



# Risques sanitaires et accidentels liés à la méthanisation

Débat ONG – 06 mai 2010


**INERIS**

maîtriser le risque |  
pour un développement durable |

## Pourquoi cette réflexion ?

- Plan d'actions déchets 2009 – 2012 du MEEDDM et le comité opérationnel 10 du Grenelle de l'Environnement qui préconise le développement des EnR avec 23 % d'EnR en 2020 dans la consommation finale d'énergie (+ 20 MTEP EnR d'ici 2020 soit 550 000 TEP pour le biogaz)
- Ventilation de l'objectif chaleur pour le biogaz : 60 ktep en 2012, 555 ktep en 2020 (multiplication de la production par 10 en 10 ans)
- Caractère exponentiel et en pleine mutation technologique du développement de la méthanisation (nouvelle rubrique ICPE 2781 liée à la méthanisation)
  - Nécessité d'acquérir de l'expertise dans ce domaine, peu exploré
  - Anticiper les demandes d'appui des pouvoirs publics et les attentes sociétales
- Dvpt de la filière GN vert biométhane (carburant, injection réseau GrdF) en complémentarité avec la filière cogénération (chaleur, électricité)
- Atelier sur les perspectives du dvpt de la méthanisation (MEEDDM / DGEC)

**La maîtrise des risques accidentels et chroniques est le cœur de métier de l'INERIS...**



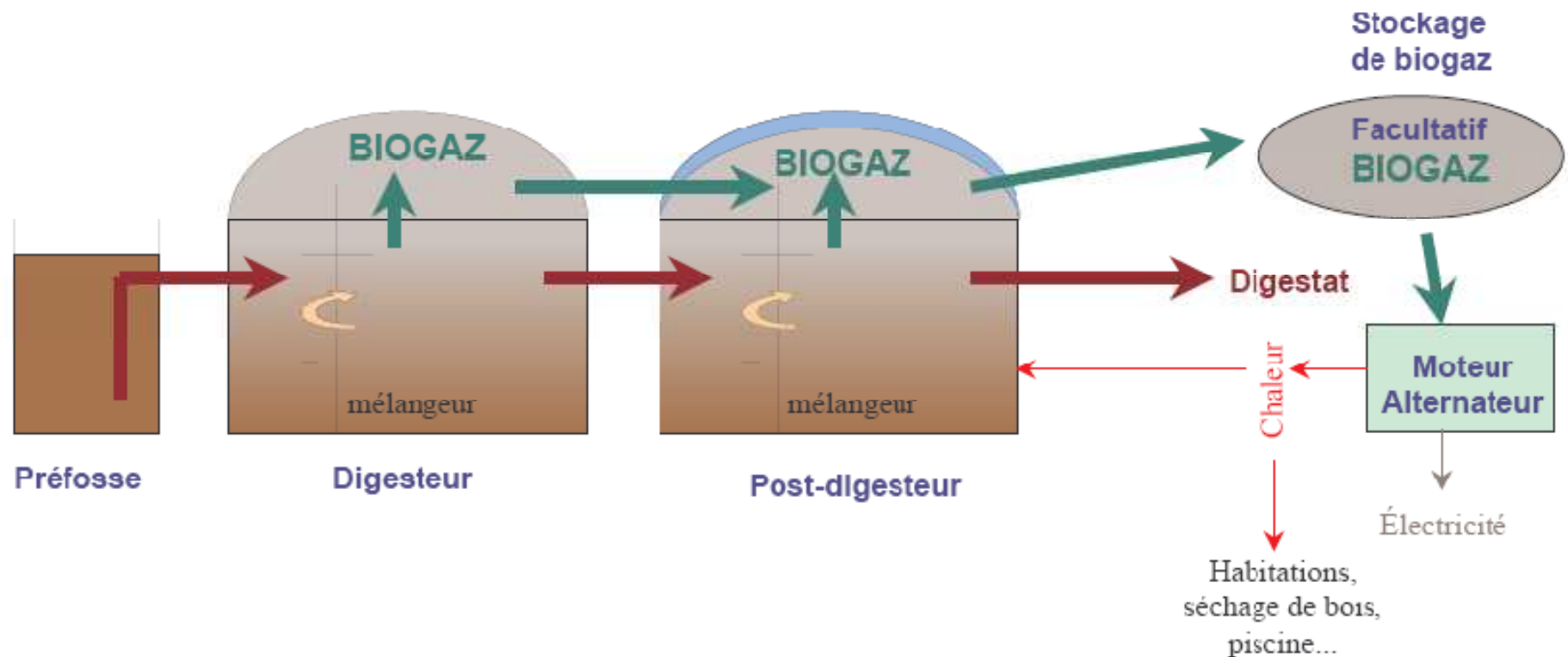
## Positionnement de l'INERIS sur la problématique « risques » des procédés de méthanisation :

La sécurité mérite d'être considérée comme un volet à part entière dans le développement durable des filières EnR et examinée sur toute la chaîne de valorisation

Développements de technologie « en rupture » (nouvelles biomasses, nouveaux procédés...)

Intégration des biocarburants verts dans des procédés propres et sûres (injection du biogaz vert dans le réseau GrDF, carburant vert véhicule, Station d'épuration (STEP) à énergie positive....)

# Schéma simplifié d'un procédé de méthanisation




# Méthaniseur agricole



# Cogénérateur





## Risques sanitaires liés à la méthanisation : études documentaires et expertises

Participation au GT de l'AFSSET sur l'injection de biogaz épuré  
en réseau de gaz naturel (avis rendu en octobre 2008)

Poursuite par une enquête sur la composition de biogaz issu de  
boues de STEP. Deuxième saisine de l'AFSSET (fin 2009).

Risques sanitaires liés à la méthanisation de fumiers équin :  
détermination par des prélèvements de composés en traces sur  
le biogaz issu de pilotes, INERIS et LBE (INRA Narbonne)

Analyses critiques de dossiers de demande d'autorisation  
d'exploiter : vérification de la démarche utilisée pour  
l'évaluation des risques sanitaires

# Études expérimentales

Réalisé et en cours	Méthanisation en casiers de stockage	Nombreux sites de stockage de déchets ménagers	Biogaz : étude des émissions surfaciques, atténuation naturelle...
	Méthanisation agricole	3 sites	Analyses sur biogaz brut et en sortie de moteur Macro et micro-constituants (COV, HAP, dioxines, métaux...)
	Fumier équin	2 pilotes (INERIS, INRA Narbonne)	CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S/COV
Prévu (2010-2011)	Méthanisation agricole	2-3 sites	Suivi de la qualité du biogaz et du digestat
	Méthanisation sur déchets ménagers	1 site	Évaluation environnementale (projet de recherche ANR)
Projet	Méthanisation sur boues de STEP	1 site	Dans le cadre de la saisine de l'AFSSET



## Résultats (1) : composition du biogaz

**Éléments majeurs :** CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>

### Éléments mineurs :

- H<sub>2</sub>S (hydrogène sulfuré) : jusqu'à 5000 ppmv. Toxique, explosif et nocif pour l'environnement : lors de la combustion, se transforme en SO<sub>2</sub> (origine des pluies acides) : valeur maximum de rejet sur installations de combustion fixée à 200 mg/Nm<sup>3</sup> par arrêté du 25/07/1997
- Composés organiques volatils (total < 1% v/v). Certains sont toxiques/cancérogènes. Lors de la combustion, ils se transforment en CO<sub>2</sub>
- Métaux : peu de données. Ils sont présents en ultra-traces
- Particules : existent dans le biogaz mais sont éliminées par tous les traitements

## Résultats (2) : risques sanitaires

Avis positif de l'AFSSET en octobre 2008 pour l'utilisation de biogaz épuré issu d'OM, de déchets agricoles et d'industrie agro-alimentaire. Pas d'avis sur le biogaz issu de boues de STEP et autres industries (papeteries, chimie..) : deuxième saisine fin 2009

Installations agricoles : émissions en sortie de moteur équivalentes à des installations de combustion classiques (moyennant la gestion de l'H<sub>2</sub>S en amont du moteur)

DDAE d'installations industrielles : vérification de la démarche utilisée pour l'évaluation des risques sanitaires. Pas de problèmes sur la démarche, questions sur les composés et les niveaux considérés (guide à élaborer ?)

# Élimination de l'H<sub>2</sub>S selon le méthaniseur

## Méthaniseur industriel

- Jusqu'à > 150 000 T/an
- Déchets ménagers, industriels, boues de STEP
- Épuration après le réacteur (lavage à l'eau sous pression, condensation, absorption sur charbon actif...)

## Méthaniseur agricole

- Petite taille ( ≤ 10 000 T/an)
- Déjections animales, déchets végétaux, déchets d'IAA...
- Épuration dans le réacteur (introduction d'un peu d'air : pas de formation d'H<sub>2</sub>S)

## Composés indésirables : épuration

Le procédé d'épuration dépend de la valorisation envisagée

Au minimum :  $H_2S$ , eau, composés de la silice pour la valorisation en moteur thermique (chaleur + électricité)

Procédés poussés : élimination supplémentaire du  $CO_2$  et des traces  
⇒ enrichissement en méthane : « biométhane » (GNV : carburant véhicules, utilisation comme le gaz naturel)

Après utilisation : émissions classiques de la combustion du gaz ( $CO_2$ , vapeur d'eau, oxydes d'azote)

# Risques accidentels liés aux procédés de méthanisation de la biomasse et des déchets

## Actions menées dans le cadre du programme d'appui au MEEDDM « Risques liés aux procédés de méthanisation de la biomasse et des déchets »

Opération A : Détermination des principaux scénarios accidentels et calculs des distances d'effets associées pour les installations types.

- Rédaction d'un rapport présentant les scénarios accidentels et modélisation des distances d'effets associées pour des installations de méthanisation de taille agricole et industrielle

Cette étude a consisté à réaliser les calculs des distances d'effets (thermiques, surpressions, toxiques) des principaux phénomènes dangereux représentatifs des installations type industrielles et agricoles.

## Scénarios accidentels retenus pour une configuration de taille industrielle et agricole :

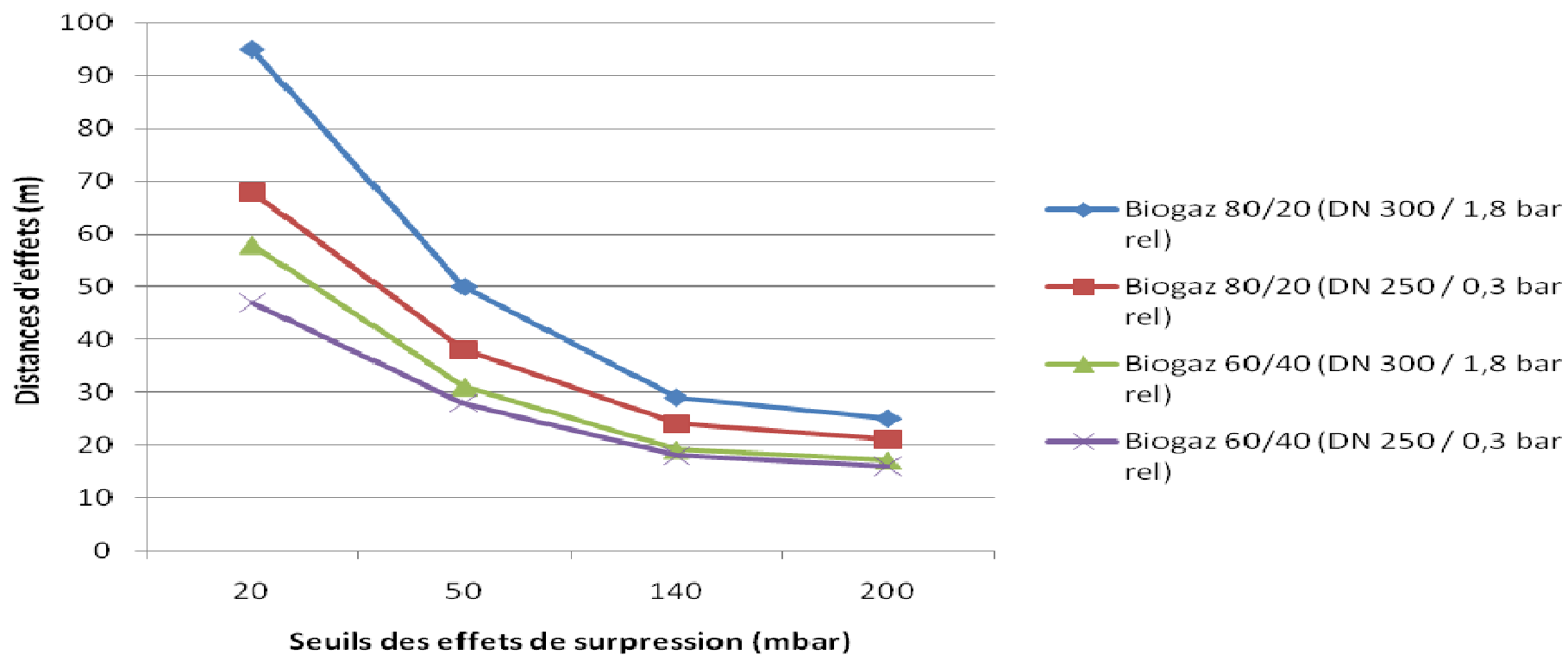
- Rupture guillotine d'une canalisation de biogaz située à l'extérieur,
- Explosion dans un local industriel de compression de biogaz liée à une rupture guillotine d'une canalisation de biogaz,
- Explosion dans un local de séchage liée à une rupture guillotine d'une canalisation de biogaz,
- Explosion dans un digesteur industriel ou agricole en fonctionnement normal et à vide,
- Explosion de l'ATEX interne dans un gazomètre agricole ou industriel,
- Explosion de l'ATEX formée suite à la ruine du gazomètre.

Les principaux risques de ces différents types de biogaz sont liés à leurs principaux composants : Inflammabilité / explosibilité (méthane, hydrogène, sulfure d'hydrogène), Toxicité aigüe par inhalation (sulfure d'hydrogène), Anoxie (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>).

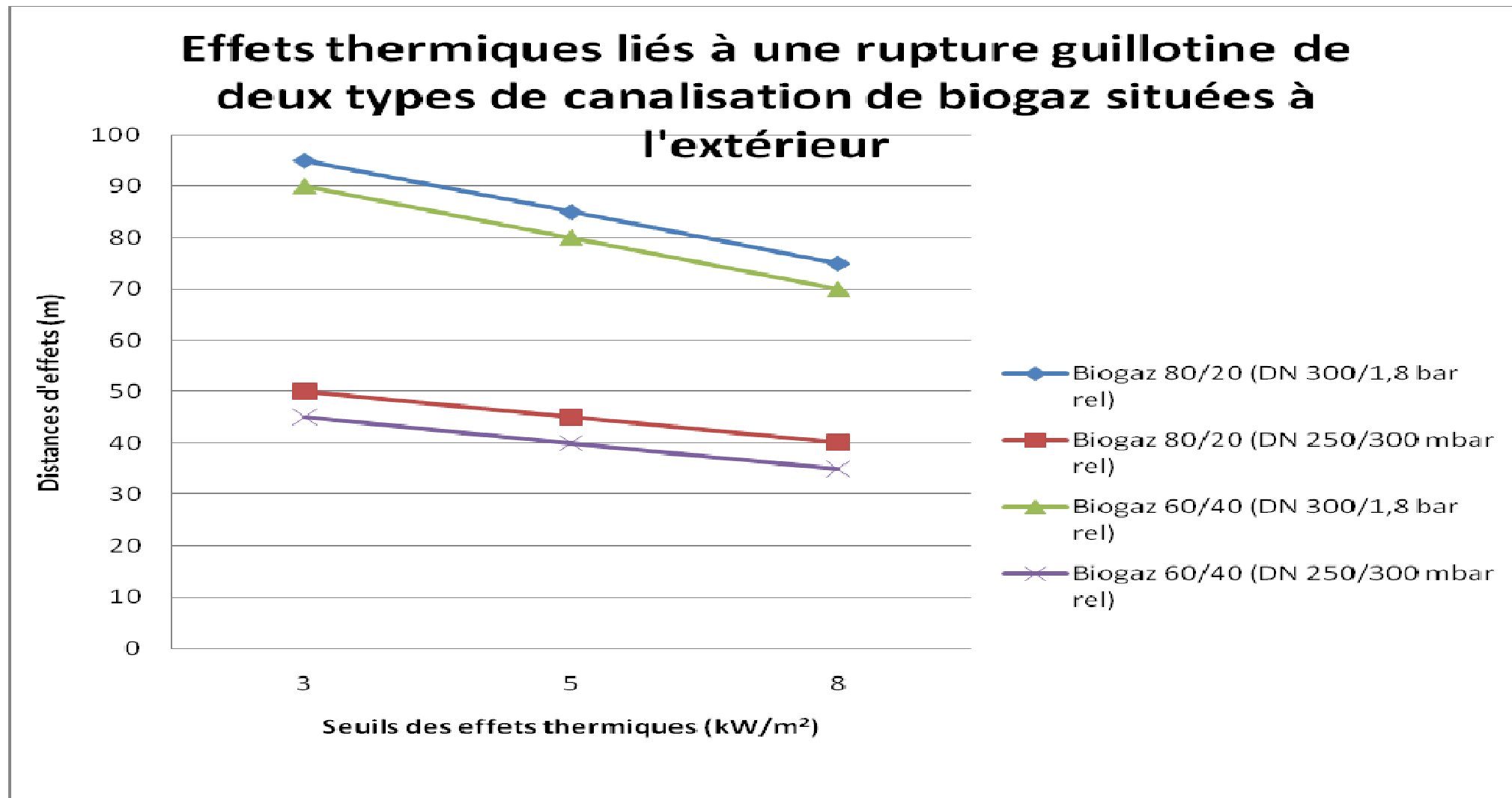
Enfin, outre le sulfure d'hydrogène, le biogaz contient, à l'état de traces, des gaz odorants (composés soufrés dont mercaptans, azotés, aldéhydes, acides gras volatils) pouvant entraîner des nuisances olfactives.

## Rupture guillotine d'une canalisation de biogaz située à l'extérieur

### Effets de pression liés à une rupture guillotine de deux types de canalisation de biogaz situées à l'extérieur



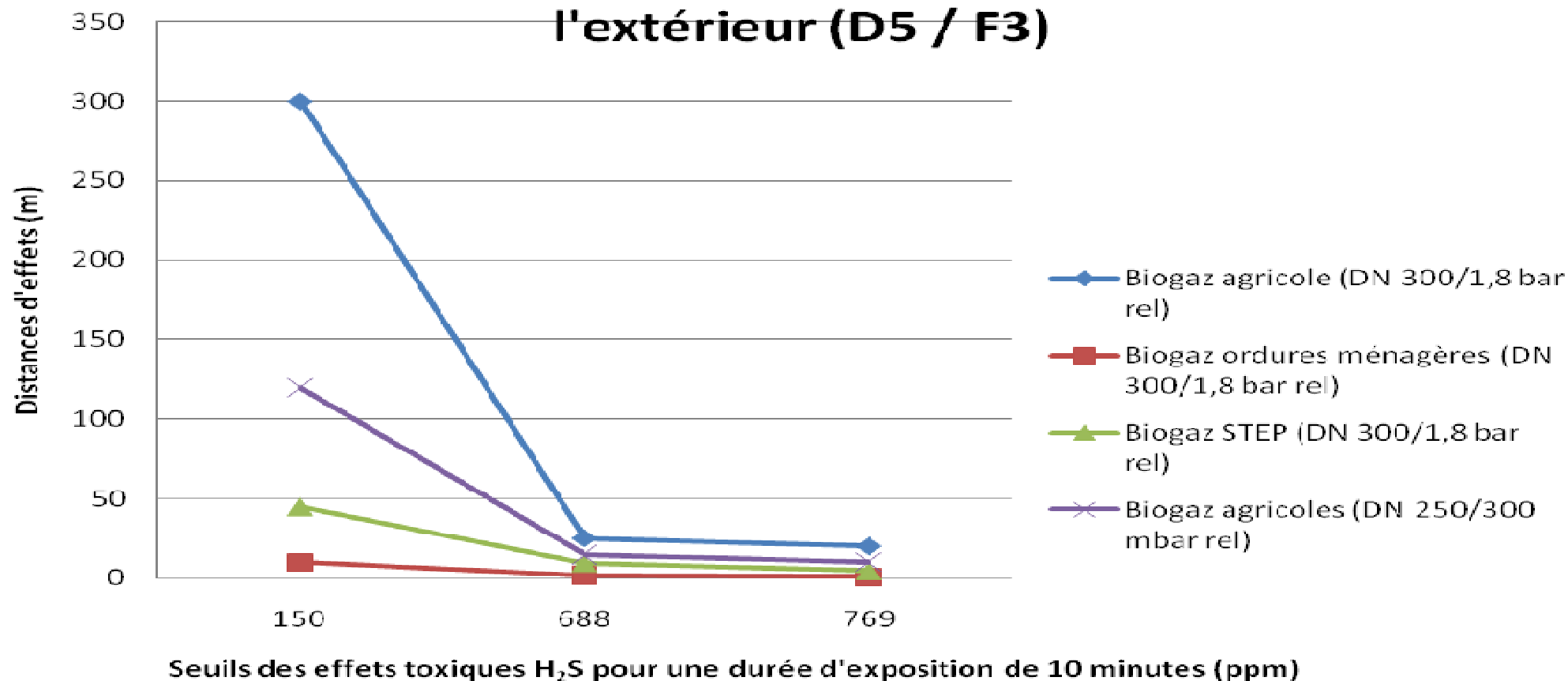
## Rupture guillotine d'une canalisation de biogaz située à l'extérieur





## Rupture guillotine d'une canalisation de biogaz située à l'extérieur

### Effets toxiques liés à une rupture guillotine de deux types de canalisation de biogaz situées à l'extérieur (D5 / F3)





## Rupture guillotine d'une canalisation de biogaz située à l'extérieur

Les biogaz bruts issus de la méthanisation agricole peuvent générer des distances d'effets toxiques bien supérieures à celles occasionnées par les biogaz bruts issus de la méthanisation d'ordures ménagères ou de boues de station d'épuration puisque leurs teneurs moyennes résiduelles en  $H_2S$  est de l'ordre de 3 à 8 fois supérieur.

Il existe en général des traitements simples de gaz bruts (par introduction d'air) qui ramènent la composition du biogaz épuré en  $H_2S$  à quelques dizaines de ppm.



## Explosion dans un local industriel de compression de biogaz liée à une rupture guillotine d'une canalisation de biogaz

ATEX à la stœchiométrie dans le local de compression suite à une fuite de canalisation de biogaz sous une pression de 1,8 bar rel et un diamètre de 300 mm, sans tenir compte de la ventilation du local de 9 000 m<sup>3</sup>.

L'explosion primaire dans le local suite à l'inflammation de l'ATEX à la stœchiométrie dans le local de compression éjecte à l'extérieur 90 % du volume inflammable initial à travers les parois soufflées du local

Distance d'effets à 200 mbar : 95 m

Distance d'effets à 140 mbar : 125 m

Distance d'effets à 50 mbar : 300 m

Distance d'effets à 20 mbar : 675 m

Des projections de débris (bardage,...) sont possibles sur quelques dizaines de mètres.



## Explosion dans un local de séchage liée à une rupture guillotine d'une canalisation de biogaz

On considère la formation d'une ATEX à la stœchiométrie dans le local de séchage suite à une fuite de canalisation de biogaz selon la configuration du site :

**Site industriel** : canalisation sous une pression de 300 mbar rel et un diamètre de 250 mm, sans tenir compte de la ventilation du local de 9 000 m<sup>3</sup>

**Site agricole** (ou de taille semi industrielle) : canalisation sous une pression de 300 mbar rel et un diamètre de 150 mm, sans tenir compte de la ventilation du local de 6 000 m<sup>3</sup>

L'explosion primaire dans le local suite à l'inflammation de l'ATEX à la stœchiométrie dans le local de compression éjecte à l'extérieur 90 % du volume inflammable initial à travers les parois soufflées du local

Distance d'effets à 200 mbar : 100 m / -

Distance d'effets à 140 mbar : 130 m / 50 m

Distance d'effets à 50 mbar : 310 m / 135 m

Distance d'effets à 20 mbar : 700 m / 190 m

Des projections de débris (bardage,...) sont possibles sur quelques dizaines de mètres.

## Explosion dans un digesteur industriel ou agricole en fonctionnement normal et à vide

On considère la formation d'une ATEX à la stœchiométrie dans le local de séchage suite à une fuite de canalisation de biogaz selon la configuration du site :

**Site industriel** : digesteur de 30 m de diamètre, dont le volume du ciel en fonctionnement normal est de 1 500 m<sup>3</sup> et à vide de 9 000 m<sup>3</sup>

**Site agricole** (ou de taille semi industrielle) : digesteur de 15 m de diamètre, dont le volume du ciel en fonctionnement normal est de 500 m<sup>3</sup> et à vide de 3 000 m<sup>3</sup>

L'explosion primaire dans le local suite à l'inflammation de l'ATEX à la stœchiométrie dans le local de compression éjecte à l'extérieur 75 % du volume inflammable initial à travers les parois soufflées du local

Distance d'effets à 200 mbar : - / 10 m : - / 20 m

Distance d'effets à 140 mbar : - / 20 m : - / 40 m

Distance d'effets à 50 mbar : 50 m / 60 m : 65 m / 105 m

Distance d'effets à 20 mbar : 120 m / 145 m : 150 m / 255 m



## Explosion de l'ATEX interne dans un gazomètre agricole ou industriel

Formation d'une ATEX à la stœchiométrie d'un mélange d'air et de biogaz dans le gazomètre industriel de deux tailles distinctes ( $V = 4\,600\text{ m}^3$  /  $V = 2\,000\text{ m}^3$ ) ou dans le gazomètre agricole ( $V = 660\text{ m}^3$ ). Les gazomètres (ou post digesteur) sont constitués d'une membrane en PVC résistant à 30 mbar.

En première approche, ce scénario peut-être assimilé à l'explosion à l'air libre d'un mélange stœchiométrique de biogaz et d'air.

Distance d'effets à 200 mbar : - / - / -

Distance d'effets à 140 mbar : - / - / -

Distance d'effets à 50 mbar : 70 m / 50 m / 35 m

Distance d'effets à 20 mbar : 175 m / 130 m / 90 m

# Actions en cours menées dans le cadre du programme d'appui au MEEDDM « Risques liés aux procédés de méthanisation de la biomasse et des déchets »

## Actions 2010 programme DRA DRC 93

**Opération A** : Développement d'un réseau d'acquisition de données sur la méthanisation [examen critique de la bibliographie récente, suivi de l'évolution de la composition des gaz au cours du traitement pour différents substrats ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,...)] et développement du pilote de méthanisation de l'INERIS.

**Opération B** : Etude et évaluation des matériels disponibles sur le marché pour la mesure en continu d'hydrogène sulfuré ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dans le biogaz.

**Opération C** : Retour d'expérience et base de données bibliographique sur les conditions de formation accidentelle d' $\text{H}_2\text{S}$  lors de mélanges de co-substrats et réalisation d'essais analytiques nécessaires à mettre en place.

**Opération D** : Risques liés à la valorisation énergétique du biogaz.

**Opération E** : Valorisation du programme DRA DRC 93 et participation aux réseaux d'experts inhérents au développement de la filière en termes de connaissance en génie des procédés de méthanisation, et d'appui à l'administration.



# **Présentation d'un cas concret : Maîtrise de la méthanisation des fumiers équinés et valorisation du digestat en substrat de culture des champignons**

**Projet en partenariat avec : CUMA, INRA, Institut Polytechnique LaSalle Beauvais, Centre Technique du champignon Distré**

## **Contribution INERIS :**

**Analyse des risques accidentels**

**Evaluation des nuisances olfactives et des risques sanitaires**

**Réalisation d'une analyse du cycle de vie des procédés**