ce manque de données vient du fait que ces composés n'ont pas été retrouvés lors de l'analyse (ce qui est possible compte-tenu des matières méthanisées), ou s'ils n'ont pas été recherchés.

Cette étude montre qu'il est possible de recueillir des données de composition fine de biogaz brut issu de boues de STEP non publiées. Ces données pourront servir de base pour les travaux de la deuxième saisine mais demanderont à être complétées, à la fois sur les données manquantes sur le biogaz brut (aldéhydes, métaux, HAP) et sur la composition du biogaz épuré et des résidus de combustion.

Des mesures sont possibles, en ce qui concerne le biogaz épuré, sur la station de Lille Marquette, en fonctionnement depuis l'automne 2009, et des données complémentaires devraient pouvoir être recueillies en élargissant la recherche à l'étranger (en Suisse notamment).

Au niveau des résidus de combustion, la connaissance des conditions de fonctionnement (type de matériel, température de flamme, excès d'oxygène) peut permettre de modéliser la composition de ces résidus à partir des composés présents dans le gaz arrivant au brûleur. Cependant, cette composition demanderait à être vérifiée, dans des conditions opératoires à définir.

5. REFERENCES

AFSSET (2009) : « Risques sanitaires du biogaz. Évaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel ». Rapport d'expertise collective, 174 p. Téléchargeable sur le site de l'AFSSET :
http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/058412092985118807049572120143/biogaz_oct08.pdf

MEEDDM (2009) : « Rapport du groupe de travail sur l'injection de biométhane dans les canalisations de gaz naturel » Rapport-GtinjectionV2 (9-11-18)

ANNEXE

Présentation conjointe AFSSET – INERIS au congrès de l'ASTEE

Nice, 11 juin 2009

C. LEROUX* H. MODELON* C. ROUSSELLE* I. ZDANEVITCH** S. EVANNO**	EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES A L'INJECTION DE BIOGAZ EPURE DANS UN RESEAU DE GAZ NATUREL
* AFSSET : 253, avenue du Général Leclerc - 94701 Maisons-Alfort Cedex ** INERIS : BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte	Table des matières : RÉSUMÉ MOTS-CLÉS INTRODUCTION METHODOLOGIE RESULTAT ET DISCUSSION CONCLUSION DE L'ÉTUDE ET RECOMMANDATIONS POURSUITE DES TRAVAUX CONCLUSIONS BIBLIOGRAPHIE

RÉSUMÉ

Ce document reprend l'avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (Afsset) émis à la suite de l'expertise collective menée pour l'évaluation de risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel. L'intégralité de cette expertise est publiée et disponible sur le site internet de l'Agence, seuls les grands axes sont présentés dans ce document. Suite aux recommandations, des travaux ont été initiés ; ainsi, l'INERIS va étudier la composition des biogaz issus de boues de STEP qui seront ensuite évalués quant aux risques sanitaires, pour les utilisateurs, consécutifs à une injection dans le réseau de gaz naturel.

MOTS-CLÉS

Biogaz ; méthanisation ; injection ; évaluation de risques

INTRODUCTION

Le biogaz, constitué majoritairement de méthane et de dioxyde de carbone est un gaz combustible issu de la dégradation de matières organiques en absence d'oxygène, appelée aussi méthanisation. Les procédés de production du biogaz incluent :

- La méthanisation en décharge ou en installation de stockage de déchets non dangereux³.
- La méthanisation en digesteur, qui comprend :
 - la méthanisation de déchets ménagers ;
 - la méthanisation d'effluents agricoles ;
 - la méthanisation de boues urbaines ;
 - la méthanisation de déchets industriels.

Le biogaz peut être valorisé sous différentes formes. Il peut être brûlé pour produire de l'électricité ou de la chaleur et épuré afin d'être utilisé sous forme de carburant pour les véhicules. La Directive

³ Les installations de stockage sont à dissocier des décharges d'autrefois ou des décharges dites sauvages. Ce mode d'élimination s'est appelé successivement avec l'évolution de la réglementation : centre d'enfouissement technique (C.E.T) ou centre de stockage de déchets ultimes (CSDU) et enfin installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND) selon la dernière modification de l'arrêté du 09 septembre 1997.

européenne 2003/55/CE⁴ sur les règles communes pour le marché intérieur du gaz naturel autorise l'injection de gaz autre que naturel dans les réseaux européens lorsque ceci est techniquement possible. Le règlement européen 1775/2005 met en application cette directive. Néanmoins, il n'existe pas de standards internationaux définissant les conditions d'injection de biogaz dans les réseaux de gaz naturel. Si, au niveau national, certains pays européens se sont dotés de spécifications pour les caractéristiques des biogaz, les pays injectant du biogaz dans leur réseau sont encore peu nombreux (l'Allemagne, l'Autriche, les Pays-Bas, la Suède et la Suisse).

L'Afsset a été saisi en 2007 pour mener une expertise sur les risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau pour aider les gestionnaires dans l'attribution des autorisations comme indiqué dans le décret n°2004-555 du 15 juin 2004⁵.

L'instruction de cette saisine a été confiée au Comité d'Experts Spécialisés (CES) « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » qui a mandaté le groupe de travail multidisciplinaire (GT) « Biogaz » pour la réalisation des travaux d'expertise. Cette communication reprend les principaux éléments de l'avis rendu par l'Agence en octobre 2008 ainsi que les travaux qui vont être menés dans la continuité de cette expertise, en particulier sur les biogaz issus de boues de STEP.

MÉTHODOLOGIE

Pour traiter cette saisine, il n'a pas été prévu d'acquérir de nouvelles données de composition chimiques et microbiologiques compte tenu de l'absence d'installation opérationnelle à l'époque en France et des délais imposés par la saisine. Les experts se sont basés sur les données bibliographiques dont ils ont pu disposer.

S'agissant des aspects chimiques, on distingue :

- une phase d'exposition à du biogaz non brûlé (phase d'allumage), pour laquelle une composition a été déterminée pour différents types de biogaz à partir des données disponibles (biogaz bruts essentiellement et biogaz épurés) ;
- une phase d'exposition à des résidus de combustion de biogaz brûlé (phase de cuisson) pour laquelle une composition théorique a été déterminée à partir de données bibliographiques sur la composition de biogaz épurés et de résidus de combustion de gaz naturel.

Les spécifications d'injection dans le réseau, d'un gaz autre que le gaz naturel, ont également été étudiées, à partir des spécifications de Gaz de France (GDF), opérateur historique du réseau de gaz naturel.

► Les hypothèses suivantes ont été retenues pour caractériser l'exposition d'un utilisateur au domicile :

- les tables de cuisson à gaz constituent l'unique source de rejets au domicile, dans le cadre d'une utilisation normale et non dans des conditions accidentelles (les risques de fuite et d'explosion étant hors champs de la saisine) ;
- le gaz arrivant chez l'utilisateur est composé à 100% de biogaz.

Une évaluation des risques sanitaires a été menée en fonction des données toxicologiques disponibles pour chaque composé identifié. D'une part, il a été réalisé une analyse quantitative des composés disposant de valeurs toxicologiques de référence (VTR). Dans ce cas, les indicateurs de

⁴ Directive 2003/55/CE du Parlement européen et du Conseil du 26 juin 2003 concernant des règles communes pour le marché intérieur du gaz naturel et abrogeant la directive 98/30/CE

⁵ Décret relatif aux prescriptions techniques applicables aux canalisations et raccordements des installations de transport, de distribution et de stockage de gaz

risque tels que le quotient de dangers (QD)⁶ pour les effets à seuil⁷ et l'excès de risque individuel (ERI)⁸ pour les effets sans seuil⁹ ont été calculés selon les schémas d'expositions aiguës et chroniques définis. D'autre part, pour les composés ne disposant pas de VTR une analyse qualitative basée sur d'autres données toxicologiques issues de la bibliographie a été menée.

S'agissant des aspects microbiologiques, l'expertise a porté uniquement sur du biogaz émis lors de la phase d'allumage (destruction des microorganismes lors de la phase de combustion) et ce, à partir des quelques données disponibles. L'évaluation des risques a été réalisée par comparaison avec les compositions microbiologiques qualitative et quantitative de différents milieux (gaz naturel, air intérieur, air purifié...) quand les données étaient disponibles. L'influence potentielle de toxines et de biofilms a également été considérée dans l'évaluation des risques.

Une analyse critique de ces résultats a été faite en prenant en compte l'efficacité des systèmes d'épuration, la variabilité de la nature des déchets et lorsqu'il en a été possible, l'existence ou non d'un risque spécifique lié aux biogaz par comparaison au gaz naturel a été discutée.

RÉSULTATS DE L'EXPERTISE ET DISCUSSION

En raison de la variabilité de la composition microbiologique et chimique des biogaz et du manque de données actuellement disponibles pour le biogaz épuré, il n'a pas été établi de caractéristiques en termes de composition pour un biogaz type avant injection.

■ Concernant le risque chimique :

L'étude de composition a permis de confirmer que les constituants principaux du biogaz tels que le méthane et le dioxyde de carbone représentent à eux deux plus de 50 % (pour un gaz de décharge) et jusqu'à 90% (pour un gaz issu de digesteur) de la composition du biogaz brut. Les autres composés principaux sont l'eau, le sulfure d'hydrogène, l'oxygène et l'azote.

De plus, environ 250 autres composés chimiques susceptibles d'être présents ont été identifiés dans les différents biogaz. Ces derniers représentent moins de 5% de la composition d'un biogaz brut ; ils appartiennent à différentes grandes familles chimiques telles que la famille des composés organohalogénés, des hydrocarbures aromatiques polycycliques et monocycliques, des métaux, des aldéhydes, des alcanes, des alcools, des cétones, des esters, des alcènes, des composés soufrés et des éthers. La variabilité de la composition chimique des biogaz dépend de différents paramètres tels que l'origine des matières premières (boues urbaines, boues de papeterie, effluents agricoles, biodéchets des ménages...) et les procédés utilisés (production, épuration).

► Résultats en phase d'allumage : Pour une exposition aiguë au domicile, il n'a pas été mis en évidence de risque supérieur au seuil d'admissibilité pour les différents types de biogaz à l'exception de l'hydrogène sulfuré dans le biogaz brut. Le risque pour ce composé est écarté pour le biogaz épuré (QD inférieur à 1).

⁶ Un QD supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer (sans qu'il soit possible d'en prédire la probabilité de survenue), alors qu'un QD inférieur à 1 signifie que la population exposée est théoriquement hors de danger

⁷ Effets à seuil : Il s'agit d'effets dont la gravité augmente avec la dose d'exposition des individus. On admet qu'il existe un seuil d'exposition en deçà duquel aucun effet néfaste n'est observé (ou attendu).

⁸ Les probabilités obtenues peuvent être comparées aux valeurs 10^{-5} ou 10^{-6} , repères classiquement utilisés par les gestionnaires de risque pour qualifier un risque d'acceptable (ERI inférieur à la valeur repère) ou non (ERI supérieur à la valeur repère). Dans ce qui suit, les ERI calculés sont comparés à la valeur repère usuelle la plus protectrice c'est-à-dire 10^{-6} .

⁹ Effets sans seuil : il s'agit des effets sanitaires de certains agents, en particulier cancérogènes, dont la fréquence et non la gravité croît avec la dose d'exposition. On considère généralement que ces effets peuvent survenir sans seuil, autrement dit, dès qu'une exposition existe, aussi petite soit-elle.

Le tableau 1 présente les résultats de l'analyse pour une exposition chronique au domicile. Certains composés potentiellement à risque ont été identifiés : l'hydrogène sulfuré, l'acétaldéhyde, le formaldéhyde, certains dérivés organochlorés, le benzène et le chrome. Cependant, au regard des données de composition du biogaz épuré, de l'efficacité des différents systèmes d'épuration mis en place actuellement pour atteindre les spécifications techniques de GDF et considérant l'évolution des pratiques de tri et de la réglementation relative aux traitements de certains déchets, il apparaît que les teneurs de ces éléments sont suffisamment réduites pour permettre d'écarter les risques sanitaires liés à une exposition au biogaz épuré lors de la phase d'allumage.

Tableau 1 : Résultats de l'analyse de risque pour une exposition répétée lors de la phase d'allumage

Origine du biogaz	ISDND		Digesteur	Commentaires
Composés	Brut	Epuré	Brut	
H ₂ S (QD)	5	0	<2	Dans le biogaz épuré, l'EQRS donne un indicateur de risque inférieur au seuil d'admissibilité. L'épuration mise en place pour le respect des spécifications de GDF permet de réduire les concentrations et d'écarter un risque sanitaire.
Acétaldéhyde (ERI)	3.10 ⁻⁶	nr ¹⁰	nr	L'épuration mise en place pour le respect des spécifications de GDF permet de réduire les concentrations et d'écarter un risque sanitaire
Formaldéhyde (ERI)	4.10 ⁻⁶	nr	nr	L'EQRS réalisée sur la base d'une recommandation Afsset pour les valeurs guides air intérieur (VTR chronique de l'ATSDR, 1999) conduit à un QD = 0,1 soit inférieur au seuil d'admissibilité.
Chlorure de vinyle (ERI)	3.10 ⁻⁵	nr	6.10 ⁻⁹	Réduction du plastique dans les déchets grâce au tri de plus en plus poussé L'épuration mise en place pour le respect des spécifications de GDF permet de réduire les concentrations et d'écarter un risque sanitaire
Trichloroéthylène (ERI)	1.10 ⁻⁶	2.10 ⁻¹⁰	<1.10 ⁻⁶	Dans le biogaz épuré ainsi que dans les autres types de biogaz bruts, l'EQRS donne un indicateur de risque inférieur au seuil d'admissibilité.
Tétrachloroéthylène (ERI)	6.10 ⁻⁶	3.10 ⁻¹⁰	<2.10 ⁻⁶	Dans le biogaz épuré, l'EQRS donne un indicateur de risque inférieur au seuil d'admissibilité. L'épuration mise en place pour le respect des spécifications de GDF permet de réduire les concentrations et d'écarter un risque sanitaire
Tétra- chlorométhane (ERI)	4.10 ⁻⁶	nr	<5.10 ⁻¹⁰	L'épuration mise en place pour le respect des spécifications de GDF permet de réduire les concentrations et d'écarter un risque sanitaire.
1-4 di- chlorobenzène (ERI)	4.10 ⁻⁶	6.10 ⁻⁹	<2.10 ⁻⁷	Dans le biogaz épuré ainsi que dans les autres types de biogaz bruts, l'EQRS donne un indicateur de risque inférieur au seuil d'admissibilité.
Benzène (ERI)	5.10 ⁻⁵	nr	<3.10 ⁻⁷	L'épuration mise en place pour le respect des spécifications de GDF permet de réduire les concentrations et d'écarter un risque sanitaire Selon la bibliographie, les niveaux de benzène retrouvés dans certains biogaz épurés sont identiques à ceux du gaz naturel
Chrome (ERI)	6.10 ⁻⁶	nr	<7.10 ⁻⁵	L'épuration mise en place pour le respect des spécifications de GDF permet de réduire les concentrations et d'écarter un risque sanitaire Le risque lié au chrome est certainement surestimé car basé sur les effets du chrome VI, forme la plus toxique du chrome et non majoritaire dans le biogaz.

¹⁰ nr : non renseigné

► Résultats en phase de cuisson (tableau 2): les principaux produits de combustion du biogaz ne diffèrent pas fondamentalement des produits issus de la combustion du gaz naturel actuellement distribué (composition en éléments principaux proche et même pouvoir calorifique). Les principaux polluants qui peuvent être émis sont les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et des imbrûlés (Composés organiques volatiles, particules...).

Tableau 1 : Résultats de l'analyse de risque pour une exposition lors de la phase de cuisson

Origine des données	Combustion du gaz naturel ¹¹	Biogaz épuré après application d'un facteur d'abattement	Spécifications GDF	Commentaires
Composés				
SO ₂ (QD)	nr	0	5	Hypothèse retenue : tous les composés soufrés sont transformés en SO ₂ . Une partie du soufre total est apporté par l'ajout réglementé dans le biogaz épuré de tétrahydrothiophène (THT).
HCl (QD)	nr	0,4	0,5	La spécification de GDF protège d'un risque sanitaire selon les hypothèses formulées
HF (QD)	nr	nr	4	Hypothèse retenue : tous les composés fluorés sont transformés en HF. Les quantités de fluor total retrouvées dans les biogaz conduisent à des QD inférieurs au seuil d'admissibilité
Arsenic (ERI)	3.10 ⁻⁵	nr	pas de spécifications	Non spécifique du biogaz
Chrome (ERI)	5.10 ⁻⁴	nr	pas de spécifications	Non spécifique du biogaz
Nickel (ERI)	1.10 ⁻⁶	nr	pas de spécifications	Non spécifique du biogaz
Cadmium (ERI)	1.10 ⁻⁵	nr	pas de spécifications	Non spécifique du biogaz
Mercure (QD)	nr	0,9	0,1	La spécification de GDF protège d'un risque sanitaire pour le mercure selon les hypothèses formulées
Formaldéhyde (ERI)	2.10 ⁻⁵	nr	pas de spécifications	Non spécifique du biogaz, L'EQRS réalisée sur la base d'une recommandation Afsset pour les valeurs guides air conduit à un QD de 0,6
Benzène (ERI)	1.10 ⁻⁶	nr	pas de spécifications	Non spécifique du biogaz

¹¹ Les composés identifiés dans cette colonne ne sont donc pas spécifiques du biogaz. Les données sont issues de résidus de combustion en chaudières (en France et aux USA)

Concernant l'évaluation des risques liés aux résidus de combustion à partir de la composition de biogaz épuré, il n'est pas mis en évidence de risques en relation avec les schémas d'exposition utilisés.

Concernant les résultats obtenus à partir de données issues de la combustion de gaz naturel, quelques composés sont susceptibles de présenter des risques lors d'une exposition chronique : il s'agit essentiellement de métaux (arsenic, chrome, nickel, cadmium), du formaldéhyde et du benzène. Ces composés sont présents à la fois dans le gaz naturel et dans le biogaz, le risque n'est alors pas spécifique du biogaz.

Par ailleurs, les risques basés sur des scénarios d'exposition tenant compte des spécifications techniques de GDF (fixées pour préserver l'intégrité du réseau) ont été évalués. Ces spécifications ne permettent pas d'écarter les risques associés au soufre et au fluor, potentiellement émis lors de la phase de combustion. Il convient cependant de souligner que les hypothèses formulées lors de l'élaboration des scénarios sont majorantes. Par ailleurs, les teneurs en fluor total retrouvées dans les biogaz sont inférieures à ces spécifications et une partie du soufre total est apportée par l'ajout réglementé de tétrahydrothiophène pour donner une odeur au gaz (non spécifique du biogaz).

■ Concernant le risque microbiologique :

La majeure partie des données bibliographiques concernent les biogaz bruts et il n'existe que peu de données sur le gaz naturel et les biogaz épurés.

D'un point de vue qualitatif, la composition de la flore des biogaz n'est, en proportion, pas la même que celle du digesteur dont ils sont issus. Une aérosolisation différentielle favorisant certaines bactéries peut être observée. L'étude moléculaire montre ainsi une très grande diversité d'espèces (>180 espèces différentes).

D'un point de vue quantitatif, par dénombrement au microscope, la densité de bactéries semble globalement la même dans l'air et les biogaz bruts. De plus, il apparaît que les résultats de l'analyse des microorganismes cultivables des biogaz avant injection dans le réseau et ceux du gaz naturel au niveau du brûleur soient comparables. Selon le scénario d'exposition fixé par le GT « biogaz » (quelques litres au plus de gaz non brûlé à l'allumage), l'apport des micro-organismes issus des biogaz épurés serait quantitativement très modeste, de l'ordre de quelques centaines de microorganismes. Même s'il s'agissait en totalité de microorganismes pathogènes (ce qui n'est pas le cas), l'effet de dilution conduirait à une quantité de microorganismes pathogènes (ou potentiellement pathogènes) qui serait en dessous des doses infectieuses.

Par ailleurs, les microorganismes pourraient provenir d'une dissémination à partir d'éventuels biofilms présents dans les canalisations, dans ce cas, la probabilité de formation de biofilms dans les canalisations, a été étudiée et ne semble pas être différente pour le biogaz et pour le gaz naturel. Le risque ne serait alors pas spécifique du biogaz.

Sur la base des données actuelles, il n'existe donc pas de signaux d'alerte concernant le risque microbiologique (microorganismes et toxines).

CONCLUSIONS DE L'ETUDE ET RECOMMANDATIONS

Compte-tenu des données disponibles et des conclusions de l'expertise collective, l'Afsset considère que l'injection dans le réseau de certains types de biogaz épurés ne semble pas présenter de risque sanitaire supplémentaire pour les usagers avant et après combustion, par rapport au gaz naturel actuellement distribué. Les biogaz concernés sont :

- Le biogaz épuré issu de déchets ménagers et assimilés produit en installation de stockage de déchets non dangereux.

- Le biogaz épuré issu de la méthanisation en digesteur de déchets non dangereux¹² :
 - biodéchets triés à la source ou déchets ménagers ;
 - déchets organiques agricoles (effluents d'élevages et déchets végétaux), déchets de la restauration collective et déchets organiques fermentescibles de l'industrie agro-alimentaire.

En revanche l'expertise collective ne permet pas de conclure sur les biogaz issus de boues de station d'épuration et des déchets industriels autres que les déchets organiques fermentescibles de l'industrie agro-alimentaire. L'Afsset considère, notamment en raison de la grande variabilité qui caractérise ces activités, qu'il n'y a pas assez de données disponibles pour faire une évaluation des risques sanitaires satisfaisante et préconise d'écarter dans l'immédiat, l'injection dans le réseau de biogaz issus de ces catégories de déchets. Cependant, si l'injection dans le réseau de tels biogaz était sollicitée, l'Afsset recommande qu'une nouvelle évaluation des risques sanitaires, fondée sur des analyses de composition sur le site concerné, et s'appuyant sur la méthode proposée par le rapport d'expertise collective, soit conduite préalablement à l'injection.

Ces conclusions tiennent compte de l'efficacité d'épuration qui est actuellement mise en place pour satisfaire aux spécifications de GDF pour l'injection de gaz autre que du gaz naturel. De ce fait, une modification de ces spécifications justifierait une nouvelle évaluation des risques dès lors qu'elle aurait un impact sur les conditions d'épuration.

Toutefois l'Afsset souligne le manque de données disponibles sur les compositions chimique et microbiologique des biogaz épurés, du gaz naturel ainsi que de leurs résidus de combustions et les difficultés qui en résultent pour la réalisation de cette évaluation. Aussi, l'Afsset considère qu'il est prématuré de chercher à déterminer les caractéristiques d'un biogaz type (ou un référentiel) pour l'injection dans le réseau de distribution du gaz naturel.

Par conséquent, l'Afsset recommande :

- de développer des programmes de recherche visant à renseigner les teneurs en éléments trace dans les biogaz épurés et le gaz naturel distribué, avant et après combustion. Cette préconisation concerne également la composition en micro-organismes, en particulier pathogènes, susceptibles d'être présents dans le gaz naturel et les biogaz ;
- d'acquérir des connaissances sur l'efficacité des systèmes d'épuration actuels et au fur et à mesure du développement de nouveaux procédés de production et d'épuration du biogaz ;
- de développer et valider des outils analytiques tenant compte des spécificités de la matrice biogaz et des considérations techniques, en vue de la mise en place d'analyses de routine dans les installations de production de biogaz ;
- de rechercher des indicateurs de suivi de la qualité du biogaz ;
- d'une manière générale, de mieux documenter les budgets espace-temps ainsi que les comportements des usagers à leur domicile.

POURSUITE DES TRAVAUX

Compte-tenu des recommandations de l'AFSSET sur les besoins d'études visant à améliorer la connaissance de la composition de différents biogaz bruts et épurés (notamment les biogaz issus de boues de STEP) et le développement d'installations de méthanisation, tant industrielles qu'agricoles, le MEEDDAT a confié à l'INERIS un travail de recherches démarrant début 2009.

¹² Décret n°2002-540 du 18-04-2002, relatif à la classification des déchets (transposition de la Décision 2001-573-CE qui établit la liste des déchets et de la Directive 91-689-CE qui définit un déchet dangereux)

Pour l'année en cours, ce programme comporte différentes opérations, dont l'une vise à évaluer les risques liés à la valorisation du biogaz, au niveau du transport par canalisation et de la valorisation énergétique, industrielle et domestique.

a) Transport du biogaz

Le transport par canalisation du biogaz génère des risques compte tenu de la présence de constituants autres que le méthane dans le biogaz (H_2S , eau, CO_2).

Le but de cette partie est d'évaluer les conséquences (distances d'effets d'explosion et de dispersion toxique accidentelle) et l'impact sanitaire des principaux scénarios accidentels lors du transport du biogaz par canalisation.

Pour cela, une étude de sécurité sera réalisée sur un cas type de réseau de transport correspondant à une situation industrielle réelle (ce cas type sera défini en lien avec le club Biogaz de l'ATEE). Les principaux scénarios d'accidents à retenir seront alors identifiés et les conséquences accidentelles associées seront modélisées. De plus, dans le cas des petites fuites (fuites correspondant à des fuites de bride ou de joint), l'impact sanitaire du biogaz sera étudié.

b) Valorisation énergétique du biogaz

La deuxième partie de cette opération consistera à examiner l'impact sanitaire des gaz de combustion des installations industrielles de valorisation énergétique du biogaz (chaudière ou moteur). Ce travail viendra en complément des travaux réalisés en 2008 pour le Bureau de l'Air du MEEDDAT sur la méthanisation à la ferme.

La valorisation du biogaz sur site réclame un niveau de qualité minimal, qui est obtenu à partir de procédés d'épuration plus ou moins poussés. Les aspects d'épuration et de traitement du biogaz seront abordés en termes de contraintes procédé et de la sécurité du personnel soumis à une exposition chronique ou accidentelle de gaz toxiques (quelles recommandations sont nécessaires afin de préserver l'hygiène et la sécurité du personnel au poste de travail).

Concernant la valorisation domestique du biogaz via l'injection dans le réseau du gaz naturel, les critères sanitaires ont déjà été en partie traités par les travaux présentés ci-dessus, en particulier pour le biogaz issu de déchets ménagers, en décharges ou en installation de méthanisation. En 2009, suivant les limites de ces travaux signalées par l'AFSSET, d'autres types de biogaz seront étudiés, en prenant en compte les procédés d'épuration existants. Cet examen sera mené en lien avec les différents partenaires concernés, en particulier l'AFSSET. Dans ce cadre, une première réunion a eu lieu mi-mai avec des représentants des installations traitant les eaux usées et les institutionnels : VEOLIA, SUEZ, la Communauté Urbaine de Lille, le SIAAP, l'ADEME et l'AFSSET. Cette réunion a permis de préciser les données nécessaires pour réaliser l'étude de risques en suivant la méthodologie définie par le GT de l'AFSSET. Les industriels ont ainsi été sollicités pour fournir les données de composition fine du biogaz issu de boues de STEP. Si les données recueillies sont insuffisantes pour permettre la réalisation de l'évaluation des risques, des campagnes de mesures sur sites seront proposées par l'INERIS pour l'année 2010. Les rendements des différents systèmes d'épuration communément employés seront également étudiés.

L'évaluation des risques liés à l'injection de biogaz issu de boues de STEP pourra être réalisée si les données de composition sont assez nombreuses, en revanche les connaissances sur les biogaz issus d'industries autres que les industries agro-alimentaires sont trop limitées. En fonction des matières soumises à la méthanisation (boues de papeteries, déchets d'industries de la chimie organique...) les composés en traces sont probablement trop différents d'un biogaz à l'autre pour qu'une évaluation générique puisse être envisagée à l'heure actuelle.

CONCLUSIONS

Au vu des connaissances actuelles, l'injection dans un réseau de gaz naturel de biogaz issu de déchets ménagers, de biodéchets ou de déchets agricoles, s'il est convenablement épuré, ne présente pas de risques sanitaires supplémentaires par rapport au gaz naturel. Il convient cependant de s'assurer au cours du temps :

- du maintien de la qualité de l'épuration,
- de l'absence de polluants toxiques dans les déchets entrants dans l'installation de méthanisation.

Le cas du biogaz issu de la méthanisation de boues de stations d'épuration qui n'a pu être traité dans le cadre de la saisine de l'AFSSET faute de temps, fait l'objet de travaux dans le cadre du programme d'appui au MEEDDAT de l'INERIS pour 2009. Les données récoltées pourront être complétées par des mesures sur site à programmer en 2010.

REMERCIEMENTS

Ce travail est issu d'une expertise collective menée par le CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » et du groupe de travail « Biogaz » de l'Afsset : A. Lattes, R. Alary, P. Bajeat, S. Wenisch, M. Ramel, J.P. Jaeg, G. Keck, J.J. Godon, M. Moletta-Denat, G. Naja, O. Ramalho et G. Bellenfant.

BIBLIOGRAPHIE

- Afsset, 2008 Evaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel, www.afsset.fr
- INERIS, 2007 Etude des risques liés à l'exploitation des méthaniseurs agricoles. Rapport DRA-07-88414-10586B, www.ineris.fr
- INERIS, 2009 Étude de la composition du biogaz de méthanisation agricole et des émissions en sortie de moteur de valorisation. Rapport DRC-09-94520-13867A (novembre 2009)