

RAPPORT D'ÉTUDE

13 / 02 / 2012

DRA-12-117442-01013A

**EAT DRA DRC- 93 - Opération A**

**Retour d'expérience relatif aux procédés de  
méthanisation et à leurs exploitations.**

**INERIS**

maîtriser le risque |  
pour un développement durable |

## **EAT DRA DRC- 93 2011- Opération A**

### **Retour d'expérience relatif aux procédés de méthanisation et à leurs exploitations**

Direction des Risques Accidentels

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Benno WEINBERGER

## PRÉAMBULE

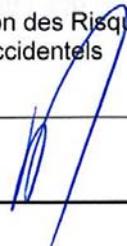
Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

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 équivalents 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	Sébastien EVANNO	Guillaume CHANTELAUVE	Michel DEMISSY
Qualité	Responsable Etudes et Recherche EAT DRA DRC 93 Direction des Risques Accidentels	Délégué appui à l'administration Direction des Risques Accidentels	Responsable du Pôle Substances et Procédés Direction des Risques Accidentels
Visa			

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. GLOSSAIRE .....</b>	<b>5</b>
<b>2. INTRODUCTION.....</b>	<b>7</b>
<b>3. CONTEXTE ET TRAVAUX DE RECHERCHES DOCUMENTAIRES .....</b>	<b>7</b>
<b>4. RESULTATS DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE DE INERIS .....</b>	<b>9</b>
4.1 Résultats de la Recherche sur Internet .....	11
4.1.1 Moteur de recherche français Google.fr.....	11
4.1.2 Recherche de recherche allemand Google.de.....	11
4.1.3 Recherche détaillée des accidents identifiés dans les étapes précédentes	12
4.2 Recherche dans la base ISI Web of Science .....	12
4.2.1 Présentation de la base .....	12
4.2.2 Champs des notices interrogées.....	12
4.2.3 Résultats.....	13
4.3 Recherche dans la base Refdoc .....	13
4.3.1 Présentation de la base .....	13
4.3.2 Champs des notices interrogées.....	13
4.3.3 Présentation des résultats .....	14
4.4 Recherche dans des bases spécialisées internationales .....	14
4.4.1 Base de données allemande ZEMA.....	14
4.4.2 Base de données du PNUE .....	15
4.5 Recherche dans les bases de presse.....	16
4.6 Conclusion.....	17

<b>5. RETOUR D'EXPERIENCE SUR LES ACTIVITES DE METHANISATION ISSU DU BARPI.....</b>	<b>19</b>
5.1 Retour d'expérience d'installations mettant en œuvre du biogaz incluant les rejets accidentels d'H <sub>2</sub> S.....	19
5.2 Retour d'expérience mettant en œuvre des installations de méthanisation	23
5.3 Conclusion.....	25
<b>6. RETOUR D'EXPERIENCE ISSU D'INDUSTRIELS FRANÇAIS .....</b>	<b>29</b>
6.1 REX issu de la collecte de données du SIAAP.....	29
6.2 REX issu de la collecte de données d'un industriel français.....	30
<b>7. RETOUR D'EXPERIENCE EN ALLEMAGNE.....</b>	<b>31</b>
7.1 Introduction.....	31
7.2 Analyse des risques liés à l'exploitation des installations de methanisation	32
7.2.1 Inventaire des incidents/accidents recensés dans la littérature .....	32
7.2.2 Constat de la commission de sécurité KAS sur la sécurité des installations de biogaz en Allemagne .....	39
7.3 Conclusion.....	41
<b>8. CONCLUSION .....</b>	<b>43</b>
<b>9. REFERENCES.....</b>	<b>45</b>
<b>10. LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>47</b>

## **1. GLOSSAIRE**

**AMORCE** : Association nationale des collectivités, des associations et des entreprises pour la gestion des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur.

**Biomasse** : La biomasse est l'ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale.

**CEN** : Comité Européen de Normalisation.

**CIVS** : Centre d'Information et de Valorisation Scientifique de l'INERIS.

**DIN** : Deutsches Institut für Normung ; organisme allemand de normalisation.

**FNADE** : Fédération Européenne des Activités de la Dépollution et de l'Environnement.

**IC** : Installations Classées.

**ISO** : International Standardisation Organisation.

**KAS** : Kommission für Anlagensicherheit - Commission pour la sécurité des installations de ministère fédéral de l'Environnement.

**K<sub>G</sub>** : Valeur caractéristique de l'explosivité d'un gaz.

**EMI** : Energie minimale d'inflammation.

**METHEOR** : Association pour la Méthanisation Ecologique des déchets.

**MW** : Méga Watt.

**PNUE** : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

**REX** : Retour d'Expérience.

**TAI** : Température d'auto-inflammation d'un nuage de poussière.

**TPN** : Température et pression normales.

**ZEMA**: Zentralen Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen - Base de données qui recense les incidents ou accidents en Allemagne.

## **2. INTRODUCTION**

Cette étude a été réalisée dans le cadre de la mission d'appui aux pouvoirs publics de l'INERIS, et plus précisément du programme 181 DRA DRC 93, opération A « Retour d'expérience relatif aux procédés de méthanisation et à leurs exploitations ».

## **3. CONTEXTE ET TRAVAUX DE RECHERCHES DOCUMENTAIRES**

L'analyse du retour d'expérience contribue à la maîtrise des risques industriels. Nous proposons, dans cette opération, de constituer un retour d'expérience spécifique aux accidents relatifs aux procédés de méthanisation et de l'exploiter ensuite afin d'identifier les principaux scénarios accidentels.

L'INERIS a réalisé un travail de recherche documentaire sur le retour d'expérience afin de réaliser un inventaire d'accidents relatifs aux procédés de méthanisation à partir de différentes sources de la littérature et propres aux industriels. Un travail d'identification des bases de données sur l'accidentologie a été mené avec le Centre d'Information et de Valorisation Scientifique (CIVS) de l'INERIS afin de collecter un REX le plus complet possible relatif à l'activité méthanisation et en sollicitant la base de données ARIA du BARPI.

Le réseau biogaz en France constitué depuis plusieurs années (Club Biogaz, Association AMORCE, Association METHEOR), a également été sollicité (lettres d'envoi présentées en annexe 1 pour lesquelles l'INERIS n'a pas reçu de réponses) ainsi que les industriels concernés par la filière de la méthanisation en leur demandant de nous retourner les informations suivantes :

- le lieu de l'accident, le type d'évènement accidentel (explosion incendie, déversement...),
- les procédés/équipements/produits mis en cause, les causes supposées,
- les conséquences matérielles, humaines (nombre de victimes), environnementales (en cas de pollution accidentelle par exemple).

Le retour d'information sur les incidents et accidents a été limité et nous avons pu recevoir le REX de deux industriels français (SIAAP, autre industriel) mais surtout focaliser la recherche documentaire en Allemagne dans le secteur agricole où la méthanisation est la plus développée en Europe. La collecte du retour d'expérience n'a pas été suffisante pour pouvoir réaliser une analyse quantitative et statistique de ces données. Une analyse sur le retour d'expérience en Allemagne est présentée dans le chapitre 7 sur la base d'une collecte de plusieurs dizaines d'incidents et d'accidents.

#### 4. RESULTATS DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE DE INERIS

Le Centre d'Information et de Valorisation Scientifique (CIVS) de l'INERIS a réalisé une recherche documentaire sur la thématique du retour d'expérience de la filière méthanisation.

La figure 1 suivante résume les sources qui ont été étudiées, avec en priorité les axes de recherche suivants : internet, la presse, la base ISI Web of Science :

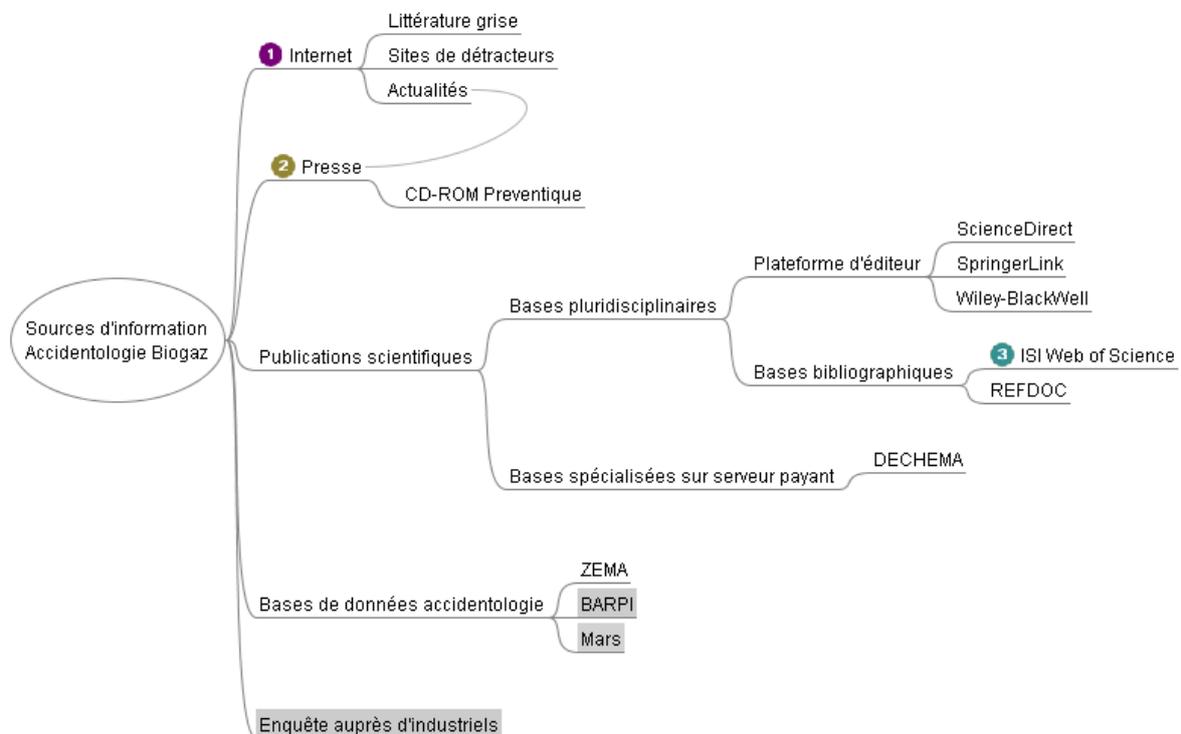


Figure 1 : Sources documentaires étudiées par CIVS

La recherche s'est basée sur la liste de mots clés présentée dans le tableau 1 ci-après :

	<b>Français</b>	<b>Anglais</b>	<b>Allemand</b>
<b>Accident</b>	Accident Explosion Incident Incendie		Unfall
<b>Biogaz/méthanisation</b>	Biogaz Biométhane	Biogas	

Tableau 1 : Liste de mots clés

En combinant le choix des mots clés, leurs associations et la façon d'écrire les équations de recherche à chaque base de données, les équations testées et les résultats obtenus seront précisés pour chaque source interrogée.

## 4.1 RESULTATS DE LA RECHERCHE SUR INTERNET

### 4.1.1 MOTEUR DE RECHERCHE FRANÇAIS GOOGLE.FR

Nous listons dans le tableau 2 le REX identifié dans le moteur de recherche français google.fr.

Equations testées	Résultats intéressants
accidents biogaz	<a href="http://www.biomassenergie.ch/FR_Home/News/tabid/499/articleType/ArchiveView/month/1/year/2008/language/fr-CH/Default.aspx">http://www.biomassenergie.ch/FR_Home/News/tabid/499/articleType/ArchiveView/month/1/year/2008/language/fr-CH/Default.aspx</a> (Explosion d'un digesteur, 16 décembre 2007, Daugendorf Allemagne) <a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/ressources/31000.pdf">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/ressources/31000.pdf</a> (Émission de H <sub>2</sub> S dans une usine de traitement de déchets 5 novembre 2005 Rhadereistedt – Allemagne)
accidents biogas	<a href="http://anaerobic-digestion-news.blogspot.com/2008/12/four-killed-by-biogas-in-digester-tank.html">http://anaerobic-digestion-news.blogspot.com/2008/12/four-killed-by-biogas-in-digester-tank.html</a> (Explosion d'un digesteur aux Philippines, 18 décembre 2008)
explosion +biogaz	/
explosion +biogas	<a href="http://www.extension.org/pages/30311/anaerobic-digesters-and-biogas-safety">http://www.extension.org/pages/30311/anaerobic-digesters-and-biogas-safety</a> (Généralités sur la sécurité de digesteurs) <a href="http://www.yveschoiniere.com/pdfs/articles/explosion-deep-pit-finishing-pig-barn.pdf">http://www.yveschoiniere.com/pdfs/articles/explosion-deep-pit-finishing-pig-barn.pdf</a> (Explosion dans une fosse à déchets non ventilée)

Tableau 2 : REX identifié dans le moteur de recherche français google.fr

### 4.1.2 RECHERCHE DE RECHERCHE ALLEMAND GOOGLE.DE

Nous listons dans le tableau 3 le REX identifié dans le moteur de recherche allemand google.de.

Equations testées	Résultats intéressants
Unfal biogas	<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a> (Liste énumérative d'accidents dans des installations de méthanisation de 2003 à 2011)

Tableau 3 : REX identifié dans le moteur de recherche allemand google.de

### 4.1.3 RECHERCHE DETAILLEE DES ACCIDENTS IDENTIFIES DANS LES ETAPES PRECEDENTES

A partir des premiers éléments trouvés (pages décrivant des accidents particuliers ; listes d'accidents), chaque accident a été recherché plus en détails, afin de disposer d'éléments complémentaires pour le caractériser plus finement, ou pour valider la source et les informations obtenues dans un premier temps.

Une liste d'une trentaine d'accidents, dont la majorité ont eu lieu en Allemagne : la liste détaillée de ces accidents est présentée en annexe 2. Celle liste est exploitée de façon approfondie dans le chapitre 7.

## 4.2 RECHERCHE DANS LA BASE ISI WEB OF SCIENCE

### 4.2.1 PRESENTATION DE LA BASE

Les recherches ont été effectuées sur la base de donnée bibliographique « Science Citation Index Expanded », composant le « Web of Science » de l'Institute for Scientific Information (ISI).

Cette base couvre plus de 7 000 revues, et fournit des informations publiées dans le monde entier (42 langues sont représentées, même si l'essentiel des écrits est en Anglais), dans le domaine des sciences (biologie/médecine, physique, chimie, mathématiques, ingénierie...), les articles étant de différentes natures (article, review, compte-rendu, éditorial...).

Cette base a été interrogée ainsi que la base « ISI Proceedings », le corpus de l'ISI d'extraits d'actes de congrès ou de conférence. L'accès se fait à partir de la plateforme ISI Web of Knowledge (<http://portal.isiknowledge.com>), pour laquelle l'INERIS a un abonnement annuel.

### 4.2.2 CHAMPS DES NOTICES INTERROGES

Les recherches sont effectuées sur le champ « TOPIC » (abrégié par TS), qui implique une recherche sur :

- les mots du titre de l'article,
- les mots clés des auteurs,

- les autres mots clés (le champs « Key word Plus » correspond à une liste automatiquement générée de termes qu'on retrouve plus d'une fois dans la liste des références citées),
- le résumé fourni par les auteurs.

Parfois, la recherche a porté uniquement sur le titre (abrégié par TI).

Ont été recherchés parmi les documents présents dans la base, les documents traitant des 2 concepts, c'est-à-dire présentant l'un des mots-clés de chaque concept dans les champs étudiés, c'est-à-dire accident et biogaz.

Equations testées	Nombre de résultats
<p>TS=((biogaz OR biomethane) AND (accident OR accidents OR incident OR incidents OR explosion OR explosions OR fire OR fires, OR corrosion OR lightning OR "auto-ignition" OR anoxia OR leak* OR hypoxia OR "oxygen deplet*" OR poisoning OR intoxication))</p> <p><i>Timespan=All Years. Databases=SCI-EXPANDED, CPCI-S, CPCI-SSH.</i></p>	94

Tableau 4 : REX identifié dans la base ISI web of Science

### 4.2.3 RESULTATS

Il ressort de cette recherche dans cette base de données une collecte de publications scientifiques (48 pages) inhérente aux connaissances scientifiques sur la méthanisation et sur la prévention du risque explosion. Cependant, il est important de préciser que cette recherche n'a pas identifiée un REX spécifique aux accidents, incidents inhérents à la filière de la méthanisation.

## 4.3 RECHERCHE DANS LA BASE REFDONC

### 4.3.1 PRESENTATION DE LA BASE

La base Refdoc (<http://www.refdoc.fr>) est une base bibliographique de l'INIST, référençant articles, ouvrages, rapports, thèses, et actes de congrès de 1823 à nos jours, dans les domaines suivants : science, technologie, médecine, sciences humaines et sociales.

### 4.3.2 CHAMPS DES NOTICES INTERROGES

En mode « recherche simple » (utilisée ici), les recherches sont effectuées sur l'ensemble de la notice descriptive des références. Si les opérateurs ne sont pas

précisés, par défaut, un opérateur « AND » est mis entre les mots-clés indiqués dans l'équation de recherche.

Compte tenu du nombre limité de caractères pour l'équation de recherche, les équations ont été simplifiées par rapport à ce qui a été fait sur ISI Web of Science.

Equations testées	Nombre de résultats
accident biogaz	2
accidents biogaz	1
accident biométhane	0
accidents biométhane	0
explosion biométhane	0
explosions biométhane	0
explosion biogaz	55
explosions biogaz	7

*Tableau 5 : Liste des équations de recherche testées*

### **4.3.3 PRESENTATION DES RESULTATS**

La liste de résultats obtenus est fourni en annexe 3. Il en ressort de cette recherche dans cette base de données une collecte de publications scientifiques (6 pages) inhérente aux connaissances scientifiques sur la méthanisation et sur la prévention du risque explosion. Cependant, il est important de préciser que cette recherche n'a pas identifiée un REX spécifique aux accidents, incidents inhérents à la filière de la méthanisation.

## **4.4 RECHERCHE DANS DES BASES SPECIALISEES INTERNATIONALES**

### **4.4.1 BASE DE DONNEES ALLEMANDE ZEMA**

En Allemagne il existe une base de donnée intitulée « ZEMA » (Zentralen Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen) gérée par le Ministère Fédéral de l'Environnement qui recense les incidents ou accidents soumis à déclaration obligatoire selon l'ordonnance sur les accidents majeurs 12. BImSchV conformément à l'annexe VI depuis 1993.

L'analyse du contenu de la recherche dans cette base de donnée est détaillée dans le chapitre 7.2.1.

#### **4.4.2 BASE DE DONNEES DU PNUE**

L'INERIS a consulté et recherché le REX dans la base de données du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).

La recherche n'a pas pu collecter des informations sur le REX spécifique aux accidents, incidents inhérents à la filière de la méthanisation.

## 4.5 RECHERCHE DANS LES BASES DE PRESSE

L'INERIS a réalisé une recherche du REX issu de la filière méthanisation en interrogeant la base LexisNexis, société française d'édition professionnelle qui est une filiale du groupe américain LexisNexis, lui même rattaché au groupe anglo-néerlandais Reed Elsevier, un des tout premiers groupes mondiaux d'édition et d'information professionnelle. Le tableau 6 indique la liste des équations de recherche testées.

Equations testées	Nombre de résultats
Presse France + N'importe où =(accident OU accidents) ET biogaz	51
Presse France + N'importe où =(explosion OU explosions) ET biogaz	56
Presse Internationale (Anglais) + N'importe où =(accident OU accidents) ET biogaz	230
Presse Internationale (Anglais) + HEADLINE =(accident OU accidents) ET biogaz	1
Presse Internationale (Anglais) + HEADLINE =(explosion OU explosions) ET biogaz	0
Presse Internationale (Anglais) + HEADLINE =(accidenology) ET biogaz	0
Toute la presse Allemand + HEADLINE =(Umfall OU Umfallen) ET biogaz	4
Toute la presse Allemand + HEADLINE =(Explosion OU Explosionen) ET biogaz	56
Toute la presse Allemand + HEADLINE =(Brand OU Brände) ET biogaz	168

Tableau 6 : Liste des équations de recherche testées

Les résultats, lorsqu'on recherche les mots-clés dans tous les champs de la notice, semblent être assez variés avec une forte information issue de l'Allemagne, et ne pas être spécifiques de l'accidentologie. Ceci a conduit l'INERIS à focalisé sa recherche sur le REX en Allemagne, qui est présentée ci-après dans le chapitre 7 de ce rapport d'étude.

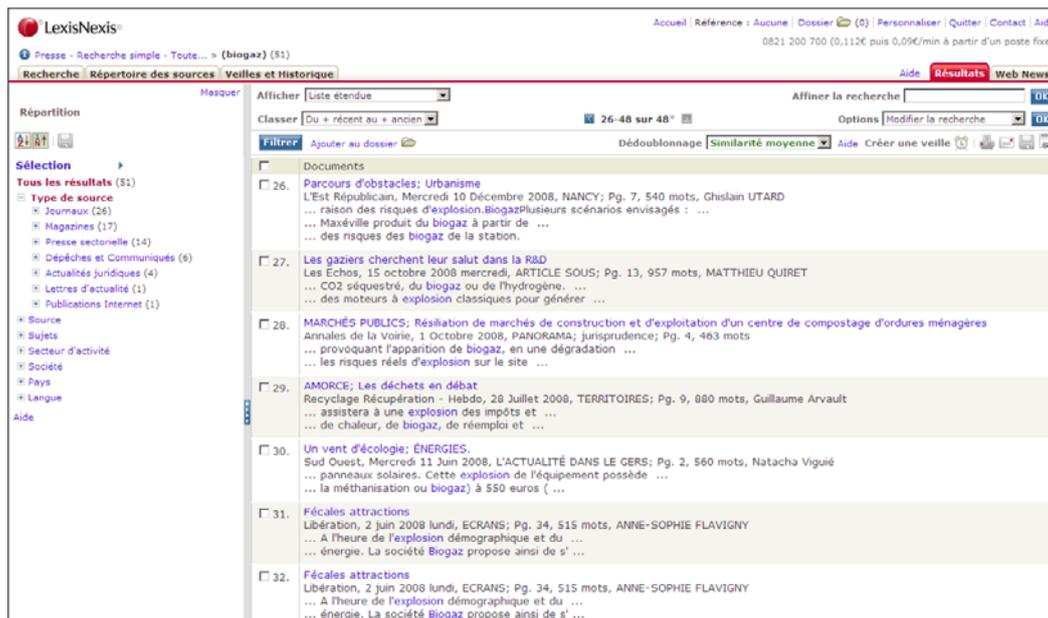


Figure 2 : Vue écran de la base de données LexisNexis

## 4.6 CONCLUSION

Compte tenu de la problématique de langue, il est parfois difficile de :

- distinguer de ce qui est un incident sur un site de type installation de biogaz, de ce qui est un accident de fonctionnement de l'usine,
- identifier les causes de l'accident.

Les accidents industriels peuvent être reportés dans la presse locale voire nationale, mais il n'est parfois pas évident de retrouver les articles en ligne correspondant, car les archives de la revue ne sont pas conservées sur Internet pour une durée illimitée : on peut donc retrouver une information indiquant une source qu'il n'est plus possible de vérifier car l'article n'est plus présent sur le site, et la page recherchée n'est donc plus disponible.

## **5. RETOUR D'EXPERIENCE SUR LES ACTIVITES DE METHANISATION ISSU DU BARPI**

L'INERIS présente ci-après une liste d'accidents issus de la base de données sur la gestion des accidents gérée par le Bureau d'Analyses des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI / ARIA [www.aria.ecologie.gouv.fr](http://www.aria.ecologie.gouv.fr)) du Service des Risques Technologiques de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (SRT/DGPR/MEEDDM).

La base de données ARIA exploitée par le BARPI, recense essentiellement les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu, porté atteinte à la santé ou la sécurité publique, l'agriculture, la nature et l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, élevages,... classés au titre de la législation relative aux Installations Classées, ainsi que du transport de matières dangereuses.

Le recensement et l'analyse de ces accidents et incidents, français ou étrangers sont organisés depuis 1992. Ce recensement qui dépend largement des sources d'informations publiques et privées, n'est pas exhaustif. La liste des événements accidentels présentés ci-après ne constitue qu'une sélection de cas illustratifs.

Les accidents significatifs issus de la base ARIA sont présentés ci après sous les deux thèmes suivants afin de pouvoir optimiser la collecte des données issues de la base ARIA :

- Retour d'expérience d'installations mettant en œuvre du biogaz incluant les rejets accidentels d'H<sub>2</sub>S,
- Retour d'expérience mettant en œuvre des installations de méthanisation.

### **5.1 RETOUR D'EXPERIENCE D'INSTALLATIONS METTANT EN ŒUVRE DU BIOGAZ INCLUANT LES REJETS ACCIDENTELS D'H<sub>2</sub>S**

Les accidents répertoriés dans la base de données ARIA du BARPI mettant en œuvre du biogaz (incluant les rejets accidentels d'H<sub>2</sub>S) sont indiqués en annexe 4. Nous indiquons ci-après quelques accidents significatifs.

N° 36621 03/06/2009 FRANCE - 78 - ACHERES

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Dans une station d'épuration, une sphère de biogaz est mise en dépression lors de la remise en service de celle-ci suite à un arrêt pour un contrôle réglementaire. L'opération débute vers 13h30 et se déroule correctement jusqu'à la manœuvre des vannes : l'agent qui effectue l'ouverture de la vanne VGC 3690 (vanne d'équilibre à l'atmosphère) pense que celle-ci est déjà ouverte (pas d'indicateur sur le réducteur de la position de la vanne). Il procède donc à l'ouverture totale de la vanne VGC 3691 (vidange de l'eau de remplissage de la sphère) et progressivement à l'ouverture de la vanne motorisée VGC 3679 (arrivée de biogaz).

Après une dizaine de minute, la vidange de l'eau (vanne supérieure fermée) provoque un vide puis la mise en dépression de la sphère, entraînant la déformation de 4 éléments de l'hémisphère supérieur et de la calotte supérieure. La sphère est ensuite isolée en gaz par la remise en place des queues de poêle sur les conduites de gaz arrivée et départ. Le complément en eau de la sphère est réalisé à 15h30. L'installation est en sécurité. Le coût des dommages est de 400 000 euros portant sur le contrôle complet des soudures, la réparation des parties endommagées et le contrôle de requalification avant remise en service.

N° 34251 18/02/2008 FRANCE - 94 - VALENTON

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

A la suite d'une rupture de canalisation de biogaz, une explosion se produit à 11h40 dans la salle des compresseurs d'une station d'épuration des eaux usées et provoque un feu torche. L'alimentation en énergie est coupée, un périmètre de sécurité mis en place et 2 employés, légèrement blessés et irrités par l'émanation des gaz, sont transportés à l'hôpital. Les pompiers éteignent l'incendie après 2 h d'intervention puis effectuent des mesures d'explosimétrie. La salle des compresseurs est détruite et la chaufferie voisine abritant les 3 chaudières mixtes fonctionnant au biogaz est gravement endommagée. Cet accident entraîne la mise hors d'usage des chaudières, dont l'utilisation est indispensable pour la digestion des boues (maintien à 37 °C des ouvrages). Grâce au maillage du réseau d'alimentation des usines de traitement de la région, les 2/3 des effluents habituellement traités par le site (soit 400 000 m<sup>3</sup>/j) sont dirigés vers 2 autres usines. Une chaudière provisoire de 3 MW (soumise à déclaration) et fonctionnant au fioul est mise en place pour traiter jusqu'à 200 000 m<sup>3</sup>/jour. Tout déversement d'eaux polluées en milieu naturel est ainsi évité. L'exploitant diffuse un communiqué de presse. La réhabilitation d'une des chaudières de 4 MW pour fonctionnement au gaz naturel est réalisée dans un délai de 15 jours ; une tierce expertise de l'installation est réalisée avant remise en service et retour à un fonctionnement normal de l'usine (600 000 m<sup>3</sup>/j traités). La seconde chaudière détruite par l'accident sera réhabilitée pour fonctionner au gaz naturel dans un délai de 6 à 8 semaines. Une enquête est effectuée pour déterminer l'origine exacte du sinistre.

*L'INERIS a été mandaté par l'exploitant pour l'analyse de cet accident : suite à une fuite de biogaz au niveau de la canalisation au refoulement des compresseurs, une explosion et un incendie ont eu lieu dans le local de compression et dans le local de chaufferie attenant. Cet accident a généré principalement des effets thermiques et, dans une moindre mesure, étant donnés les dommages constatés, des effets liés à une surpression. Les résultats de l'expertise ont permis d'énoncer les recommandations rappelées ci-après :*

- *La conception du réseau de biogaz par canalisation doit être conforme au CODETI (code de construction des tuyauteries industrielles), dans le cadre de la réglementation relative à la Directive des Equipements sous Pression de 2005 ;*
- *Les canalisations doivent être soudées en inox et raccordées par des brides comme cela est réalisé dans le domaine de la pétrochimie ;*
- *le manchon de raccordement de type Viking - Johnson est à proscrire (accessoire plutôt utilisé pour l'adduction de l'eau, 2 déboîtements en 10 ans soit un taux de fréquence élevé) ;*

- *il convient d'asservir l'arrêt des compresseurs à la mesure de la chute de pression dans la canalisation de biogaz au refoulement de ceux-ci.*

*Cet incendie a fait l'objet d'un rapport de retour d'expérience interne au SIAAP, qui présente des recommandations sur la sécurité industrielle de l'exploitation du biogaz (ou du gaz naturel).*

N° 36683 27/02/2007 FRANCE - 33 - BIGANOS

C17.12 - Fabrication de papier et de carton

Dans une papeterie, une explosion survient vers 22h au niveau de la station de traitement biologique des effluents aqueux. Les toits de la cuve de conditionnement et du méthaniseur sont projetés à plusieurs dizaines de mètres. Le souffle de l'explosion a brisé des vitres jusqu'à une centaine de mètres et le bruit aurait été perçu jusqu'à une vingtaine de kilomètres. L'accident n'a fait aucune victime et aucun impact sur l'environnement. En particulier, aucune pollution des eaux, n'est à déplorer dans la mesure où l'atelier alimentant la station en effluents était à l'arrêt. L'injection de peroxyde d'hydrogène à la suite d'une opération de vidange, aurait créé un dégagement d'oxygène qui réagissant avec le biogaz encore présent serait à l'origine de l'explosion. Toutefois, en l'état actuel des investigations, les causes exactes de l'explosion n'ont pas pu être déterminées. L'inspection des IC propose au préfet un arrêté qui demande à l'exploitant les mesures prises pour assurer la mise en sécurité de l'installation. Cet arrêté fixe également des prescriptions visant à garantir la qualité des rejets aqueux en l'absence de traitement biologique et surbordonne le redémarrage de la station biologique à la réalisation d'une analyse de l'accident et d'une étude des dangers de l'installation de traitement des effluents.

N° 32574 - 29/12/2005 - ALLEMAGNE - STUTTGART

*90.0E - Traitements des autres déchets solides*

Lors du transfert sous vide de déchets liquides pompés dans des fûts en acier, du sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) s'échappe par l'évent de la citerne réceptrice d'un centre de traitement des déchets dangereux. Ne pouvant être traités sur place, ces déchets reçus en fûts et mélangés dans la citerne doivent être transportés sur un autre site. Le corps d'un cariste est retrouvé à proximité, 5 personnes intoxiquées par l'H<sub>2</sub>S sont hospitalisées. A leur arrivée, les pompiers ne détectent pas la présence de concentration significative en H<sub>2</sub>S et quittent les lieux. La police demande de vider le tuyau d'aspiration dans la citerne. La pompe à vide est alors redémarrée et une nouvelle émission d'H<sub>2</sub>S provoque l'évanouissement du chauffeur du camion. La police ordonne la fin des opérations, les pompiers et un médecin d'urgence sont appelés sur les lieux. Au total, on recense : 1 décès et 6 intoxications avec hospitalisation (2 employés, 2 membres des services d'urgence et 2 agents d'une autre entreprise). L'émission d'H<sub>2</sub>S résulte d'une réaction chimique entre 2 déchets liquides, un composant organo-sulfuré et un acide organique.

Cet accident relèverait d'une organisation défaillante : identification, évaluation et documentation pour la manipulation de capacités de produits dangereux inadaptées, modes opératoires pour le pompage des fûts dans la citerne sous vide ne précisant pas l'ordre d'introduction, réactions chimiques secondaires... Aucun dispositif de sécurité n'est prévu en cas de rejet gazeux par l'évent de la citerne.

Une enquête judiciaire est réalisée. Le mélange de déchets dangereux dans les citernes sous vide est arrêté, les fûts seront traités sur un autre lieu. L'administration propose des mesures de prévention : identification des déchets dangereux seuls ou en mélange, critères de sécurité pour envisager entre autres leur traitement (pH...), procédures pour le stockage des produits non conformes aux critères et pour le mélange en précisant l'ordre d'introduction en fonction des caractéristiques des matières dangereuses, liaison de l'événement à un dispositif de traitement des gaz, accès restreint à la zone de pompage sous vide.

N° 31000 08/11/2005 ALLEMAGNE - 00 - RHADEREISTEDT

E38.22 - Traitement et élimination des déchets dangereux

Dans un site de production de biogaz par valorisation de déchets organiques, une émanation de sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) tue 3 employés et un conducteur de camion venu décharger des déchets issus d'un abattoir. Une personne sérieusement intoxiquée est hospitalisée. La concentration extrêmement élevée en  $H_2S$  dans le hall complique l'intervention des pompiers dont une dizaine souffrira d'intoxication plus ou moins légère. Une longue aération (plus de 24 h) sera nécessaire avant d'autoriser l'accès au bâtiment. Arrivé le soir, le camion en provenance des Pays-Bas stationne devant l'établissement jusqu'au lendemain matin. Le drame se produit alors que le chargement du camion est déchargé à l'intérieur d'un hall fermé pour limiter les nuisances olfactives, dans une fosse de 100 m<sup>3</sup> équipée de 2 agitateurs et dont le couvercle ne peut être fermé en raison de la défaillance du moteur électrique qui l'actionne. Les matières déchargées, déchets liquides chargés en sulfures, de pH proche de 8,5 et d'une température de 60 °C, sont des boyaux et des viscères de porc ; elles avaient été chargées 24 h plus tôt et étaient analogues aux déchets habituellement livrés 1 à 2 fois par semaine par l'établissement d'origine. La réaction entre ces substances et les matières déjà présentes dans la fosse (déchets animaux ou de laiteries, de pH peu élevé d'après les analyses effectuées après l'accident) serait à l'origine d'un fort dégagement d' $H_2S$ . La température du milieu et le fonctionnement de l'agitation auraient favorisé la dispersion du gaz toxique dans le hall de déchargement. Par ailleurs, le dispositif d'extraction situé en fond de fosse qui rejette l'air vicié à l'extérieur via un biofiltre se serait montré insuffisant. Une enquête est effectuée. La fiche descriptive du BARPI de cet accident est présentée en annexe 5.

N° 11345 12/03/1997 ITALIE - 00 - PESCHIERA DEL GARDA

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Dans une station d'épuration communale des eaux usées, une explosion se produit au cours de travaux de réparation dans un silo en béton de fermentation et de production de biogaz. Des résidus gazeux et des opérations de soudage seraient à l'origine du sinistre. Deux ouvriers sont projetés à l'extérieur et sont tués, un troisième tombe au fond de l'édifice et est sérieusement blessé. Le toit du silo est soufflé.

N° 15747 - 30/07/1985 - 69 - SAINT-FONS

37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Lors d'un contrôle inopiné, un technicien d'un organisme extérieur est gravement intoxiqué, sans doute par des émanations d'hydrogène sulfuré, après avoir pénétré à l'insu de l'exploitant dans les égouts d'une station d'épuration industrielle. Un 2<sup>ème</sup> technicien est intoxiqué à son tour en tentant de lui porter secours. Les 2 personnes seront sauvées d'extrême justesse.

## **5.2 RETOUR D'EXPERIENCE METTANT EN ŒUVRE DES INSTALLATIONS DE METHANISATION**

Les accidents répertoriés dans la base de données ARIA du BARPI mettant en œuvre des installations de méthanisation sont indiqués en annexe 6. Nous indiquons ci-après quelques accidents significatifs.

N° 38944 13/09/2010 FRANCE - 34 - MONTPELLIER

E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux

Vers 11h45, un incendie se déclare dans le local presses et centrifugeuses d'une importante unité de méthanisation de déchets ménagers. Craignant un risque d'explosion de méthane en zone industrielle, une cinquantaine de pompiers interviennent et maîtrisent le sinistre vers 12h45. Le local est détruit mais les autres installations de l'unité ne sont pas touchées et aucune victime n'est à déplorer. Le feu serait d'origine électrique et aurait pris au niveau d'un convoyeur de déchets.

N° 37842 23/01/2010 FRANCE - 60 - PASSEL

E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux

A la suite des plaintes de 2 municipalités, l'inspection des installations classées constate une pollution du milieu naturel provenant d'un centre de traitement des déchets organiques installé depuis mai 2009. Des effluents visqueux et boueux, de couleur noirâtre et d'odeur ammoniaquée, sont visibles sur 600 m dans le fossé de la RD 1032, sur 2 km dans le contre-fossé du canal de l'OISE jusqu'à la DIVETTE ainsi qu'à la sortie de l'émissaire du réseau d'eaux pluviales communal de la zone d'activités et au niveau du regard d'eaux pluviales du centre de déchets. Ces effluents correspondraient à la fraction liquide du digestat issue des digesteurs en sortie de procédé de méthanisation. Selon l'exploitant, un acte de vandalisme durant le week-end serait à l'origine de la pollution.

Le grillage près de la porte d'entrée est découpé et la vanne de la bache d'eau de process ouverte. Le contexte est tendu entre l'exploitant, les riverains et les municipalités ; une motion réclamant la fermeture du site a été votée le 15/01

invoquant des risques sanitaires. L'exploitant est mis en demeure de curer et nettoyer le réseau d'eaux pluviales, le fossé et le contre-fossé et de réaliser un diagnostic de pollution des milieux susceptibles d'avoir été impactés. Le rejet d'effluents dans le milieu naturel (via le réseau d'eaux pluviales) et l'insuffisance des dispositions préventives nécessaires dans la conception, l'aménagement et l'exploitation des installations sont relevés.

N°ARIA 35673 - 06/11/2008 - 06 - GRASSE

*10.89 - Fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a.*

Les employés d'une usine de produits alimentaires détectent vers 7 h un départ de feu sur le toit d'un méthaniseur de 500 m<sup>3</sup> implanté dans la station d'épuration du site. Le personnel alerte les pompiers qui maîtrisent l'incendie, puis inertent le ciel gazeux (méthane) du réservoir avec de l'azote.

Un épisode orageux important s'étant produit dans la nuit, l'exploitant pense que la foudre pourrait être à l'origine du feu. Constatant cependant que le compteur de coups de foudre du paratonnerre de la station est resté à zéro, il demande un diagnostic complet de son "installation foudre".

N° 32040 21/01/2006 ALLEMAGNE - 00 - GÖTTINGEN

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Dans une décharge, 2 cuves de traitement des déchets liquides d'une installation de méthanisation se rompent ou explosent vers 6 h. L'un des réservoirs contenait de la boue en fermentation et l'autre des eaux de lixiviation ; 4 500 m<sup>3</sup> de boue et 2 500 m<sup>3</sup> d'eaux polluées se déversent dans l'environnement, formant une vague destructrice. Un bâtiment proche abritant des réservoirs est endommagé et 1 000 l d'hydrocarbures ont également été perdus dans l'accident. Une 3<sup>ème</sup> cuve, vide lors des faits, a également été détruite. Les bassins de confinement de la décharge n'ont pas pu arrêter la masse de liquide. D'importants moyens en hommes et en matériels interviennent (115 pompiers...) vers 6h15 ; des experts en chimie et en biologie sont mobilisés. D'importants moyens sont mis en œuvre pour protéger la population et la ressource en eau potable. Des protections auraient également été mises en place au niveau des stations d'essence pour écarter tout risque d'explosion. Les dommages matériels s'élèvent à plusieurs millions d'euros. L'accident qui pourrait résulter d'une défaillance technique, n'a pas fait de victime. Un ruisseau gelé proche a été pollué. L'évacuation des masses de boue prendra plusieurs jours. La remise en état des installations prendra plusieurs mois.

N°ARIA 28974 - 01/01/2001 - 78 - ACHERES

37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

A la suite de l'entretien au moyen d'un chalumeau d'un joint bitumé, à la base du toit d'un décanteur (de 20 m de diamètre et de 3 m de haut) d'une station d'épuration, une explosion se produit. Une surpression se crée à l'intérieur du décanteur et projette à plusieurs mètres une dalle de béton qui était posée sur le toit. Après étude du phénomène la présence d'oxygène dans les atmosphères de tous les décanteurs ou stockeurs prouve l'existence d'une ATEX.

C'est certainement la flamme du chalumeau utilisé par l'ouvrier qui est à l'origine de l'inflammation de l'ATEX, il à suffi qu'elle soit présente pendant une des phases où la surpression interne permettait cette décharge, l'ATEX s'enflamme et la flamme se propage à l'intérieur de l'ouvrage, avec la production d'une surpression suffisante pour décoller la dalle de béton, rompre le matériau d'étanchéité bitumé et projeter la dalle. La seule façon d'empêcher la formation d'ATEX consisterait à assurer un débit d'air suffisant pour diluer le biogaz dégagé jusqu'à une teneur suffisamment faible.

N° 2174 25/08/1990 FRANCE - 59 - DUNKERQUE

C20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Dans une usine pétrochimique, un incendie se déclare sur l'unité de méthanisation (95% H<sub>2</sub> + 5% CO --supérieur à CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O) d'un vapocraqueur. Une rupture de joint sur une bride du circuit est à l'origine de l'accident. Aucune victime n'est à déplorer. Le POI est déclenché.

### 5.3 CONCLUSION

Il ressort du recensement sur le retour d'expérience que la plupart des accidents qui se sont produits concerne des incendies et que dans la majorité des cas leurs causes n'ont pas pu être identifiées de manière certaine. L'évolution tend vers des accidents mieux maîtrisés et par voie de conséquence aux effets moindres sur et hors site.

A la lecture de ces éléments, il est possible d'établir une liste des incidents se produisant le plus fréquemment sur les installations de tri et de valorisation des déchets.

- L'accident le plus fréquent est l'incendie. La plupart des accidents recensés relèvent de la zone de stockage. Sur les cas relevés, aucun impact notable sur l'environnement n'a été enregistré. Les effets secondaires ont été la plupart du temps restreints. Les seules conséquences des incendies à l'extérieur des installations de méthanisation sont liées à la formation de nuages de fumées résultant de la combustion des déchets. L'intervention des pompiers a été sollicitée lors de ces incendies de centres de transfert.

- Parmi les incidents répertoriés dans les installations de méthanisation des déchets, on note également :
  - ✓ une fuite sur le réservoir de stockage et/ou sur le réseau de distribution du biogaz,
  - ✓ une fuite suite à la réalisation de travaux sur les lieux de stockage et/ou de distribution du biogaz,
  - ✓ l'émission accidentelle d'H<sub>2</sub>S notamment dans les fosses de mélanges des déchets,
  - ✓ une pollution des eaux causée par un rejet d'effluents,
  - ✓ le débordement des systèmes d'épuration ou de contrôle des eaux pluviales suite à des événements pluvieux exceptionnels, à des défaillances des équipements en cas d'apport massif d'eaux d'extinction d'incendie,
  - ✓ la découverte dans les déchets à trier de produits dangereux susceptibles de porter atteinte à la santé du personnel.

L'analyse des incidents indique que peu d'accidents relatifs au stockage du biogaz sont survenus au cours de la dernière décennie en France. La majorité des accidents ont comme origine une fuite du réservoir de stockage ou du réseau de distribution.

De la synthèse des accidents survenus sur dans les installations de méthanisation, il est possible de mettre en lumière les principales dérives suivantes relatives aux installations de méthanisation :

- ✓ **Emission accidentelle d'H<sub>2</sub>S notamment dans les fosses de mélanges des déchets**

L'information et la formation des employés aux dangers de l'H<sub>2</sub>S ne sont pas à négliger : procédures d'intervention en atmosphère toxique, travail en milieu confiné, contrôle de l'atmosphère, port d'équipement de protection individuelle.

- ✓ **Débordement du méthaniseur**

Ce type d'incidents se produit assez régulièrement en Allemagne (estimation de 3 à 4 fois par an). Il peut être dû à une accumulation de sables par exemple. Ce risque peut être maîtrisé par :

- le procédé de production de boues avant leur digestion qui permet un certain contrôle de leur qualité (notamment dessablage des effluents) ;
- le brassage des digesteurs au biogaz ;
- le système d'alimentation du digesteur (vasque avec trop-plein) assure de façon passive un niveau constant dans le digesteur.

- ✓ **Gel des soupapes du méthaniseur**

Il est plusieurs fois arrivé que les soupapes d'un méthaniseur gèlent et ne soient donc plus en état de fonctionner. Le non fonctionnement d'une mesure de maîtrise des risques (soupape par exemple) doit être pris en compte dans l'analyse des risques de l'installation.

### ✓ **Surpression interne à l'intérieur du méthaniseur**

Des événements ont impliqué la formation d'une surpression interne responsable du déversement à l'extérieur du contenu du méthaniseur. Dans l'un des cas, des matières plastiques s'étaient accumulées à l'intérieur du méthaniseur jusqu'à former une couche étanche à la surface de la phase liquide. La réaction de fermentation s'est poursuivie sous cette couche. La surpression engendrée par cette accumulation est responsable de l'éclatement du méthaniseur, avec émission de projectiles et épandage des matières présentes. Les soupapes, situées en partie haute, sont inutiles pour prévenir ce type d'incident. Ce risque peut être maîtrisé par :

- le procédé de production des boues avant leur digestion qui empêche l'accumulation de matières plastiques (notamment dégrillage des effluents à 6 mm et floculation) ;
- le brassage des digesteurs au biogaz.

### ✓ **Envol de la membrane souple d'un méthaniseur industriel**

La membrane souple d'un méthaniseur industriel (équipé d'une membrane simple) s'est envolée libérant ainsi le biogaz stocké à l'intérieur. Une violente tempête a provoqué la sortie du boudin de fixation de sa gorge et donc l'envol de la membrane. Cet événement est à considérer pour les gazomètres qui doivent être dimensionnés pour des vents de 150 km/h.

## **6. RETOUR D'EXPERIENCE ISSU D'INDUSTRIELS FRANÇAIS**

L'INERIS a reçu le REX de deux exploitants de station d'épuration française :

- ✓ Le SIAAP,
- ✓ Un industriel français.

### **6.1 REX ISSU DE LA COLLECTE DE DONNEES DU SIAAP**

M. Michel RIOTTE, Conseiller Scientifique et Technique du SIAAP a transmis à l'INERIS la note sur l'accidentologie du SIAAP relatif au biogaz (Ref : 01-DIG-FID-010 du 05/01/2010) qui est présentée en annexe 7. Cette note rassemble 19 événements sur des installations biogaz.

La présente synthèse de l'accidentologie liée au biogaz rassemble les principaux éléments de références relatifs aux canalisations enterrées, aériennes et aux installations de biogaz. Différents événements ont conduit le SIAAP à renforcer l'analyse des accidents au sein de ses usines :

- ✓ Plusieurs déboîtements de joint « Viking » ou rupture de canalisations suite à des travaux de terrassement dont les conséquences s'étendent de la fuite isolée, à une fuite suivie d'une explosion ou d'un feu torche,
- ✓ Plusieurs explosions suite à la fermentation de boues dans des zones mortes,
- ✓ Nombreuses fuites de biogaz ou d'entrée d'air par les circuits en dérivation (purges, événements ...) des réseaux principaux.

L'analyse de l'accidentologie interne SIAAP et externe montre que les événements initiateurs ou redoutés pris en compte lors des analyses de risques (dans le cadre des EDD ou de l'évaluation des risques procédés) sont dans la majeure partie des cas plausibles car avérés comme le démontrent les cas d'incident suivants :

- ✓ Corrosion/déboîtement de tuyauterie : 5 incidents répertoriés.
- ✓ Rupture lors de terrassement : 2 incidents répertoriés.
- ✓ Fuite dans local/zone confinée, en particulier lors des opérations de purge : nombreuses anomalies et 4 incidents.
- ✓ Impact de la foudre : 2 incidents répertoriés.
- ✓ Défaut stockages (gazomètre/sphère) entrée d'air et fuite : 3 incidents répertoriés.

## 6.2 REX ISSU DE LA COLLECTE DE DONNEES D'UN INDUSTRIEL FRANÇAIS

Un industriel français (station d'épuration) a transmis à l'INERIS le recueil 2011 de données d'incidents et d'accidents sur la filière de méthanisation présenté en annexe 8 (avec indication du scénario, de ses causes, de ses conséquences et des mesures existantes et correctives mises en place par l'exploitant). Au total, 12 événements ont été recensés en 2011 :

- ✓ Fuite de biogaz sur bride d'une vanne manuelle située en amont de la torchère,
- ✓ Fuite de biogaz par les gardes hydrauliques des filtres à l'aspiration des compresseurs,
- ✓ Fuite de biogaz aux soupapes des digesteurs suite à une perte d'utilités (air / instrumentation),
- ✓ Chute de pression des dômes des digesteurs,
- ✓ Pannes répétées sur automate de sécurité,
- ✓ Fuite de biogaz au niveau du raccord de la tête de manomètre,
- ✓ Fuite de biogaz sur torchère à l'arrêt,
- ✓ Fuite de biogaz sur déclenchement accidentel de l'arrêt d'urgence de l'automate de sécurité,
- ✓ Fuite de biogaz à l'atmosphère au niveau d'une canne de brassage de digesteur,
- ✓ Fuite de biogaz à l'atmosphère au niveau d'un raccord fileté,
- ✓ Détérioration du réfractaire de la torchère,
- ✓ Problème de pression air pilote des vannes de sécurité du réseau biogaz.

## **7. RETOUR D'EXPERIENCE EN ALLEMAGNE**

### **7.1 INTRODUCTION**

En France, la méthanisation est orientée vers la production du compost et du biogaz à partir de déchets organiques, contrairement en Allemagne où la majorité de la production du biogaz est issue de cultures énergétiques.

Les installations allemandes se sont développées rapidement en particulier depuis l'application de la loi sur les énergies renouvelables (EEG) entrée en vigueur en 2000 en Allemagne qui a été ensuite modifiée en 2004 et 2008. Les installations allemandes ont pu notamment bénéficier d'un tarif d'achat incitatif de l'électricité produite à partir du biogaz :

Puissance installé [kW]	2010 [C/kWh]	2011 [C/kWh]	2012 [C/kWh]
≤ 500	9,3	9,2	9,1
501-5 000	8,3	8,2	8,1
5 001-20 000	7,8	7,7	7,6

*Tableau 7 : Tarif d'achat incitatif de l'électricité produite à partir du biogaz en Allemagne*

Dès 2004, une prime aux cultures énergétiques de 6 c€/kWh a également été créée en Allemagne. Ce qui explique la forte motivation des nombreux fermiers d'investir dans cette nouvelle technologie et a accéléré le développement de cette filière en Allemagne : 5 905 installations de méthanisation agricole ont ainsi été recensées en 2010 pour une puissance de 2 291 MW (voir Figure 3). Selon des estimations, cette puissance pourrait atteindre 2 728 MW en 2011.

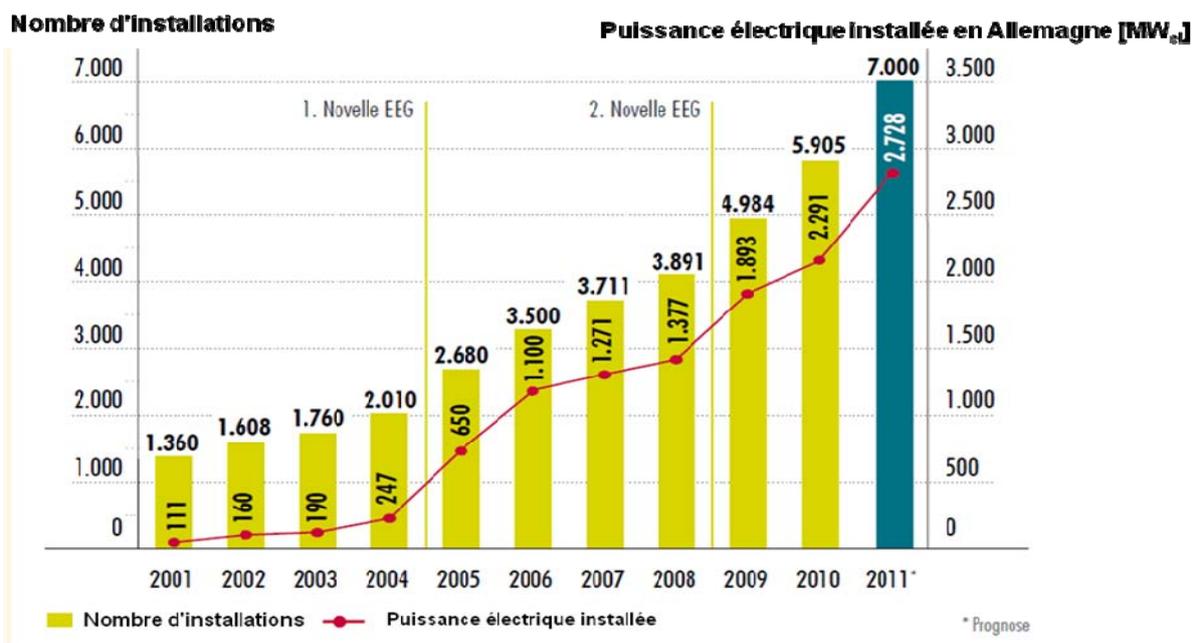


Figure 3 : Développement des installations produisant du biogaz en Allemagne<sup>1</sup>

## 7.2 ANALYSE DES RISQUES LIES A L'EXPLOITATION DES INSTALLATIONS DE METHANISATION

### 7.2.1 INVENTAIRE DES INCIDENTS/ACCIDENTS RECENSES DANS LA LITTERATURE

En Allemagne il existe une base de donnée intitulée « ZEMA » (Zentralen Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen) gérée par le Ministère Fédéral de l'Environnement qui recense les incidents ou accidents soumis à déclaration obligatoire selon l'ordonnance sur les accidents majeurs 12. BImSchV conformément à l'annexe VI depuis 1993.

<sup>1</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf\\_175-biogaz\\_broschuere\\_dina5\\_nr\\_175.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_175-biogaz_broschuere_dina5_nr_175.pdf)

Dans cette base de donnée, deux incidents relatifs à la filière de la méthanisation sont enregistré<sup>2,3,4,5,6</sup>. La majorité des incidents identifiés dans ce rapport sont issus de témoignages, de démarches volontaires notamment d'associations locales contre l'implantation d'installations biogaz<sup>7</sup>, confortées par des rapports des services d'intervention et de secours, des rapports de la police locale, des enquêtes publiques et des informations de la presse. Pourtant pour la plupart des cas, la cause de ces sinistres restent inconnue voire imprécise ou contradictoire selon les avis d'experts (expertises au nom des assureurs ou expertises au nom des propriétaires). Il en ressort qu'il est souvent difficile de connaître avec précision l'événement initial du scénario accidentel.

Cette base de données « ZEMA » est loin d'être exhaustive si on la compare avec la base de données du LSV (Organisme d'Assurance Sociale Agricole en Allemagne, voir Figure 4) qui a recensé jusqu'à 140 accidents en 2009 (ce qui représente presque 3% des installations de méthanisation en Allemagne).

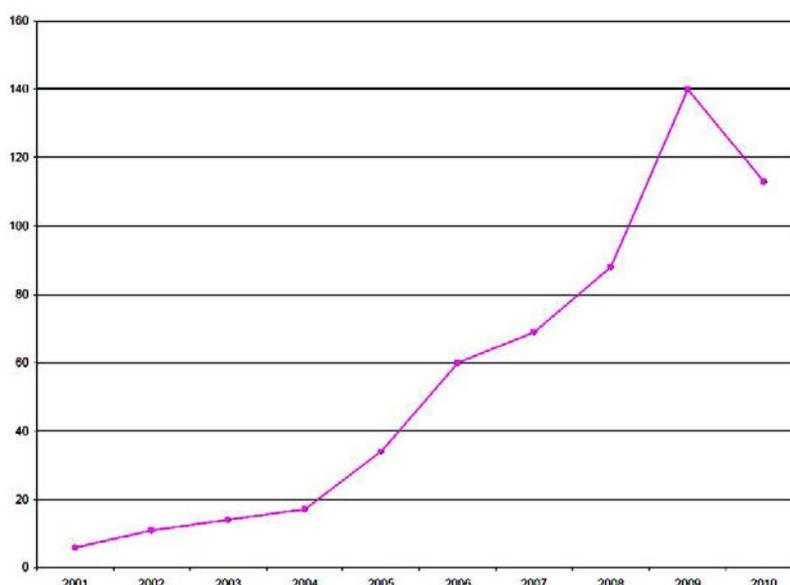


Figure 4 : Nombre des accidents sur des installations produisant du biogaz en Allemagne<sup>8</sup>

Pour les différents accidents répertoriés (proches de configurations relatives à la méthanisation), le tableau 8 ci après recense quelques accidents survenus dans des

<sup>2</sup> ZEMA: <http://www.infosis.uba.de/index.php/de/zema/index.html>

<sup>3</sup> [http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com\\_content&view=article&id=25&Itemid=26](http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&view=article&id=25&Itemid=26)

<sup>4</sup> [http://www.freetz.de/biogasanlagen\\_unfaelle.html](http://www.freetz.de/biogasanlagen_unfaelle.html)

<sup>5</sup> <http://www.biogasanlagepfuhl.de/Gefahren.html>

<sup>6</sup> <http://www.lebenswertes-ratzenried.de/stoerfaelle.html>

<sup>7</sup> <http://biogasanlagen-versus-anwohner.de/>

<sup>8</sup> LSV (Landwirtschaftliche Sozialversicherung) Breich Prävention ; <http://www.lsv.de/>

installations de méthanisation en Allemagne ayant entraîné un départ de feu, une explosion ou un rejet toxique (H<sub>2</sub>S) dans des unités de méthanisation.

Date / Lieu	Installation concernée	Type du sinistre	Cause du sinistre/ Blessés/ Dommages	Réf.
03/2005 Lieu : Inconnu Allemagne	Bâtiment d'exploitation	Déflagration	Fuite dans le bâtiment suite à un manque de liquide d'isolation dans un condenseur et déflagration avec une défaillance électrique  Dommage : 1 M€	[33]
05/11/2005 Rhadereistedt Allemagne	Installation de biogaz pour les déchets végétaux, mais aussi déchets animaux et déchets alimentaires	Rejet prolongé : H <sub>2</sub> S	Mélange des déchets produits laitiers et animaux avec faible pH avec le porcin du mucus de l'intestin grêle et pH à 60°C provoque forte libération H <sub>2</sub> S. Gaz toxique libéré à cause d'un couvercle ouvert dans la salle de réception et d'une trop faible ventilation.  Quatre morts - un blessé grave - dix pompiers blessés	[1]
21/01/2006 Deiderode Allemagne	Fermenteur	Eclatement de fermenteur	Interaction entre erreurs de la planification et de la réalisation  Dommage : 10 M € (REX en annexe 9)	[2]
16/12/2007 Daugendorf Allemagne	Fermenteur	Déflagration	Déflagration a eu lieu après initiaux démarrage de l'installation  Destruction d'installation, dommages aux biens : 1,5- 2 M€. La biomasse dans le fermenteur a été projetée par l'énergie de l'explosion jusqu'à 200 mètres autour de l'installation. Plusieurs équipements de construction ont été gravement endommagés. Des bâtiments proches ont été détruits en partie. 700 l de fioul se sont écoulés d'un réservoir.	[3]
09/01/2010 Kölleda Allemagne	Fermenteur	Incendie	Une vanne congelée a dû être ouverte avec un décapeur thermique : cette procédure a enflammé la bâche du fermenteur. Dommage 50 k€.	[4]

Date / Lieu	Installation concernée	Type du sinistre	Cause du sinistre/ Blessés/ Dommages	Réf.
12/01/2010 Leutkirch Allemagne	Local technique	Incendie	Cause du sinistre : pas de données exploitables Un pompier légèrement blessé Dommage : 130 k€	[5]
15/03/2010 Großkayna Allemagne	Réservoirs à lisier	Déflagration	Cause du sinistre : défaut technique 14000 m <sup>3</sup> lisier s'écoule sur 2 km <sup>2</sup> Dommage : non identifiés	[6]
08/04/2010 Jever Allemagne	Local technique des pompes	Incendie	Défaut technique de l'alimentation électrique Dommage : <1 M€	[7]
11/04/2010 Sohlingen Allemagne	Fermenteur	Incendie	Travaux de soudage pendant la construction Dommage : non identifiés	[8]
03/06/2010 Halsbek Allemagne	Local technique générateur	Incendie	Défaut technique Dommage : non identifiés	[9]
28/06/2010 Schwandorf Allemagne	Tapis roulant pour le transport de la biomasse	Incendie	Défaut technique Dommage : 150k€	[10]
24/07/2010 Oberschweibern Allemagne	Armoire électrique	Incendie	Défaut technique Dommage : 20 k€	[11]
13/08/2010 Nordstetten/ Villingen Allemagne	Charpente de l'installation	Incendie	Cause du sinistre : pas de données exploitables Dommage : 100 k€	[12]

Date / Lieu	Installation concernée	Type du sinistre	Cause du sinistre/ Blessés/ Dommages	Réf.
24/09/2010 Eichenried Allemagne	Fermenteur	Déflagration et Incendie	Cause du sinistre : pas de données exploitables Un blessé grave et un blessé léger Dommage : 200 – 300 k€	[13]
30/09/2010 Bad Wörishofen Allemagne	Poste de transformation électrique	Incendie	Cause du sinistre : pas de données exploitables Dommage : non identifiés	[14]
03/11/2010 Oberwertach/ Feldkirchen Allemagne	Moteur thermique	Incendie	Cause du sinistre : pas de données exploitables Dommage : 5 k€	[15]
06/12/2010 Nidderau- Ostheim Allemagne	Fermenteur	Déflagration et incendie	Travaux de soudage provoquant une déflagration 2 blessés Dommage : non identifiés	[16]
29/01/2011 Düngstrup Allemagne	Local technique	Incendie	Défaut technique du générateur Dommage : 200 k€	[17]
31/01/2011 Senftenberg Allemagne	Filtre	Incendie	Suspicion d'incendie criminel Dommage : non identifiés	[18]
05/02/2011 Karft bei Wittendörp Allemagne	Fermenteur	Incendie	Incendie près d'une vanne d'admission, mais pas des données exploitables Dommage : non identifiés	[19]
09/02/2011 Gangelt Allemagne	Local technique de moteur	Incendie	Isolation thermique de local technique pris feu Dommage : non identifiés	[20]
28/02/2011	Séchoir	Incendie	Cause du sinistre : pas de données exploitables	[21]

Date / Lieu	Installation concernée	Type du sinistre	Cause du sinistre/ Blessés/ Dommages	Réf.
Lauchhammer Allemagne			Domage : 150 k€	
05/03/2011 Allershofen Allemagne	Local technique	Incendie	Cause du sinistre : non identifiés Domage : 200 k€	[22]
15/03/2011 Güterglück Allemagne	Fermenteur	Déflagration et incendie	Cause du sinistre : pas de données exploitables Domage : 50 k€	[23]
07/04/2011 Campen Allemagne	Local technique	Incendie	Une défaillance technique Domage : 250 k€	[24]
10/04/2011 Quarnstedt, Gartow Allemagne	Local technique	Incendie	Une défaillance technique Domage : 100 – 50 k€	[25]
05/06/2011 Seeth Allemagne	Local technique transformateur	Incendie	Une défaillance technique Domage : non identifiés	[26]
11/06/2011 Güstrow Allemagne	Filtre dans la partie traitement du gaz	Incendie	Inflammation du charbon dans le filtre actif au charbon Domage : non identifiés	[27]
20/07/2011 Erkheim Allemagne	Réservoir de stockage de fumier	Incendie	Une défaillance technique provoque des étincelles qui ont enflammé la couverture en plastique au dessus du réservoir de stockage Domage : non identifiables	[28]

Date / Lieu	Installation concernée	Type du sinistre	Cause du sinistre/ Blessés/ Dommages	Réf.
25/07/2011 Lauchhammer Allemagne	Fermenteur	Déflagration	Déflagration dans le fermenteur pendant des travaux de nettoyage 1 mort, 1 blessé Dommage : non identifiés	[29]
01/08/2011 Eggeloge Allemagne	Tuyau	Déflagration	Cause du sinistre : pas de données exploitables Deux soudeurs grièvement blessés Dommage : non identifiés	[30]
11/08/2011 Dassel- Rellichausen Allemagne	Générateur	Incendie	Défaillance technique Dommage : non identifiés	[31]
14/09/2011 Schnega Allemagne	Sécheur	Incendie	Défaillance technique de la ventilation Dommage : 250 k€	[32]

Tableau 8 : Quelques accidents sur des installations de méthanisation en Allemagne

Les sources des références bibliographiques indiquées dans la dernière colonne du tableau 8 sont listées en annexe 9. Quelques photographies illustrant certains accidents du tableau 2 sont présentées en annexe 10.

Les principales causes d'incendie et d'explosion sont les sources d'inflammation électriques (installations défectueuses...), les échauffements mécaniques et les travaux par point chauds (opérations de soudage, en particulier en période d'arrêt de l'installation...). De cette liste d'identification des sources d'inflammation, on peut constater la similitude avec les sources d'inflammation les plus fréquentes en ce qui concerne l'inflammation d'atmosphères explosibles (mécanique, électrique, points chauds).

## 7.2.2 CONSTAT DE LA COMMISSION DE SECURITE KAS SUR LA SECURITE DES INSTALLATIONS DE BIOGAZ EN ALLEMAGNE

La commission pour la sécurité des installations auprès du Ministère fédéral Allemand de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sécurité nucléaire constate dans son avis technique « Sécurité dans les installations de biogaz »<sup>9</sup> en 2009 (rapport technique KAS-12 présenté en annexe 11) que les installations de méthanisation ont souvent des défaillances concernant la conception, la construction et l'exploitation.

En outre ils constatent que 80% des installations contrôlées (159 installations au total) présentent des défauts importants. Les défauts les plus fréquents constatés concernent le domaine de la protection contre l'explosion, de la conception des composants et de la conception des sorties de secours et de sauvetage.

Notamment ils constatent dans le rapport KAS-12 :

- des zonages ATEX inadéquats / ou non documentés ;
- des installations et équipements anti-explosion incomplets ou manquants et un manque de contrôles ;
- un mauvais dimensionnement des composants, tels que des essais insuffisants de résistance des gazoducs et des films sur le fermenteur, des joints défectueux, des garanties de surpression insuffisantes ;
- un non-respect de la distance de sécurité entre le lieu de stockage de gaz et la cogénération ;
- un manque de protection contre les explosions dans le domaine de la fosse de réception ;
- un manque de système de protection contre la foudre ;
- des plans manquants ou non coordonnés avec le service d'intervention ;
- la formation inadéquate du personnel ;
- l'utilisation de substances pour lesquelles le système n'est pas conçu (par exemple les déchets avec des propriétés dangereuses, avec dégagement d'H<sub>2</sub>S lors des mélanges de substrats selon des processus biologiques activés par des bactéries sulfato-réductrices) ;

En outre, il est constaté qu'il y a quatre différents procédés législatifs pour obtenir une autorisation et que la plupart des installations de méthanisation existantes n'est pas concernée par cette réglementation.

---

<sup>9</sup> Kommission für Anlagensicherheit, Merkblatt Sicherheit in Biogasanlagen, KAS-12, 06/2009; <http://www.kas-bmu.de/index.htm>

L'association « Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe » (Agence pour les ressources renouvelables) publie dans un rapport en 2010 « Biogas Basisdaten Deutschland<sup>10</sup> » (Biogaz - Données de base pour l'Allemagne) **une probabilité d'occurrence de 1,2 incidents par 10kW<sub>e</sub> / an**. Cette valeur inclut tous les incidents techniques et est issue d'une étude réalisée sur 31 installations entre 2004 - 2005<sup>11</sup>.

L'évaluation des incidents montre que les unités fonctionnelles telles que:

- les centrales de cogénération,
- les systèmes d'injection des solides,
- les pompes, les tuyaux et des vannes,
- et les agitateurs,

sont particulièrement vulnérables (863 incidents sur 1168 incidents analysés), ce qui implique des défaillances sur la sécurité du système (perte de confinement, fuites...). Nous avons ajouté dans l'annexe 10 quelques photographies de dommages sur des équipements d'installations de méthanisation.

---

<sup>10</sup> Biogas basisdaten Deutschland 2010, [http://www.biomassehof-achental.de/tl\\_files/images/bioenergie\\_region/vortraege\\_infomaterial\\_sonstiges/Basisdaten\\_Biogas.pdf](http://www.biomassehof-achental.de/tl_files/images/bioenergie_region/vortraege_infomaterial_sonstiges/Basisdaten_Biogas.pdf)

<sup>11</sup> Erfassung und Analyse von Defiziten an landwirtschaftlichen Biogasanlagen FKZ :22012804 ; <http://www.nachwachsende-rohstoffe.de/>

### 7.3 CONCLUSION

Malgré le grand nombre d'incidents et quelques accidents dans le secteur agricole avec des installations de méthanisation en Allemagne, il a été difficile d'obtenir des informations publiques sur les causes des incidents et les déroulements des incidents. Après échanges avec différents acteurs de la filière biogaz en Allemagne, on constate une difficulté à obtenir de leur part ce type d'informations, probablement pour défendre les intérêts particuliers du développement de la filière de la méthanisation.

D'une manière générale les procédés de méthanisation de la biomasse et des déchets génèrent différents risques accidentels (et par extenso sanitaires et environnementaux) notamment au cours des phases d'exploitation et/ou de maintenance.

Les principaux phénomènes dangereux à considérer sont les suivants:

1. les incendies,
2. les explosions,
3. l'émission imprévue de toxiques gazeux ( $H_2S$ ),

qu'il convient de maîtriser afin de rendre le développement de cette filière sûre et pérenne par une évaluation des risques réalisée par le porteur du projet ou par l'exploitant accompagné par un organisme compétent.

Il est donc nécessaire d'assurer, en fonction de la biomasse utilisée, la protection contre l'explosion des gaz inflammables ( $CH_4$ ,  $CO$ ,  $H_2S$  et  $H_2$ ), la protection contre les incendies et la protection contre l'émission de toxiques gazeux (notamment l' $H_2S$ )<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> EAT DRA DRC- 93 - Opération C Evaluation du retour d'expérience et étude bibliographique sur les conditions de formation d' $H_2S$  dans les stockages de biomasse, Réf. : DRA-10-111875-13118A

## **8. CONCLUSION**

Un travail d'identification des bases de données sur l'accidentologie a été mené avec le Centre de Documentation de INERIS afin de collecter un REX le plus complet possible relatif à l'activité méthanisation au niveau de différentes bases de données nationales et internationales (BARPI,...). Ce premier travail a permis d'orienter la recherche du REX vers les installations de méthanisation en l'Allemagne (pays échangeant le plus d'infos sur le REX).

Le réseau biogaz en France constitué depuis plusieurs années (Club Biogaz, Association AMORCE, Association METHEOR), a également été sollicité ainsi que les industriels concerné par la filière de la méthanisation.

Le retour d'information sur les incidents et accidents est existant mais pas non plus exhaustif : cependant nous avons pu recevoir le REX de deux industriels français (SIAAP, autre industriel) mais surtout axé la recherche en Allemagne dans le secteur agricole où la méthanisation est la plus développée en Europe. La collecte du retour d'expérience n'a pas été suffisante pour pouvoir réaliser une analyse quantitative et statistique de ces données. Une synthèse sur le retour d'expérience a cependant pu être rédigée sur la base d'une collecte de plusieurs dizaines d'incidents et d'accidents.

Il a été difficile d'obtenir des informations publiques sur les causes des incidents et les déroulements des incidents. Après échanges avec différents acteurs de la filière biogaz en Allemagne, on constate une difficulté à obtenir de leur part ce type d'informations, probablement pour défendre les intérêts particuliers du développement de la filière de la méthanisation

La commission pour la sécurité des installations de ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sécurité nucléaire constate dans son avis technique « Sécurité dans les installations de biogaz » en 2009 que les installations de méthanisation ont souvent des défaillances concernant la conception, la construction et l'exploitation. En outre ils constatent que 80% des installations contrôlées présentent des défauts importants. Les défauts les plus fréquents constatés concernent le domaine de la protection contre l'explosion, de la conception des composants et de la conception des sorties de secours et de sauvetage.

L'association « Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe » (Agence pour les Ressources Renouvelables) publie dans un rapport en 2010 « Biogas Basisdaten Deutschland » (Biogaz - Données de base pour l'Allemagne) **une probabilité d'occurrence de 1,2 incidents par 10kW<sub>el</sub> / an**. Cette valeur inclut tous les incidents techniques et est issue d'une étude réalisée sur 31 installations entre 2004 - 2005.

L'évaluation des incidents montre que les unités fonctionnelles telles que :

- les centrales de cogénération,
- les systèmes d'injection des solides,
- les pompes, les tuyaux et des vannes et les agitateurs,

sont particulièrement vulnérables, ce qui implique des défaillances sur la sécurité du système (perte de confinement, fuites...).

De façon semi quantitative et d'une manière générale, les procédés de méthanisation de la biomasse et des déchets génèrent différents risques accidentels (et par extenso sanitaires et environnementaux) notamment au cours des phases d'exploitation et/ou de maintenance. Les principaux phénomènes dangereux à considérer sont classés par ordre de priorité en terme probabilité d'occurrence : les incendies, les explosions, l'émission imprévue de toxiques gazeux (H<sub>2</sub>S). La mise en conformité avec la réglementation ATEX et la rédaction du Document Relatif à la Protection contre les Explosions (DRPCE) est un moyen significatifs pour maîtriser de tels risques dans la filière méthanisation.

Un groupe de travail européen a été initié et piloté par EU-VRi et INERIS en 2011, sur le thème de la sécurité du biogaz et de la réglementation. Ce groupe de travail a pour objectif d'accompagner en 2012 le déploiement de la filière du biogaz en Europe de façon propre et sûre. Il pourra s'appuyer sur l'utilisation d'outils d'évaluation des risques développés dans le cadre du projet Européen INteg-Risk (Early Recognition, Monitoring and Integrated Management of Emerging, New Technology Related Risks) et adaptés à la filière de la méthanisation afin de :

- Identifier et caractériser les risques émergents liés au développement des procédés de production du biogaz en Europe,
- Sensibiliser les décideurs et les gestionnaires de risques à ces risques émergents,
- Fournir des documents de référence pour améliorer la sécurité des procédés mettant en œuvre du biogaz,
- Créer le partage du retour d'expérience au sein du réseau européen du biogaz,
- Contribuer à l'élaboration d'une stratégie européenne de gestion des risques émergents relatifs à la mise en œuvre du biogaz.

## **9. REFERENCES**

Arrêté du 10 novembre 2009 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de méthanisation soumises à déclaration sous la rubrique n°2781-1. (NOR : DEVP0927295A) (*version avec l'annexe publiée au BO du MEEDDM le 10/12/2009*).

Arrêté du 10 novembre 2009 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de méthanisation soumises à autorisation. (NOR: DEVP0920874A) en application du titre Ier du livre V du code de l'environnement.

Arrêté du 12 août 2010 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n°2781-1 (NOR: DEVP1020761A).

Guide de bonnes pratiques « Règles de sécurité des installations de méthanisation agricole » réalisée pour le MAAP (INERIS DRA-09-103637-084077A).

## 10. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise	N° pages
1	Lettres d'envoi au Club Biogaz, à l'Association AMORCE, à l'Association METHEOR	4
2	Liste d'une trentaine d'accidents issue de la recherche documentaire de l'INERIS	3
3	Liste de la recherche documentaire issue de la base de donnée REF DOC	6
4	Accidents répertoriés dans la base de données ARIA du BARPI mettant en œuvre du biogaz (incluant les rejets accidentels d'H <sub>2</sub> S)	7
5	Note du BARPI relative à l'émission d'H <sub>2</sub> S dans une usine de traitement de déchets (02/11/2005 – Rhadereistedt, Allemagne)	4
6	Accidents répertoriés dans la base de données ARIA du BARPI mettant en œuvre des installations de méthanisation	5
7	Note sur l'accidentologie du SIAAP relatif au biogaz (Ref : 01-DIG-FID-010 du 05/01/2010)	13
8	Recueil 2011 de données d'incidents et d'accidents d'une station d'épuration française	2
9	Sources des références bibliographiques indiquées dans le tableau 8	3
10	Photographies illustrant certains accidents du tableau 8 Photographies de dommages sur des équipements d'installations de méthanisation	12
11	Avis technique « Sécurité dans les installations de biogaz » de la commission pour la sécurité des installations auprès du Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sécurité nucléaire	35

## **ANNEXE 1**

**Lettres d'envoi au Club Biogaz, à l'Association  
AMORCE, à l'Association METHEOR**

**CLUB BIOGAZ**  
**A l'attention de Caroline MARCHAIS**  
**Déléguée Générale du Club Biogaz - ATEE**  
**47, Avenue Laplace**  
**94117 ARCUEIL**

Verneuil-en-Halatte, le 13 Septembre 2011

**Objet : Recueil du retour d'expérience disponible relatif aux installations de méthanisation de déchets non dangereux ou de matière végétale brute**

Nos réf : DRA-11-117460-09725A  
Tél : 03 44 55 61 11  
Courriel : sebastien.evanno@ineris.fr

Madame,

Compte tenu de la récente rubrique réglementaire ICPE n°2781 (Rubrique créée par le Décret n° 2009-1341 du 29 octobre 2009 et modifiée par le Décret n° 2010-875 du 26 juillet 2010), du développement actuel des installations de méthanisation de déchets non dangereux ou de matière végétale brute sur le territoire national, un recueil du retour d'expérience aujourd'hui s'avère intéressant pour deux principales raisons :

- le retour d'expérience réalisé de façon anonyme et volontaire par les adhérents du Club Biogaz permet d'identifier le niveau de sécurité des installations de méthanisation en fonctionnement sur le territoire national,
- ce retour d'expérience permet d'identifier les principaux types de scénarios et constitue une information importante au sein du réseau biogaz afin d'assurer le développement pérenne de la filière méthanisation de façon sûr.

Notre demande permettra d'identifier des scénarios types accidentels issus des acteurs de terrains tout en assurant l'anonymat des sources afin de privilégier uniquement l'information sur les scénarios types réels ayant eu lieu.

Le rapport de synthèse sera communiqué aux participants de notre requête.

Tout en restant à votre disposition, je vous prie d'agréer, Madame, mes salutations distinguées.

Sébastien EVANNO

Responsable Etude & Recherche

INERIS

**AMORCE**  
**A l'attention de Mélanie MEUNIER**  
**Coordinatrice Pôle Déchets**  
**7, rue du Lac**  
**69422 LYON Cedex 03**

Verneuil-en-Halatte, le 13 Septembre 2011

**Objet : Recueil du retour d'expérience disponible relatif aux installations de méthanisation de déchets non dangereux ou de matière végétale brute**

Nos réf : DRA-11-117460-09722A  
Tél : 03 44 55 61 11  
Courriel : sebastien.evanno@ineris.fr

Madame,

Compte tenu de la récente rubrique réglementaire ICPE n°2781 (Rubrique créée par le Décret n° 2009-1341 du 29 octobre 2009 et modifiée par le Décret n° 2010-875 du 26 juillet 2010), du développement actuel des installations de méthanisation de déchets non dangereux ou de matière végétale brute sur le territoire national, un recueil du retour d'expérience aujourd'hui s'avère intéressant pour deux principales raisons :

- le retour d'expérience réalisé de façon anonyme et volontaire par les adhérents de l'association AMORCE permet d'identifier le niveau de sécurité des installations de méthanisation en fonctionnement sur le territoire national,
- ce retour d'expérience permet d'identifier les principaux types de scénarios et constitue une information importante au sein du réseau biogaz afin d'assurer le développement pérenne de la filière méthanisation de façon sûr.

Notre demande permettra d'identifier des scénarios types accidentels issus des acteurs de terrains tout en assurant l'anonymat des sources afin de privilégier uniquement l'information sur les scénarios types réels ayant eu lieu.

Le rapport de synthèse sera communiqué aux participants de notre requête.

Tout en restant à votre disposition, je vous prie d'agréer, Madame, mes salutations distinguées.

Sébastien EVANNO

Responsable Etude & Recherche

INERIS

**METHEOR**  
**A l'attention de Jean Claude PERES**  
**Délégué Général**  
**Au SIVOM**  
**Route du Tremblay**  
**91480 TREMBLAY EN FRANCE**

Verneuil-en-Halatte, le 13 Septembre 2011

**Objet : Recueil du retour d'expérience disponible relatif aux installations de méthanisation de déchets non dangereux ou de matière végétale brute**

Nos réf : DRA-11-117460-09723A  
Tél : 03 44 55 61 11  
Courriel : sebastien.evanno@ineris.fr

Monsieur,

Compte tenu de la récente rubrique réglementaire ICPE n°2781 (Rubrique créée par le Décret n° 2009-1341 du 29 octobre 2009 et modifiée par le Décret n° 2010-875 du 26 juillet 2010), du développement actuel des installations de méthanisation de déchets non dangereux ou de matière végétale brute sur le territoire national, un recueil du retour d'expérience aujourd'hui s'avère intéressant pour deux principales raisons :

- le retour d'expérience réalisé de façon anonyme et volontaire par les adhérents de l'association METHEOR permet d'identifier le niveau de sécurité des installations de méthanisation en fonctionnement sur le territoire national,
- ce retour d'expérience permet d'identifier les principaux types de scénarios et constitue une information importante au sein du réseau biogaz afin d'assurer le développement pérenne de la filière méthanisation de façon sûr.

Notre demande permettra d'identifier des scénarios types accidentels issus des acteurs de terrains tout en assurant l'anonymat des sources afin de privilégier uniquement l'information sur les scénarios types réels ayant eu lieu.

Le rapport de synthèse sera communiqué aux participants de notre requête.

Tout en restant à votre disposition, je vous prie d'agréer, Monsieur, mes salutations distinguées.

Sébastien EVANNO

Responsable Etudes & Recherche Sécurité des  
procédés de méthanisation

Direction des Risques Accidentels INERIS

**Recueil de données d'accidents et identification des principales typologies d'accidents / d'incidents de la filière méthanisation**

Données générales concernant l'accident / l'incident			
Année de l'accident / incident	Secteur et déchets impliqués	Libellé de l'accident	Etat particulier de l'usine lors de l'accident (maintenance, usine fermée, ...)

Données concernant les causes supposées de l'accident / l'incident		Données concernant les conséquences de l'accident	
Produit/ équipement impliqué	Evènement (incendie, explosion, déversement, émission gaz...)  Description de l'accident, déroulement, effets et conséquences  L'origine, les causes et les circonstances	Nombre de victimes /blessés	Dégâts matériels  Mesures de prévention et de protection mises en place

La liste de variables indiquées dans ce tableau n'est pas exhaustive ; elle peut être complétée par d'autres variables permettant de caractériser et de comprendre l'accident (tout en assurant l'anonymat de l'exploitant, du lieu de l'accident, l'incident).

## **ANNEXE 2**

### **Liste d'une trentaine d'accidents issue de la recherche documentaire de l'INERIS**

## Liste des accidents de biogaz (identifiés au 11/08/2011)

En jaune : recherches complémentaires à effectuer

Date	Pays	Ville	Nom Site/usine	Type d'accident	Causes	Conséquence	Source
05/11/2005	Allemagne	Rhadereistedt		Intoxication H2S	"Cet accident se serait produit au cours du déchargement d'un camion de déchets dans une fosse située à l'intérieur d'un hall confiné. Une incompatibilité chimique entre les produits déjà présents dans la fosse et ceux déchargés à l'intérieur de celle-ci serait responsable de la formation rapide de grandes quantités de H2S. Le couvercle de la fosse était ouvert à cet instant, une panne électrique empêchant sa fermeture."	4 morts	<a href="http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_MethanisationV9_1-2.pdf">http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_MethanisationV9_1-2.pdf</a> <a href="http://www.sicherheitserziehung-nrw.de/uploads/media/Unfall_in_der_Biogasanlage2005.pdf">http://www.sicherheitserziehung-nrw.de/uploads/media/Unfall_in_der_Biogasanlage2005.pdf</a>
10/11/2005	Allemagne	Zeven				4 morts	<a href="http://fr.wikipedia.org/wiki/Chronologie_de_catastrophes_industrielles">http://fr.wikipedia.org/wiki/Chronologie_de_catastrophes_industrielles</a> <a href="http://www.netzeitung.de/vermishtes/366976.html">http://www.netzeitung.de/vermishtes/366976.html</a>
14/06/2007	Allemagne	Walzbachtal		Explosion		2 blessés + Dégâts matériels importants	<a href="http://www.ka-news.de/region/karlsruhe/Verpuffung-an-Biogas-Anlage:art6066,59459">http://www.ka-news.de/region/karlsruhe/Verpuffung-an-Biogas-Anlage:art6066,59459</a>
16/12/2007	Allemagne	Daugendorf		Explosion du digesteur	Erreur de dimensionnement ?	Dégâts matériels importants	<a href="http://www.vivrealamorlaye.fr/sites/methanisation/archives/archives_explosions.htm">http://www.vivrealamorlaye.fr/sites/methanisation/archives/archives_explosions.htm</a>
16/12/2007	Allemagne	Riedlingen		Explosion du fermenteur		Dégâts matériels importants	
26/08/2008	Allemagne	Deiderode					
24/09/2008	Allemagne	Gehlenberg		Incendie	Opération de soudage		<a href="http://www.nwzonline.de/index_regionalausgaben_artikel.php?id=1789187">http://www.nwzonline.de/index_regionalausgaben_artikel.php?id=1789187</a> <a href="http://www.nwzonline.de/index_regionalausgaben_artikel.php?id=1789649">http://www.nwzonline.de/index_regionalausgaben_artikel.php?id=1789649</a>
16/12/2008	Philippines	Malvar		Intoxication		4 morts	<a href="http://anaerobic-digestion-news.blogspot.com/2008/12/four-killed-by-biogas-in-digester-tank.html">http://anaerobic-digestion-news.blogspot.com/2008/12/four-killed-by-biogas-in-digester-tank.html</a>
26/08/2009	Inde	Aluva		Explosion du réacteur		4 morts + 3 blessés	<a href="http://groups.yahoo.com/group/cet68/message/1282">http://groups.yahoo.com/group/cet68/message/1282</a>
	Allemagne	Bassum				Pollution de nappes	<a href="http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,523620,00.html">http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,523620,00.html</a>
	Allemagne	Barssel				Pollution de nappes	<a href="http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,523620,00.html">http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,523620,00.html</a>
02/01/2011	Allemagne	Vasbeck ?					<a href="http://www.wlz-fz.de/Lokales/Waldeck/Korbacher-Zeitung/30-bis-50-Kubikmeter-Guelle-ausgelaufen">http://www.wlz-fz.de/Lokales/Waldeck/Korbacher-Zeitung/30-bis-50-Kubikmeter-Guelle-ausgelaufen</a>

Liste des accidents

Date	Pays	Ville	Nom Site/usine	Type d'accident	Causes	Conséquence	Source
12/08/2010	Allemagne	Ruderatshofen ?		Explosion		2 blessés graves + 2 blessés légers + Dgâts matériels importants	<a href="http://www.all-in.de/nachrichten/allgaeu/rundschau/Rundschau-explosion-Erst-ein-seltsames-Knacken-dann-fliegen-Menschen-durch-die-Luft;art2757,834071">http://www.all-in.de/nachrichten/allgaeu/rundschau/Rundschau-explosion-Erst-ein-seltsames-Knacken-dann-fliegen-Menschen-durch-die-Luft;art2757,834071</a>
16/12/2009	Allemagne	Hamlar		Explosion puis incendie			<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a> <a href="http://www.augsburger-allgemeine.de/donauwoerth/Biogasanlage-In-Hamlar-ist-ein-Tank-explodiert-id7022711.html">http://www.augsburger-allgemeine.de/donauwoerth/Biogasanlage-In-Hamlar-ist-ein-Tank-explodiert-id7022711.html</a>
21/12/2009	Allemagne	Ohrel		Incendie			<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a> <a href="http://www.brv-zeitung.de/Home/lokales/lokale-nachrichten_artikel,-Feuer-in-Ohreler-Biogasanlage- arid,284282.html">http://www.brv-zeitung.de/Home/lokales/lokale-nachrichten_artikel,-Feuer-in-Ohreler-Biogasanlage- arid,284282.html</a>
08/01/2010	Allemagne	Kölleda					<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
12/01/2010	Allemagne	Leutkirch					<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
16/12/2009	Allemagne	Asbach-Bäumenheim					<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
16/12/2009	Allemagne	Grundsheim					<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
08/12/2009	Allemagne	Mering					<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
23/11/2009	Allemagne	Pfaffenhofen					<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
15/11/2009	Allemagne	Senftenberg					<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
14/11/2009	Allemagne	Steinfeld					<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
13/11/2009	Allemagne	Erbach					<a href="http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buergerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>

Liste des accidents

Date	Pays	Ville	Nom Site/usine	Type d'accident	Causes	Conséquence	Source
05/11/2009	Allemagne	Schlier					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
30/03/2009	Allemagne	Wettringen					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
19/02/2009	Allemagne	Berg					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
13/01/2009	Allemagne	Filchendorf					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
04/12/2008	Allemagne	Filderstadt					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
07/11/2008	Allemagne	Seiersdorf					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
19/10/2008	Allemagne	Biberach					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
22/09/2008	Allemagne	Gehlenberg					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
27/05/2008	Allemagne	Seligweiler/Thalfindgen					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
22/05/2008	Allemagne	Kogel					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
16/12/2007	Allemagne	Daugendorf					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
20/11/2007	Allemagne	Oggenried					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
15/06/2007	Allemagne	Walzbachtal					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
12/04/2007	Allemagne	Feuchtwangen					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
27/03/2007	Allemagne	Oststeiermark					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
22/12/2005	Allemagne	Hüven					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>
24/07/2003	Allemagne	Nottensdorf					<a href="http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26">http://buengerinitiative-kreuzkrug.de/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=25&amp;Itemid=26</a>

## **ANNEXE 3**

### **LISTE DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE ISSUE DE LA BASE DE DONNEE REF DOC**

**Recherche sur REFDOC**  
**06/09/2011**

## **Recherche : accident biogaz => 2 résultats**

**Landfill gas migration : field investigations at Skellingsted Landfill, Denmark**

Auteur(s) : KJELDEN ; FISCHER

Waste management & research 1995, 13, 467 - 484

**Landfills, complexity and biogas risk assessment**

Auteur(s) : MAVROPOULOS ; KALIAMPAKOS ; ROSS ; ...

Waste management & research 2011, 29, 99 - 106

## **Recherche : accidents biogaz => 1 résultats**

Identique à l'un de ceux identifiés précédemment

## **Recherche : accident biométhane => 0 résultats**

## **Recherche : accidents biométhane => 0 résultats**

## **Recherche : explosion biométhane => 0 résultats**

## **Recherche : explosions biométhane => 0 résultats**

## **Recherche : explosion biogaz => 55 résultats**

**Bilans énergétiques et environnementaux de l'utilisation en cogénération du biogaz issu du traitement des eaux usées urbaines**

Energy and environmental effects of the use of biogas resulting from municipal waste water treatment in cogeneration

Auteur(s) : BITIR ; TAZEROUT ; LE CORRE

Déchets sciences & techniques 2000, 8 - 12

**Valorisation du biogaz par moteur à allumage commandé : Une approche méthodologique du dimensionnement**

Biogas upgrading with spark ignition engines : A methodological approach of dimensioning

Auteur(s) : BEREZA ; LE CORRE ; TAZEROUT

Déchets sciences & techniques 1999, 24 - 28

**Utilisation du biogaz dans les moteurs thermiques**

The use of biogas in internal combustion and diesel engines

Auteur(s) : THOMAS ; DELVAL

Informations chimie (Paris) 1987, 147 - 149

**Wet explosion of wheat straw and codigestion with swine manure: Effect on the methane productivity**

Auteur(s) : WANG ; GAVALA ; SKIADAS ; ...

Waste management (Elmsford) 2009, 29, 2830 - 2835

**Hydrogen production from the fermentation of corn stover biomass pretreated with a steam-explosion process**

Auteur(s) : DATAR ; JIE HUANG ; MANESS ; ...  
International journal of hydrogen energy 2007, 32, 932 - 939

**Explosion characteristics of synthesised biogas at various temperatures**

Auteur(s) : DUPONT ; ACCORSI  
Journal of hazardous materials 2006, 136, 520 - 525

**Steam-explosion pretreatment for enhancing anaerobic digestion of municipal wastewater sludge : Advances in Anaerobic Treatment**

Auteur(s) : DEREIX ; PARKER ; KENNEDY  
Water environment research 2006, 78, 474 - 485

**Biogas, petrol dual fuelling of SI engine for rural third world use**

Auteur(s) : JAWUREK ; LANE ; RALLIS  
Biomass (London) 1987, 13, 87 - 103

**Traitements biologiques anaérobies des effluents industriels**

Biological anaerobic treatment of industrial effluents  
Auteur(s) : BOULENGER ; GALLOUIN  
Techniques de l'ingénieur. Technologies de l'eau 2009, W3,

Das DVGW-Merkblatt G 262 «Nutzung von Deponie- und Klärgasen» — Zielsetzung und Inhalt  
**La directive G 262 de la DVGW «utilisation des gaz de décharge et de curage» — objectif et contenu.**  
**Extrait du groupe de travail de la DVGW «production du gaz»**

The DVGW-Specification G 262 utilisation of biogas and sewage gases'. Objectives and contents  
Auteur(s) : GÜNNEWIG ; HEIKE  
Gas- und Wasserfach. Gas - Erdgas 1989, 130, 286 – 293

**Traitements biologiques anaérobies des effluents industriels**

Anaerobic biological purification of industrial effluents  
Auteur(s) : BOULENGER ; GALLOUIN  
Techniques de l'ingénieur. Environnement 2009, G4,

**Analysis of methane potentials of steam-exploded wheat straw and estimation of energy yields of combined ethanol and methane production**

Auteur(s) : BAUER ; BOSCH ; FRIEDL ; ...  
Journal of biotechnology 2009, 142, 50 - 55

**Pretreatment of paper tube residuals for improved biogas production**

Auteur(s) : TEGHAMMAR ; YNGVESSON ; LUNDIN ; ...  
Bioresource technology 2010, 101, 1206 - 1212

**Improved bio-energy yields via sequential ethanol fermentation and biogas digestion of steam exploded oat straw**

Auteur(s) : YILMA DERERIE ; TROBRO ; HADDAD MOMENI ; ...  
Bioresource technology 2011, 102, 4449 - 4455

**Factor 10 years of experience into new landfill-gas powerplants**

Auteur(s) : COLLINS  
Power 1990, 134, 61 - 64

**Utilization of by-products from ethanol production as substrate for biogas production**

Auteur(s) : DE PAOLI ; BAUER ; LEONHARTSBERGER ; ...  
Bioresource technology 2011, 102, 6621 - 6624

**Methane-dependent denitrification by a semi-partitioned reactor supplied separately with methane and oxygen**

Auteur(s) : WAKI ; SUZUKI ; OSADA ; ...

Bioresource technology 2005, 96, 921 - 927

**Landfill gas migration : field investigations at Skellingsted Landfill, Denmark**

Auteur(s) : KJELDEN ; FISCHER

Waste management & research 1995, 13, 467 - 484

**Spurenstoffe in Deponiegasen: Bewertung und sinnvolle Analytik**

Matières en traces dans les gaz de décharge; évaluation et signification

Trace substances in biogas. Evaluation and significance

Auteur(s) : EISENMANN

Gas- und Wasserfach. Gas - Erdgas 1989, 130, 299 - 304

**Operation and performance of biogas-fueled cogeneration systems**

Auteur(s) : PELLERIN ; WALKER ; HEISLER ; ...

Energy in agriculture 1988, 6, 295 - 310

**Operation of a Caterpillar 3516 spark-ignited engine on low-Btu fuel**

Auteur(s) : MACARI ; RICHARDSON

Journal of engineering for gas turbines and power 1987, 109, 443 - 447

**The mountain view controlled landfill project field experiment**

Auteur(s) : HALVADAKIS ; FINDIKAKIS ; PAPELIS ; ...

Waste management & research 1988, 6, 103 - 114

**Landfill wastes: it's a gas!**

Auteur(s) : CLAY ; NORMAN

Gas engineering and management 1989, 29,

**Effect of hydrogen addition on the performance of a biogas fuelled spark ignition engine**

Auteur(s) : PORPATHAM ; RAMESH ; NAGALINGAM

International journal of hydrogen energy 2007, 32, 2057 - 2065

**Investigation on the effect of concentration of methane in biogas when used as a fuel for a spark ignition engine**

Auteur(s) : PORPATHAM ; RAMESH ; NAGALINGAM

Fuel (Guildford) 2008, 87, 1651 - 1659

**Assessment of simulated biogas as a fuel for the spark ignition engine**

Auteur(s) : JINGDANG HUANG ; CROOKES

Fuel (Guildford) 1998, 77, 1793 - 1801

**Landfill gas with hydrogen addition : A fuel for SI engines**

Auteur(s) : BADE SHRESTHA ; NARAYANAN

Fuel (Guildford) 2008, 87, 3616 - 3626

**Biogas upgrade to syn-gas (H<sub>2</sub>—CO) via dry and oxidative reforming**

Auteur(s) : LAU ; TSOLAKIS ; WYSZYNSKI

International journal of hydrogen energy 2011, 36, 397 - 404

**Biofuels as opportunity for MCFC niche market application**

Auteur(s) : CIGIOTTI ; MASSI ; MORENO ; ...

International journal of hydrogen energy 2008, 33, 2999 - 3003

**Electric power generation from landfill gas using traditional and innovative technologies**

Auteur(s) : BOVE ; LUNGI

Energy conversion and management 2006, 47, 1391 - 1401

**Comparative bio-fuel performance in internal combustion engines**

Auteur(s) : CROOKES

Biomass & bioenergy 2006, 30, 461 - 468

**Development of a 15 kWe spark ignition producer gas engine and some investigations of its in-cylinder processes**

Auteur(s) : SHAHIKANTHA ; KLOSE ; PARIKH ; ...  
Renewable energy 1994, 5, 835 - 837

**Generating efficiency and emissions of a spark-ignition gas engine generator fuelled with biogas-hydrogen blends**

Auteur(s) : JEONG ; KIM ; LEE ; ...  
International journal of hydrogen energy 2009, 34, 9620 - 9627

**Generation of combustion irreversibilities in a spark ignition engine under biogas—hydrogen mixtures fueling**

Auteur(s) : RAKOPOULOS ; MICHOS  
International journal of hydrogen energy 2009, 34, 4422 - 4437

**Incorporating in-cylinder pressure data to predict NOx emissions from spark-ignition engines fueled with landfill gas/hydrogen mixtures**

Auteur(s) : KORNB LUTH ; MCCAFFREY ; ERICKSON  
International journal of hydrogen energy 2009, 34, 9248 - 9257

**Waste gas engine lubrication**

Auteur(s) :  
Industrial Lubrication and Tribology 1994, 46, 3 - 4

**Combustion of simulated biogas in a dual-fuel diesel engine**

Auteur(s) : HENHAM ; MAKKAR ; MANFRIDA ; ...  
Energy conversion and management 1998, 39, 2001 - 2009

**Extension of the lean limit through hydrogen enrichment of a LFG-fueled spark-ignition engine and emissions reduction**

Auteur(s) : KORNB LUTH ; GREENWOOD ; MCCAFFREY ; ...  
International journal of hydrogen energy 2010, 35, 1412 - 1419

**Hydrogen enrichment effects on the second law analysis of natural and landfill gas combustion in engine cylinders**

Auteur(s) : RAKOPOULOS ; KYRITSIS  
International journal of hydrogen energy 2006, 31, 1384 - 1393

**Kinetic analysis of the catalyst and nonthermal plasma hybrid reaction for methane steam reforming**

Auteur(s) : NOZAKI ; TSUKIJIHARA ; FUKUI ; ...  
Energy & fuels 2007, 21, 2525 - 2530

**Fuel composition effects on emissions from a spark-ignited engine operated on simulated biogases : Internal Combustion Engines**

Auteur(s) : MIDKIFF ; BELL ; RATHNAM ; ...  
Journal of engineering for gas turbines and power 2001, 123, 132 - 138

**Deponiegas - Ein wertvoller Energieträger**

Landfill gas - a valuable energy source  
Auteur(s) : WEISS  
Gas, Wärme international 1992, 41, 497 - 499

**Studying the effects of hydrogen addition on the second-law balance of a biogas-fueled spark ignition engine by use of a quasi-dimensional multi-zone combustion model**

Auteur(s) : RAKOPOULOS ; MICHOS ; GIAKOURIS  
Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D, Journal of automobile engineering 2008, 222, 2249 - 2268

**Quasi-dimensional, multi-zone combustion modelling of turbulent entrainment and flame stretch for a spark ignition engine fuelled with hydrogen-enriched biogas**

Auteur(s) : RAKOPOULOS ; MICHOS ; RAKOPOULOS ; ...

International journal of vehicle design 2009, 49, 3 - 51

**Extension of the raw material basis for the production of biogas through an efficient conversion of biomass**

Auteur(s) : GERATH ; SAKALAIUSKAS ; KÖHN ; ...

Agronomy research (Tartu) 2008, 6, 199 - 205

**Landfill chp systems**

Auteur(s) : BACON ; JONES

Modern power systems 1990, 10, 45 - 48

**Nearly 4 MWe from cat G3616 low NOx engine**

Auteur(s) :

Modern power systems 1993, 13, 53 - 57

**Energy and Economic Analyses of Integrated Biogas-Fed Energy Systems**

Auteur(s) : BETTOCCHI ; CADORIN ; CENCI ; ...

Journal of engineering for gas turbines and power 2009, 131,

**The effect of hydrogen sulphide on CHP engines at countless wear sewage-treatment works, Exeter**

Auteur(s) : FULTON

Journal of the Institution of Water and Environmental Management 1991, 5, 172 - 177

**Homogeneous charge compression ignition versus dual fuelling for utilizing biogas in compression ignition engines**

Auteur(s) : SWAMI NATHAN ; MALLIKRAJUNA ; RAMESH

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D, Journal of automobile engineering 2009, 223, 413 - 422

**Application of a Spark Ignition Engine Simulation Tool for Alternative Fuels**

Auteur(s) : MUSTAFI ; RAINE

Journal of engineering for gas turbines and power 2008, 130,

**Spark-ignition engine performance with simulated biogas : a comparison with gasoline and natural gas**

Auteur(s) : HUANG ; CROOKES

Journal of the Institute of Energy 1998, 71, 197 - 203

Flammendurchschlagsicherungen für Deponie- und Klärgase: Anforderungen und technische Ausführungen

**Sécurité contre les explosions des gaz de décharge et de curage. Exigences et conceptions techniques**

Security against explosions of biogas and sewage gases. Requirements and designs

Auteur(s) : LEINEMANN

Gas- und Wasserfach. Gas - Erdgas 1989, 130, 324 - 335

Evaluación experimental de un motor encendido por chispa que utiliza biogás como combustible

**Experimental evaluation of a spark-ignited engine using biogas as fuel**

Auteur(s) : MANTILLA GONZALEZ ; AGUIRRE JUNCO ; SARMIENTO PINILLA

Ingenieria e Investigacion 2008, 28, 131 - 141

Software di simulazi per la scelta di un sistema cogenerativo

**Optimization of cogeneration plants**

Auteur(s) : TOMMASI

Termotecnica (Milano) 1999, 53,

## Recherche : explosion biogaz => 7 résultats

### **Flammdurchschlagsicherungen für Deponie- und Klärgase: Anforderungen und technische Ausführungen**

Sécurité contre les explosions des gaz de décharge et de curage. Exigences et conceptions techniques

Security against explosions of biogas and sewage gases. Requirements and designs

Auteur(s) : LEINEMANN

Gas- und Wasserfach. Gas - Erdgas 1989, 130, 324 - 335

### **Etude du risque "incendie" lié au biogaz dans les décharges**

Auteur(s) : Couillet

1998,

### **Hydrogen production from the fermentation of corn stover biomass pretreated with a steam-explosion process**

Auteur(s) : DATAR ; JIE HUANG ; MANESS ; ...

International journal of hydrogen energy 2007, 32, 932 - 939

### **Explosion characteristics of synthesised biogas at various temperatures**

Auteur(s) : DUPONT ; ACCORSI

Journal of hazardous materials 2006, 136, 520 - 525

### **Steam-explosion pretreatment for enhancing anaerobic digestion of municipal wastewater sludge : Advances in Anaerobic Treatment**

Auteur(s) : DEREIX ; PARKER ; KENNEDY

Water environment research 2006, 78, 474 - 485

### **Landfill gas migration : field investigations at Skellingsted Landfill, Denmark**

Auteur(s) : KJELDSEN ; FISCHER

Waste management & research 1995, 13, 467 - 484

### **Landfill wastes: it's a gas!**

Auteur(s) : CLAY ; NORMAN

Gas engineering and management 1989, 29,

## **ANNEXE 4**

**Accidents répertoriés dans la base de données  
ARIA du BARPI mettant en œuvre du biogaz  
(incluant les rejets accidentels d'H<sub>2</sub>S)**

N° 40476 25/03/2011 FRANCE - 59 - SOMAIN

A01.41 - Élevage de vaches laitières

Dans un élevage agricole venant d'être équipé d'une unité de méthanisation, la bâche recouvrant le post-digesteur se déchire, libérant un nuage malodorant de méthane et d'ammoniac. L'accident découle d'une erreur de conception : le filet servant à soutenir la bâche supérieure du post-digesteur en cas de pluie s'étant révélé insuffisant, le maître d'œuvre décide, en attendant de remplacer le filet par un plancher, de gonfler d'air la bâche qui se déchire. L'installation de combustion de biogaz du site n'étant pas encore reliée au réseau au moment de l'accident, le méthaniseur n'aurait pas dû être alimenté en lisier, ce qui aurait évité tout rejet. A la suite de l'accident, un plancher remplace le filet de soutien de la bâche qui est également remplacée

N° 38485 23/03/2010 FRANCE - 78 - MAISONS-LAFFITTE

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Dans une installation de production de biogaz classée Seveso seuil bas, un délutage se produit à 1h15 au niveau d'un gazomètre. Le délutage est un dégagement de biogaz au niveau d'un gazomètre dû à un déséquilibre entre ses débits entrant et sortant. Lorsque la capacité maximale du gazomètre est atteinte, le biogaz s'échappe par la garde hydraulique de l'ouvrage. Le phénomène peut être anticipé par suivi du niveau. Le jour de l'accident, une défaillance matérielle (problème de connectique) sur la fin de course d'une vanne neutralise l'automatisme gérant les configurations d'exploitation, bloquant ainsi les possibilités de transfert ou de torchage du biogaz. Le biogaz non extrait du gazomètre est alors dégazé. Ne pouvant agir à distance, l'exploitant se rend sur place pour actionner manuellement le jeu de vannes du réseau de transfert afin de rétablir la situation. L'une d'elle étant « dure » à manœuvrer, plusieurs minutes d'intervention sous ARI sont nécessaires. Le « retour à la normale » a lieu 25 minutes plus tard ; 600 kg de biogaz sont émis (composition 65% de méthane, 34 % de CO<sub>2</sub>, impuretés dont H<sub>2</sub>S à 50 ppm). Aucune conséquence n'a été perçue en dehors de l'établissement. Cet incident révèle la fragilité des dispositifs de fins de course. L'exploitant décide de les modifier pour les fiabiliser et d'allonger leur plage de détection. Les vannes « dures » seront remplacées afin de les rendre plus aisées à manœuvrer manuellement en cas de besoin.

N° 36621 03/06/2009 FRANCE - 78 - ACHERES

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Dans une station d'épuration, une sphère de biogaz est mise en dépression lors de la remise en service de celle-ci suite à un arrêt pour un contrôle réglementaire. L'opération débute vers 13h30 et se déroule correctement jusqu'à la manœuvre des vannes : l'agent qui effectue l'ouverture de la vanne VGC 3690 (vanne d'équilibre à l'atmosphère) pense que celle-ci est déjà ouverte (pas d'indicateur sur le réducteur de la position de la vanne). Il procède donc à l'ouverture totale de la vanne VGC 3691 (vidange de l'eau de remplissage de la sphère) et progressivement à l'ouverture de la vanne motorisée VGC 3679 (arrivée de biogaz).

Après une dizaine de minute, la vidange de l'eau (vanne supérieure fermée) provoque un vide puis la mise en dépression de la sphère, entraînant la déformation de 4 éléments de l'hémisphère supérieur et de la calotte supérieure. La sphère est ensuite isolée en gaz par la remise en place des queues de poêle sur les conduites de gaz arrivée et départ. Le complément en eau de la sphère est réalisé à 15h30. L'installation est en sécurité. Le coût des dommages est de 400 000 euros portant sur le contrôle complet des soudures, la réparation des parties endommagées et le contrôle de requalification avant remise en service.

N° 34251 18/02/2008 FRANCE - 94 - VALENTON

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

A la suite d'une rupture de canalisation de biogaz, une explosion se produit à 11h40 dans la salle des compresseurs d'une station d'épuration des eaux usées et provoque un feu torche. L'alimentation en énergie est coupée, un périmètre de sécurité mis en place et 2 employés, légèrement blessés et irrités par l'émanation des gaz, sont transportés à l'hôpital. Les pompiers éteignent l'incendie après 2 h d'intervention puis effectuent des mesures d'explosimétrie. La salle des compresseurs est détruite et la chaufferie voisine abritant les 3 chaudières mixtes fonctionnant au biogaz est gravement endommagée. Cet accident entraîne la mise hors d'usage des chaudières, dont l'utilisation est indispensable pour la digestion des boues (maintien à 37 °C des ouvrages). Grâce au maillage du réseau d'alimentation des usines de traitement de la région, les 2/3 des effluents habituellement traités par le site (soit 400 000 m<sup>3</sup>/j) sont dirigés vers 2 autres usines. Une chaudière provisoire de 3 MW (soumise à déclaration) et fonctionnant au fioul est mise en place pour traiter jusqu'à 200 000 m<sup>3</sup>/jour. Tout déversement d'eaux polluées en milieu naturel est ainsi évité. L'exploitant diffuse un communiqué de presse. La réhabilitation d'une des chaudières de 4 MW pour fonctionnement au gaz naturel est réalisée dans un délai de 15 jours ; une tierce expertise de l'installation est réalisée avant remise en service et retour à un fonctionnement normal de l'usine (600 000 m<sup>3</sup>/j traités). La seconde chaudière détruite par l'accident sera réhabilitée pour fonctionner au gaz naturel dans un délai de 6 à 8 semaines. Une enquête est effectuée pour déterminer l'origine exacte du sinistre.

*L'INERIS a été mandaté par l'exploitant pour l'analyse de cet accident : suite à une fuite de biogaz au niveau de la canalisation au refoulement des compresseurs, une explosion et un incendie ont eu lieu dans le local de compression et dans le local de chaufferie attenant. Cet accident a généré principalement des effets thermiques et, dans une moindre mesure, étant donnés les dommages constatés, des effets liés à une surpression. Les résultats de l'expertise ont permis d'énoncer les recommandations rappelées ci-après :*

- *La conception du réseau de biogaz par canalisation doit être conforme au CODETI (code de construction des tuyauteries industrielles), dans le cadre de la réglementation relative à la Directive des Equipements sous Pression de 2005 ;*
- *Les canalisations doivent être soudées en inox et raccordées par des brides comme cela est réalisé dans le domaine de la pétrochimie ;*
- *le manchon de raccordement de type Viking - Johnson est à proscrire (accessoire plutôt utilisé pour l'adduction de l'eau, 2 déboîtements en 10 ans soit un taux de fréquence élevé) ;*

- *il convient d'asservir l'arrêt des compresseurs à la mesure de la chute de pression dans la canalisation de biogaz au refoulement de ceux-ci.*

*Cet incendie a fait l'objet d'un rapport de retour d'expérience interne au SIAAP, qui présente des recommandations sur la sécurité industrielle de l'exploitation du biogaz (ou du gaz naturel).*

N° 36683 27/02/2007 FRANCE - 33 - BIGANOS

C17.12 - Fabrication de papier et de carton

Dans une papeterie, une explosion survient vers 22h au niveau de la station de traitement biologique des effluents aqueux. Les toits de la cuve de conditionnement et du méthaniseur sont projetés à plusieurs dizaines de mètres. Le souffle de l'explosion a brisé des vitres jusqu'à une centaine de mètres et le bruit aurait été perçu jusqu'à une vingtaine de kilomètres. L'accident n'a fait aucune victime et aucun impact sur l'environnement. En particulier, aucune pollution des eaux, n'est à déplorer dans la mesure où l'atelier alimentant la station en effluents était à l'arrêt. L'injection de peroxyde d'hydrogène à la suite d'une opération de vidange, aurait créé un dégagement d'oxygène qui réagissant avec le biogaz encore présent serait à l'origine de l'explosion. Toutefois, en l'état actuel des investigations, les causes exactes de l'explosion n'ont pas pu être déterminées. L'inspection des IC propose au préfet un arrêté qui demande à l'exploitant les mesures prises pour assurer la mise en sécurité de l'installation. Cet arrêté fixe également des prescriptions visant à garantir la qualité des rejets aqueux en l'absence de traitement biologique et surbordonne le redémarrage de la station biologique à la réalisation d'une analyse de l'accident et d'une étude des dangers de l'installation de traitement des effluents.

N° 31654 23/03/2006 FRANCE - 63 - CLERMONT-FERRAND

E38.11 - Collecte des déchets non dangereux

Une déflagration se produit dans le poste électrique de la centrale de valorisation des biogaz d'un centre d'enfouissement technique de classe 2. Les dommages matériels sont importants : détérioration de l'ensemble des cellules électriques contenues dans le poste, fissurations de l'enveloppe en béton du local, porte d'accès soufflée, centre de stockage privé d'électricité. Un premier groupe électrogène est mis en place afin d'alimenter ponts-bascules, matériel informatique et éclairages, le second est destiné au fonctionnement de la torchère. Des experts sont diligentés afin de déterminer les causes de cette explosion.

N° 32574 - 29/12/2005 - ALLEMAGNE - STUTTGART

*90.0E - Traitements des autres déchets solides*

Lors du transfert sous vide de déchets liquides pompés dans des fûts en acier, du sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) s'échappe par l'évent de la citerne réceptrice d'un centre de traitement des déchets dangereux. Ne pouvant être traités sur place, ces déchets reçus en fûts et mélangés dans la citerne doivent être transportés sur un autre site. Le corps d'un cariste est retrouvé à proximité, 5 personnes intoxiquées par l'H<sub>2</sub>S sont hospitalisées.

A leur arrivée, les pompiers ne détectent pas la présence de concentration significative en H<sub>2</sub>S et quittent les lieux. La police demande de vider le tuyau d'aspiration dans la citerne. La pompe à vide est alors redémarrée et une nouvelle émission d'H<sub>2</sub>S provoque l'évanouissement du chauffeur du camion.

La police ordonne la fin des opérations, les pompiers et un médecin d'urgence sont appelés sur les lieux. Au total, on recense : 1 décès et 6 intoxications avec hospitalisation

(2 employés, 2 membres des services d'urgence et 2 agents d'une autre entreprise). L'émission d' $H_2S$  résulte d'une réaction chimique entre 2 déchets liquides, un composant organo-sulfuré et un acide organique.

Cet accident relèverait d'une organisation défaillante : identification, évaluation et documentation pour la manipulation de capacités de produits dangereux inadaptées, modes opératoires pour le pompage des fûts dans la citerne sous vide ne précisant pas l'ordre d'introduction, réactions chimiques secondaires... Aucun dispositif de sécurité n'est prévu en cas de rejet gazeux par l'évent de la citerne. Une enquête judiciaire est réalisée. Le mélange de déchets dangereux dans les citernes sous vide est arrêté, les fûts seront traités sur un autre lieu. L'administration propose des mesures de prévention : identification des déchets dangereux seuls ou en mélange, critères de sécurité pour envisager entre autres leur traitement (pH...), procédures pour le stockage des produits non conformes aux critères et pour le mélange en précisant l'ordre d'introduction en fonction des caractéristiques des matières dangereuses, liaison de l'évent à un dispositif de traitement des gaz, accès restreint à la zone de pompage sous vide.

N° 31000 08/11/2005 ALLEMAGNE - 00 - RHADEREISTEDT

E38.22 - Traitement et élimination des déchets dangereux

Dans un site de production de biogaz par valorisation de déchets organiques, une émanation de sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) tue 3 employés et un conducteur de camion venu décharger des déchets issus d'un abattoir. Une personne sérieusement intoxiquée est hospitalisée. La concentration extrêmement élevée en  $H_2S$  dans le hall complique l'intervention des pompiers dont une dizaine souffrira d'intoxication plus ou moins légère. Une longue aération (plus de 24 h) sera nécessaire avant d'autoriser l'accès au bâtiment. Arrivé le soir, le camion en provenance des Pays-Bas stationne devant l'établissement jusqu'au lendemain matin. Le drame se produit alors que le chargement du camion est déchargé à l'intérieur d'un hall fermé pour limiter les nuisances olfactives, dans une fosse de 100 m<sup>3</sup> équipée de 2 agitateurs et dont le couvercle ne peut être fermé en raison de la défaillance du moteur électrique qui l'actionne. Les matières déchargées, déchets liquides chargés en sulfures, de pH proche de 8,5 et d'une température de 60 °C, sont des boyaux et des viscères de porc ; elles avaient été chargées 24 h plus tôt et étaient analogues aux déchets habituellement livrés 1 à 2 fois par semaine par l'établissement d'origine. La réaction entre ces substances et les matières déjà présentes dans la fosse (déchets animaux ou de laiteries, de pH peu élevé d'après les analyses effectuées après l'accident) serait à l'origine d'un fort dégagement d' $H_2S$ . La température du milieu et le fonctionnement de l'agitation auraient favorisé la dispersion du gaz toxique dans le hall de déchargement. Par ailleurs, le dispositif d'extraction situé en fond de fosse qui rejette l'air vicié à l'extérieur via un biofiltre se serait montré insuffisant. Une enquête est effectuée. La fiche descriptive du BARPI ce cet accident est présenté en annexe 5.

N° 29407 10/03/2005 FRANCE - 28 - LEVES

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Dans une station d'épuration, une fuite de biogaz se produit sur un digesteur de boue fissuré à plusieurs endroits. Le méthane s'infiltré dans la double paroi et s'échappe légèrement vers l'extérieur. Un périmètre de sécurité est mis en place, 20 riverains sont évacués et 2 stations services proches sont fermées. Le gazomètre de la station d'épuration étant plein, le digesteur est arrêté et 2 torchères situées à une dizaine de mètres de l'installation sont mises en service pour brûler l'excès de biogaz. Les employés de la station colmatent la fuite. La situation redevient normale 8 h après le déclenchement de l'alerte.

N° 19967 - 15/02/2001 - 50 - BAUPTÉ

*10.89 - Fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a.*

Des gaz riches en hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) tuent 2 employés d'une usine d'additifs alimentaires naturels à base d'algues. Les fractions insolubles issues de l'extraction des substances gélifiantes, non directement utilisables, sont traitées sur terre filtrante (perlite) puis pressées. Les gâteaux de filtration sont lixiviés (dissolution du sel) sur une aire de 0,5 ha avant compostage. Les égouttures se déversent dans 2 puisards dont l'un est équipé d'une pompe de reprise des effluents pour traitement en station. Le flexible de refoulement se déboîte parfois obligeant à une vidange du puisard et à une intervention sur la pompe. Les 2 employés assuraient cette intervention lorsque l'accident s'est produit.

L'alerte est donnée 3 h plus tard après constat du non-retour des employés qui seront retrouvés au fond du puisard. Des concentrations en H<sub>2</sub>S supérieures à 500 ppm sont mesurées. La gendarmerie effectue une enquête, une expertise est réalisée. Ce type d'accident souvent sous-estimé est lié à toute fermentation anaérobie de boues ou de compost en présence de cavités favorisant le confinement des gaz. Des teneurs élevées (6 000 ppm et plus) peuvent surprendre le personnel dans la mesure où l'odorat est inopérant et le malaise pratiquement instantané. Dans le cas présent, de fortes pluies ont empêché la manipulation des tas et favorisé la formation d'H<sub>2</sub>S ; la proportion de gaz soluble dans l'effluent présentait un danger supplémentaire. La tuyauterie est modifiée pour éviter l'accès dans le puisard. La gestion des gâteaux est optimisée

N° 17761 - 05/05/2000 - 74 - ALLONZIER-LA-CAILLE

*51.2E - Commerce de gros d'animaux vivants*

Une jeune employée d'un cabinet d'études effectuant depuis 15 jours des prises d'échantillons d'eaux usées dans une usine d'équarrissage décède par asphyxie et oedème pulmonaire 5 min après être descendue dans un regard de 2 m de profondeur et situé à 100 m de l'établissement. Les secours mesurent une concentration en hydrogène sulfuré supérieure à 120 ppm, soit plus de 10 fois le seuil admis par la législation du travail pour une exposition de 15 min. Le parquet effectue une enquête pour préciser les causes et les circonstances exactes de l'accident. Le regard est condamné dans l'attente des conclusions des enquêtes en cours.

L'établissement n'avait pas de plan d'intervention (accueil, prévention, sécurité, consignes d'intervention, etc.) destiné aux intervenants extérieurs et notamment de permis ou procédure pour pénétrer et travailler en milieu confiné. La victime n'avait pas de tenue étanche.

N° 9065 07/01/1999 FRANCE - 73 - LA ROCHETTE

C17.12 - Fabrication de papier et de carton

Dans une unité de recyclage de biogaz issu de la station d'épuration anaérobie d'une papeterie, une explosion (5 kg de TNT) détruit une boudruche tampon en matériau souple de 10 m<sup>3</sup> et les tuyauteries associées alimentant une chaudière de production de vapeur ou une torchère de sécurité. La boudruche est pulvérisée, des rambardes sont tordues dans un rayon de 3 m, des tuiles sont détruites dans un rayon de 20 m, des bardages sur l'unité et vitres jusqu'à 130 m de distance volent en éclat. Il n'y a pas de victime. La boudruche se serait bloquée en descente et mise en dépression. De l'air serait alors entré par les joints en téflon frottant sur l'axe central. Le biogaz arrivant à nouveau forme le mélange explosif qui est allumé par la flamme de la veilleuse de la torchère. Une production accidentelle d'hydrogène dans le méthaniseur et un acte de malveillance sont également évoqués. L'usine porte plainte. Des expertises sont réalisées. Des sécurités sont installées (analyseurs, clapets, etc.).

N° 10911 - 10/04/1997 - 48 - MENDE

38.11 - *Collecte des déchets non dangereux*

Un enfant récupérant des métaux dans une station de traitement des ordures ménagères tombe dans une buse de dégazage de 1 m de diamètre et de 10 m de profondeur. L'enfant est asphyxié par une forte concentration en hydrogène sulfuré. En tentant de secourir la victime, un adulte victime d'un malaise décèdera peu après avoir été hospitalisé. Un procureur et la gendarmerie effectuent une enquête pour déterminer les responsabilités

N° 11345 12/03/1997 ITALIE - 00 - PESCHIERA DEL GARDA

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Dans une station d'épuration communale des eaux usées, une explosion se produit au cours de travaux de réparation dans un silo en béton de fermentation et de production de biogaz. Des résidus gazeux et des opérations de soudage seraient à l'origine du sinistre. Deux ouvriers sont projetés à l'extérieur et sont tués, un troisième tombe au fond de l'édifice et est sérieusement blessé. Le toit du silo est soufflé.

N° 15747 - 30/07/1985 - 69 - SAINT-FONS

37.00 - *Collecte et traitement des eaux usées*

Lors d'un contrôle inopiné, un technicien d'un organisme extérieur est gravement intoxiqué, sans doute par des émanations d'hydrogène sulfuré, après avoir pénétré à l'insu de l'exploitant dans les égouts d'une station d'épuration industrielle. Un 2<sup>ème</sup> technicien est intoxiqué à son tour en tentant de lui porter secours. Les 2 personnes seront sauvées d'extrême justesse.

N°ARIA 7054 - 12/06/1995 - 95 - LE PLESSIS-GASSOT

*38.11 - Collecte des déchets non dangereux*

Un agriculteur perçoit depuis longtemps une odeur de gaz dans sa propriété. Du gaz s'enflamme quand il présente une allumette au niveau de la couverture d'un ancien puits placé au centre de la cour de son exploitation. Une torchère est mise en place pour brûler le gaz dont le débit est évalué à 40 m<sup>3</sup>/h (1 à 2 mbar). Le mélange gazeux (57 % CH<sub>4</sub>, 30 % CO<sub>2</sub> et 13 % N<sub>2</sub>) a pour origine la dégradation anaérobie de déchets organiques enfouis dans l'une des alvéoles, en fin d'exploitation et non drainée en biogaz, d'une importante décharge située à 250 m de l'exploitation agricole. L'exploitant de la décharge collecte le gaz à l'aide d'une station de pompage de 1 000 m<sup>3</sup>/h jusqu'à mise en place des mesures de protection définitives (drainage, etc.).

## **ANNEXE 5**

**Note du BARPI relative à l'émission d'H<sub>2</sub>S dans  
une usine de traitement de déchets  
(02/11/2005 – Rhadereistedt, Allemagne)**

# Émission de H<sub>2</sub>S dans une usine de traitement de déchets

5 novembre 2005

Rhadereistedt - Allemagne

Déchets animaux  
Emission de gaz  
Sulfure d'hydrogène  
Organisation

## LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

L'installation produit du biogaz par valorisation de déchets végétaux et animaux. Le biogaz est utilisé pour la production de chaleur et d'énergie. Les déchets concernés par l'accident proviennent des Pays-Bas.



## L'ACCIDENT, SON DÉROULEMENT, SES EFFETS ET SES CONSÉQUENCES

Les déchets d'équarrissage doivent être rapidement enlevés et transformés, afin d'éviter odeurs nauséabondes et problèmes sanitaires. Un traitement possible est leur valorisation par fermentation, le biogaz généré étant utilisé pour la production de chaleur ou d'électricité. Les déchets végétaux peuvent suivre la même filière et il n'est pas rare que ces derniers soient traités simultanément avec des déchets animaux.



Outre leur teneur énergétique, les déchets d'abattoirs peuvent être valorisés de différentes façons, par exemple les boyaux et les viscères de cochons qui contiennent de l'héparine, utilisée dans l'industrie pharmaceutique comme anti-coagulant pour le sang humain. Pour l'extraction, les déchets sont stabilisés avec du bisulfite de sodium (NaHSO<sub>3</sub>) afin de répondre aux exigences pharmaceutiques. L'héparine est, ensuite séparée par hydrolyse, les matières résiduelles étant traitées dans l'installation de traitement de déchets.

### L'accident

Le 5 novembre 2005, une société pharmaceutique néerlandaise procède à l'extraction de l'héparine à partir de boyaux de cochons. Les déchets sont ensuite, envoyés à l'usine de Rhadereistedt pour traitement. Le hall de livraison est fermé pour limiter les nuisances olfactives.



La procédure de déchargement du camion n'est pas respectée à la suite d'une panne du moteur du couvercle recouvrant la fosse la laissant ainsi ouverte. Cette cuve contient des déchets d'animaux ou de laiteries. Pendant le déchargement du camion, une grande quantité de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) est émise.

### Les conséquences

Le conducteur du camion et 3 employés sont tués par les émanations d' H<sub>2</sub>S. Un autre employé gravement blessé est hospitalisé.



## Échelle européenne des accidents industriels

En utilisant les règles de classements des 18 paramètres de l'échelle officialisée en février 1994 par le Comité des Autorités Compétentes des États membres pour l'application de la directive « SEVESO », les événements peuvent être caractérisés, compte tenu des informations disponibles, par les 4 indices suivants :

Matières dangereuses relâchées		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences humaines et sociales		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences environnementales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences économiques		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Les paramètres composant ces indices et le mode de notation correspondant sont disponibles à l'adresse : <http://www.aria.ecologie.gouv.fr>.

Le paramètre Q1 qui concerne la quantité de matières dangereuses émises atteint le niveau 1 car la quantité de matière rejetée est inférieure à 0,1% du seuil correspondant pour l'H2S.

Le paramètre H3 est égal 3 : 4 morts sont à déplorer. Le paramètre H4 est égal à 1 : un blessé grave est recensé. Le Niveau global de l'indice des « conséquences humaines et sociales » atteint par conséquent le niveau 3.

Les conséquences environnementales et économiques n'ont pas été évaluées.

## **L'ORIGINE, LES CAUSES ET LES CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT**

---

### **Faits**

1. Une société pharmaceutique néerlandaise extrait de l'héparine à partir de boyaux de cochons, stabilisée avec du NaHSO<sub>3</sub>.
2. Les déchets sont expédiés par camion à l'usine de traitement de Rhaderreisted, en Allemagne.
3. Le camion arrivé trop tard à l'usine reste stationné à la porte toute la nuit (à 150 mètres de l'entrée).
4. Le lendemain matin (vers 6 heures), le déchargement des 25 tonnes de déchets dans la cuve commence.
5. La cuve (100 m<sup>3</sup>) contient déjà 20 % de déchets. La précédente livraison concernait des déchets animaux et des déchets de laiteries.
6. Le déchargement ne s'effectue pas via la valve étanche, mais par le couvercle ouvert à la suite de la panne du moteur servant à manoeuvrer ce dernier.
7. Une grande quantité de H<sub>2</sub>S, gaz mortel, est émise dans le hall fermé lors du contact des déchets déchargés avec les matières présentes dans la cuve.
8. Les dispositifs de ventilation et d'agitation en marche favorisent la formation de H<sub>2</sub>S
9. Acidité des déchets :
  - À l'expédition : pH= 8,5-8,6
  - Après le déchargement dans la cuve : pH= 5,6-5,9

11. Température :

- À l'expédition :  $T = 60-65\text{ °C}$
- Après le déchargement dans la cuve :  $T = ?$  (pas d'isolation thermique du camion)

12. Un opérateur perd connaissance pendant le déchargement.

13. Le chauffeur et d'autres membres du personnel interviennent pour lui porter assistance sans prendre de précautions suffisantes: 4 morts et un blessé grave sont à deplorer.

### Scénario

1. Origine possible du soufre :

- boyaux de porcs
- Stabilisateur  $\text{NaHSO}_3$  (1,5 %)

2. Acidité :

- Réduite par la présence de produits issus d'une charge précédente (20 %) => déchets de laiteries (contenant de l'acide lactique).

3. Émission d'  $\text{H}_2\text{S}$  :

- Possible en raison d'un couvercle ouvert pendant le déchargement.

4. L'opérateur n'est pas informé de la possibilité d'émissions de  $\text{H}_2\text{S}$  (évaluation des risques).

5. La concentration de  $\text{H}_2\text{S}$  est trop élevée pour être perçue par l'odorat ? En effet la sensation olfactive de ce dernier n'augmente pas avec la concentration du gaz dans l'air; il peut même arriver que l'odeur décelable à de très faibles concentrations (0,02 à 1 ppm) s'atténue ou même disparaisse à forte concentration (anesthésie de l'odorat au dessus de 100 ppm).

6. Absence de matériel de détection / alarme / mesure.

7. Le personnel n'est pas formé à la gestion des situations d'urgence, les personnes venues pour secourir les victimes périssent à leur tour.\*

## **LES SUITES DONNÉES**

---

Les services d'inspection néerlandais effectue une enquête. Pour avoir plus de connaissance sur les circonstances de l'accident, un institut de recherche est interrogé sur la corrélation entre le pH et l'émission de  $\text{H}_2\text{S}$  avec les déchets stabilisés et non stabilisés. Les résultats sont attendus pour juin 2007. Cette étude est nécessaire pour mieux appréhender l'accident et améliorer la sécurité des centres de traitements de déchets similaires.



## LES ENSEIGNEMENTS TIRES

---

1. les opérateurs n'ont pas pris suffisamment de précautions lors d'une opération habituelle.
2. Les secours interviennent sans avoir connaissance du danger.
3. Les sources possibles d'émission de H<sub>2</sub>S, gaz toxique susceptible d'être émis lors d'une fermentation sont à étudier.
4. Lors d'un mélange de déchets, il faut évaluer les réactions chimiques possibles entre ceux-ci.
5. L'opération n'aurait pas du débuter car une partie du matériel était hors service (couvercle de la fosse).
6. les installations doivent être équipées de matériels de mesure d' H<sub>2</sub>S et de pH .
7. La possibilité d'utiliser un autre agent stabilisant ne contenant pas de soufre pour extraire l'héparine est à étudier.

## **ANNEXE 6**

**Accidents répertoriés dans la base de données  
ARIA du BARPI mettant en œuvre des  
installations de méthanisation**

N° 40476 25/03/2011 FRANCE - 59 - SOMAIN

A01.41 - Élevage de vaches laitières

Dans un élevage agricole venant d'être équipé d'une unité de méthanisation, la bâche recouvrant le post-digesteur se déchire, libérant un nuage malodorant de méthane et d'ammoniac. L'accident découle d'une erreur de conception : le filet servant à soutenir la bâche supérieure du post-digesteur en cas de pluie s'étant révélé insuffisant, le maître d'œuvre décide, en attendant de remplacer le filet par un plancher, de gonfler d'air la bâche qui se déchire. L'installation de combustion de biogaz du site n'étant pas encore reliée au réseau au moment de l'accident, le méthaniseur n'aurait pas dû être alimenté en lisier, ce qui aurait évité tout rejet. A la suite de l'accident, un plancher remplace le filet de soutien de la bâche qui est également remplacée.

N° 38944 13/09/2010 FRANCE - 34 - MONTPELLIER

E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux

Vers 11h45, un incendie se déclare dans le local presses et centrifugeuses d'une importante unité de méthanisation de déchets ménagers. Craignant un risque d'explosion de méthane en zone industrielle, une cinquantaine de pompiers interviennent et maîtrisent le sinistre vers 12h45. Le local est détruit mais les autres installations de l'unité ne sont pas touchées et aucune victime n'est à déplorer. Le feu serait d'origine électrique et aurait pris au niveau d'un convoyeur de déchets.

N°ARIA 39697 - 25/04/2010 - 10 - NOGENT-SUR-SEINE

17.12 - *Fabrication de papier et de carton*

Dans une station d'épuration d'une papeterie soumise à autorisation, 520 m<sup>3</sup> d'effluents non traités sont rejetés par le trop plein d'un cuvier raccordé à un canal de rejet. Etant en mode hiver, les échangeurs (tours de refroidissement) étaient à l'arrêt et ne refroidissaient donc pas l'effluent provoquant ainsi l'arrêt automatique des installations pour protéger les bactéries du méthaniseur.

N° 38141 23/04/2010 FRANCE - 42 - LA FOUILLOUSE

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Dans un four d'incinération de boues de station d'épuration en redémarrage, une détonation se produit à 7h45 lors de sa montée en température. La partie post combustion du four, vide au moment de l'incident, se décale de son logement et ne repose plus sur ses pieds, des conduites ont bougé et l'armoire d'alimentation du brûleur est arrachée. Un technicien déclenche l'arrêt d'urgence des 2 fours de la station et ferme la vanne générale d'arrivée de gaz. Un périmètre de sécurité est matérialisé. L'électricité n'est pas coupée pour garder les informations contenues dans les automates. La municipalité et l'inspection sont informées. L'inspection se rend sur place le 30 avril.

A cette date il n'y a pas de causes déterminées à l'origine de la détonation. Des scellés sont posés et des expertises sont effectuées. Les boues contenues dans le silo d'alimentation et qui devaient être traitées dans le four seront analysées ; une surveillance particulière est mise en place en attente de l'échantillonnage pour éviter toute fermentation. Le reste sera composté sur un autre site.

Le redémarrage des installations est conditionné à un rapport d'accident et à la mise en place des mesures correctives pour éviter un accident similaire.

L'exploitant devra également remettre à jour l'étude de dangers de l'installation de valorisation des boues pour tenir compte de sa connexité avec une installation de méthanisation et de la proximité d'une autoroute.

N° 37842 23/01/2010 FRANCE - 60 - PASSEL

E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux

A la suite des plaintes de 2 municipalités, l'inspection des installations classées constate une pollution du milieu naturel provenant d'un centre de traitement des déchets organiques installé depuis mai 2009. Des effluents visqueux et boueux, de couleur noirâtre et d'odeur ammoniaquée, sont visibles sur 600 m dans le fossé de la RD 1032, sur 2 km dans le contre-fossé du canal de l'OISE jusqu'à la DIVETTE ainsi qu'à la sortie de l'émissaire du réseau d'eaux pluviales communal de la zone d'activités et au niveau du regard d'eaux pluviales du centre de déchets. Ces effluents correspondraient à la fraction liquide du digestat issue des digesteurs en sortie de procédé de méthanisation. Selon l'exploitant, un acte de vandalisme durant le week-end serait à l'origine de la pollution. Le grillage près de la porte d'entrée est découpé et la vanne de la bêche d'eau de process ouverte. Le contexte est tendu entre l'exploitant, les riverains et les municipalités ; une motion réclamant la fermeture du site a été votée le 15/01 invoquant des risques sanitaires. L'exploitant est mis en demeure de curer et nettoyer le réseau d'eaux pluviales, le fossé et le contre-fossé et de réaliser un diagnostic de pollution des milieux susceptibles d'avoir été impactés. Le rejet d'effluents dans le milieu naturel (via le réseau d'eaux pluviales) et l'insuffisance des dispositions préventives nécessaires dans la conception, l'aménagement et l'exploitation des installations sont relevés.

N°ARIA 35673 - 06/11/2008 - 06 - GRASSE

10.89 - Fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a.

Les employés d'une usine de produits alimentaires détectent vers 7 h un départ de feu sur le toit d'un méthaniseur de 500 m<sup>3</sup> implanté dans la station d'épuration du site. Le personnel alerte les pompiers qui maîtrisent l'incendie, puis inertent le ciel gazeux (méthane) du réservoir avec de l'azote.

Un épisode orageux important s'étant produit dans la nuit, l'exploitant pense que la foudre pourrait être à l'origine du feu. Constatant cependant que le compteur de coups de foudre du paratonnerre de la station est resté à zéro, il demande un diagnostic complet de son "installation foudre".

N° 33097 19/03/2007 FRANCE - 16 - SAINT-LAURENT-DE-COGNAC

E38.11 - Collecte des déchets non dangereux

Une épaisse colonne de fumée orange s'échappe vers 16 h d'une usine de traitements des déchets de l'industrie de distillations du cognac. Le sinistre implique l'une des cuves extérieures de l'unité de méthanisation du marc de cognac ; cette cuve dont la rupture est redoutée, contient 8 m<sup>3</sup> d'acide nitrique et de matière organique lors des faits. L'alerte est donnée et les 20 employés du site sont évacués. Les gendarmes demandent à la population voisine de se confiner par précaution (50 habitations) et un périmètre de sécurité de 200 m est mis en place. La D83 proche est bloquée. Les pompiers refroidissent la cuve pour éviter tout risque d'explosion. Les émanations nitriques balayées par les vents en quelques minutes cessent vers 23 h. L'accident serait dû selon l'exploitant à une défaillance électrique qui a provoqué l'arrêt d'une pompe de la cuve d'acide nitrique, agent de nettoyage, puis un surplus de vinasse qui a entraîné un phénomène de combustion. Aucune personne n'a été incommodée par les vapeurs nitreuses.

N° 32040 21/01/2006 ALLEMAGNE - 00 - GÖTTINGEN

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Dans une décharge, 2 cuves de traitement des déchets liquides d'une installation de méthanisation se rompent ou explosent vers 6 h. L'un des réservoirs contenait de la boue en fermentation et l'autre des eaux de lixiviation ; 4500 m<sup>3</sup> de boue et 2 500 m<sup>3</sup> d'eaux polluées se déversent dans l'environnement, formant une vague destructrice. Un bâtiment proche abritant des réservoirs est endommagé et 1 000 l d'hydrocarbures ont également été perdus dans l'accident. Une 3ème cuve, vide lors des faits, a également été détruite. Les bassins de confinement de la décharge n'ont pas pu arrêter la masse de liquide. D'importants moyens en hommes et en matériels interviennent (115 pompiers...) vers 6h15 ; des experts en chimie et en biologie sont mobilisés. D'importants moyens sont mis en œuvre pour protéger la population et la ressource en eau potable. Des protections auraient également été mises en place au niveau des stations d'essence pour écarter tout risque d'explosion. Les dommages matériels s'élèvent à plusieurs millions d'euros. L'accident qui pourrait résulter d'une défaillance technique, n'a pas fait de victime. Un ruisseau gelé proche a été pollué. L'évacuation des masses de boue prendra plusieurs jours. La remise en état des installations prendra plusieurs mois.

N° 30686 16/08/2005 FRANCE - 72 - AUBIGNE-RACAN

C17.21 - Fabrication de papier et carton ondulés et d'emballages en papier ou en carton

La STEP d'une papeterie rejette des effluents bruts dans le LOIR en étiage, à la suite d'un dysfonctionnement du méthaniseur (chute du rendement à 30 %). Les effluents subissent habituellement un traitement physico-chimique (dégrillage, dessablage, bassin d'acidogénèse), une méthanisation puis un traitement biologique. L'inspection estime la pollution rejetée à 400 kg de MES, 10,5 t de DCO, 4,5 t de DBO, 80 kg de P et 10 kg de N. L'usine produit du papier recyclé destiné à la fabrication de carton ondulé. Alertée par l'exploitant le 16 août, l'inspection des installations classées effectue une enquête le jour même.

Le dysfonctionnement du méthaniseur aurait pour origine des travaux dans l'atelier de trituration de l'usine, où s'effectue la 1ère étape de mise en pâte des fibres 'secondaires'. Pour respecter les normes de sécurité dans cet atelier durant l'intervention, l'exploitant a couvert certains équipements générateurs d'H<sub>2</sub>S, modifiant ainsi la qualité des effluents à traiter. La biolite présente dans le méthaniseur aurait alors fixé une grande quantité de soufre et altéré son fonctionnement. A la suite de l'accident, l'exploitant réduit les consommations d'eau et fait fonctionner la station en mode dégradé durant 1 semaine. Après le traitement physico-chimique, les effluents sont épurés dans 3 filières différentes : traitement habituel (25 m<sup>3</sup>/h), traitement biologique direct (30 m<sup>3</sup>/h) ou épandage (20 m<sup>3</sup>/h). En complément des deux 1ères filières, les effluents sont traités à la craie coccolithique et légèrement chlorés avant leur rejet au milieu naturel, pour limiter le développement de bactéries filamenteuses. L'administration constate les faits et propose au préfet que l'épandage soit prescrit par un arrêté de mesures d'urgences.

N° 21128 27/08/2001 FRANCE - 51 - MATOUGUES

C10.31 - Transformation et conservation de pommes de terre

Des fuites sont détectées sur un bassin de lagunage anaérobie (méthanisation) d'une station d'épuration d'effluents d'une usine agro-alimentaire de frites. Ces fuites se situent dans un regard de contrôle de l'étanchéité entre les 2 membranes constituant le fond et les parois du bassin, ainsi que dans une chambre de vannes de canalisations de recyclage des boues, par percolation au travers des parois. Un arrêté préfectoral de mesures d'urgence impose à l'exploitant l'arrêt du remplissage du bassin et demande de proposer sous 3 jours à l'inspection des IC et aux services chargés de la police des eaux les mesures nécessaires pour vider le bassin en respectant les contraintes de rejet dans la MARNE. Un diagnostic de la pollution et la définition des solutions à employer pour y remédier sont également demandés.

N°ARIA 28974 - 01/01/2001 - 78 - ACHERES

37.00 - *Collecte et traitement des eaux usées*

A la suite de l'entretien au moyen d'un chalumeau d'un joint bitumé, à la base du toit d'un décanteur (de 20 m de diamètre et de 3 m de haut) d'une station d'épuration, une explosion se produit. Une surpression se crée à l'intérieur du décanteur et projette à plusieurs mètres une dalle de béton qui était posée sur le toit. Après étude du phénomène la présence d'oxygène dans les atmosphères de tous les décanteurs ou stockeurs prouve l'existence d'une ATEX.

C'est certainement la flamme du chalumeau utilisé par l'ouvrier qui est à l'origine de l'inflammation de l'ATEX, il à suffi qu'elle soit présente pendant une des phases où la surpression interne permettait cette décharge, l'ATEX s'enflamme et la flamme se propage à l'intérieur de l'ouvrage, avec la production d'une surpression suffisante pour décoller la dalle de béton, rompre le matériau d'étanchéité bitumé et projeter la dalle. La seule façon d'empêcher la formation d'ATEX consisterait à assurer un débit d'air suffisant pour diluer le biogaz dégagé jusqu'à une teneur suffisamment faible.

N° 7750 03/02/1992 FRANCE - 59 - BIERNE

E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées

Un dysfonctionnement de la station d'épuration installée dans la zone d'activité, provoque une coloration ocre des eaux du canal de BERGUES sur 1 km. Deux industriels dont les effluents sont traités par la station sont soupçonnés d'être à l'origine de ces problèmes. La mise à l'arrêt d'une installation de méthanisation surcharge les procédés d'épuration en place mais n'explique pas les phénomènes de moussage constatés sur les ouvrages et perturbant la décantation des boues. Des contrôles sont effectués chez les industriels notamment en se qui concerne l'utilisation éventuelle de produits antibactériens. Une arrêté préfectoral de mise en demeure est adressée à l'une des sociétés vis à vis de ses rejets en MES et de la salinité de son effluent.

N° 2174 25/08/1990 FRANCE - 59 - DUNKERQUE

C20.14 - Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base

Dans une usine pétrochimique, un incendie se déclare sur l'unité de méthanisation (95% H<sub>2</sub> + 5% CO --supérieur à CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O) d'un vapocraqueur. Une rupture de joint sur une bride du circuit est à l'origine de l'accident. Aucune victime n'est à déplorer. Le POI est déclenché.

## **ANNEXE 7**

### **NOTE SUR L'ACCIDENTOLOGIE DU SIAAP RELATIF AU BIOGAZ (REF : 01-DIG-FID-010 DU 05/01/2010)**

Direction Générale

## Accidentologie SIAAP extrait relatif au biogaz

Réf. : 01-DIG-FID-010

Date : 05/07/2010

Rév : 00

Page : 1 / 13

### 1. Objet et domaine d'application

La présente synthèse de l'accidentologie liée au biogaz rassemble les principaux éléments de références relatifs aux canalisations enterrées, aériennes et aux installations de biogaz.

Différents événements ont conduit le SIAAP à renforcer l'analyse des accidents au sein de ses usines :

- Plusieurs déboîtements de joint « Viking » ou rupture de canalisations suite à des travaux de terrassement dont les conséquences s'étendent de la fuite isolée, à une fuite suivie d'une explosion ou d'un feu torche,
- Plusieurs explosions suite à la fermentation de boues dans des zones mortes,
- Nombreuses fuites de biogaz ou d'entrée d'air par les circuits en dérivations (purges, événements ...) des réseaux principaux.

Ce document s'adresse en premier lieu aux responsables de projets du SIAAP et de l'ensemble des directions concernées :

- Conducteurs et chargés d'opération,
- Directeur de site et responsable d'exploitation,
- Responsables de coordination de projets,
- Responsables de travaux sur sites,
- Responsable HSE,
- Préventeurs...

### 2. Documents de référence

Les informations de la synthèse présentées ci-après sont issues des rapports internes d'accidents de SAV et de SAM référencés dans le tableau ci-dessous :

Code	Titre du document	Date
-	Inventaire incident	31.08.09
INERIS DRA 08-96251 08 179 A	Analyse de l'explosion survenue dans le local de compression-Site de Seine Amont (Valenton) – Rapport final	ND
-	Constat factuel des incidents en Digestion All 10.1.6	10.01.06
-	Memo 4.2.8	04.02.08
-	Rapport d'incident 16.07.2008	16.07.08
-	Rapport d'incident 12.2.97	12.2.97
SOLAGRO, contrat ADEME n° 0275052	Le transport du biogaz par canalisation, Pratiques et réglementations en France et en Europe	07.05
II SAV 09 002		
CR II SAV 09 010	Compte rendu	
CR astreinte du 7/03/2008	CR astreinte – fuite sous sphère	

	Établi par	Vérfié par	Approuvé par
FONCTION	DGT Conducteur d'opération	DG Conseiller scientifique	DG Directeur Général Adjoint
NOM	Alix MONTEL	Michel RIOTTE	Michel THIBAUT
VISA	11/06/2010	14/06/2010	02/07/2010

### 3. Exploitation du REX Accidentologie

L'objet et l'intérêt d'une synthèse spécifique de l'accidentologie sont de mettre en commun et en évidence des Retours d'EXpériences « REX » propres à des sites, voire à des personnes. Ces REX doivent ensuite être exploités dans les processus de conception, de réalisation et d'exploitation :

- Choix de conception lors des phases de faisabilité et d'avant projet :
  - Cheminement des canalisations en aérien,
  - Choix des pressions de fonctionnement des réseaux, réservoirs, consommateurs,
  - Installation des équipements en milieux non confinés.
- Analyses Préliminaires des Risques dans le cadre des Etudes de Danger.
- Analyses de risques procédés.
- Analyses fonctionnelles et dysfonctionnelles...

Il est à noter qu'à ce jour le suivi porte pour chaque site sur les accidents significatifs au sein du SIAAP et non sur les anomalies, dysfonctionnements, incidents mineurs et les « presque accidents ». Ces événements sont classés en fonction de leur niveau de gravité (défini selon des critères spécifiques à l'établissement et/ou au projet) :

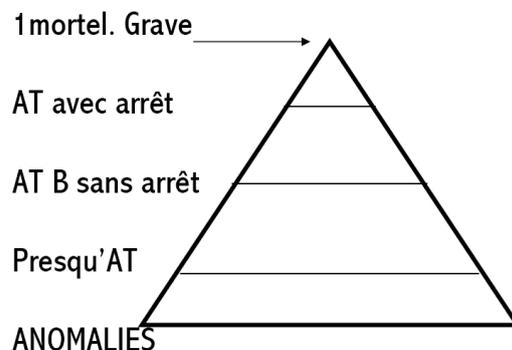
- Accidents significatifs :
  - Catastrophiques,
  - Majeur,
  - Grave.
- Anomalies, dysfonctionnements, incidents mineurs :
  - Sérieuse : blessures,
  - Modérée : sans blessure, sans dégâts.

Cependant, ces anomalies, dysfonctionnement, incidents mineurs peuvent alerter les responsables (sites, HSE...) sur des dérives potentielles des barrières organisationnelles et techniques. L'exploitation de ces alertes doit entraîner des actions de progrès ayant un impact favorable dans la réduction des fréquences des autres risques de niveaux graves, majeurs ou catastrophiques. Pour illustration, la figure ci-dessous présente le principe de la pyramide des accidents, faisant apparaître l'augmentation graduelle du nombre et de la gravité des événements avant l'apparition d'un accident grave ou mortel.

#### LA PYRAMIDE DES ACCIDENTS

POUR un accident du travail MORTEL/ GRAVE,  
il y a :

- 10 accidents du travail avec arrêt,
- 100 accidents du travail bénins sans arrêt,
- 1000 Presqu'accidents,
- 10 000 anomalies.



La centralisation formelle et la valorisation de ces informations permettent de mettre en place un REX bénéfique pour les autres sites d'exploitation et pour la conception des nouvelles unités.

#### 4. Intervenants concernés par l'accidentologie

Ce document est émis en première version dans le cadre du groupe de travail « sécurité biogaz » du SIAAP piloté par le CST, et a pour vocation à être complété et mis à jour en fonction des données complémentaires d'accidentologie.

Chaque direction de site ou direction fonctionnelle ont la capacité de contribuer à définir et co-rédiger les mises à jour et compléments souhaités.

En complément de l'accidentologie interne, il est intéressant de consulter les accidents et incidents survenus sur des installations similaires (réseau de fluides dangereux, réservoir, station de compression ou cogénération...) ou manipulant des produits similaires (biogaz CET, gaz naturel, gaz industriel...)

Les intervenants du SIAAP peuvent également s'appuyer sur les acteurs externes pour enrichir cette base de REX :

- Les services techniques et d'inspection des DRIRE qui consolident la connaissance des différentes ICPE.
- Le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels (BARPI) qui est chargé de rassembler et de diffuser des données sur le retour d'expérience en matière d'accidents technologiques. Le BARPI assure à cette fin le recueil, l'analyse, la mise en forme des données et enseignements tirés, ainsi que leur enregistrement dans la base A.R.I.A. (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents). Ces données sont disponibles au niveau de la base où chaque industriel et chaque organisme de contrôle (DREAL) et de prévention (INERIS) sont incités / tenus (suivant contexte SEVESO ou pas) à reporter son REX. Source à consulter ou pour effectuer les recherches : <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>
  - Les principaux événements relatifs aux STEP sont recensés selon le BARPI sous : E37.00 - Collecte et traitement des eaux usées. Le BARPI n'a pas édité à ce jour de synthèse des enseignements relatifs à ce secteur d'activité. Les événements sont recensés dans les tableaux de synthèse ci-après.
- Les instituts nationaux experts tels que l'INERIS et l'INRS qui réalisent des diagnostics et expertises notamment en cas de sinistres.
- Les organismes spécialisés sur les aspects risques industriels, risques spécifiques ou secteurs spécifiques présentant des risques : ICSI, CNPP, GESIP, UIC, ...

#### 5. Tableau de synthèse des événements

Le tableau ci-après rassemble 19 événements sur des installations biogaz du SIAAP ou de l'industrie, en France et à l'étranger, en précisant selon les données disponibles :

- Les éléments de référence des informations :
  - Document de référence,
  - Date,
  - Pays/Lieu,
  - Entreprise.
- Les éléments de description de l'événement :
  - Libellé,
  - Description,
  - Equipement concerné,
  - Effets sur les personnes, les biens, l'environnement.

### 5.1. Analyse de la synthèse des accidents principaux

L'analyse de l'accidentologie interne SIAAP et externe montre que les événements initiateurs ou redoutés pris en compte lors des analyses de risques (dans le cadre des EDD ou de l'évaluation des risques procédés) sont dans la majeure partie des cas plausibles car avérés comme le démontrent les cas d'incident suivants :

- Corrosion/déboîtement de tuyauterie : 5 incidents répertoriés.
- Rupture lors de terrassement : 2 incidents répertoriés.
- Fuite dans local/zone confinée, en particulier lors des opérations de purge : nombreuses anomalies et 4 incidents.
- Impact de la foudre : 2 incidents répertoriés.
- Défaut stockages (gazo/sphère) entrée d'air et fuite : 3 incidents répertoriés.

Leurs effets, probabilités, échelles de temps, gravités peuvent aussi servir de point de référence dans les démonstrations de sécurité à réaliser au sens du Code de l'Environnement (Grille de criticité et analyse selon Arrêté du 29/09/05), du code du travail et de la directive machine (Evaluation des risques quantifiée en probabilité et gravité).

### 5.2. Accidentologie nationale relative aux ruptures de canalisation de gaz/fluide dangereux

Aux vues de la fréquence et de la gravité potentielle de ce type d'événement, le groupe de travail a effectué une analyse particulière relative aux risques de rupture des canalisations de fluide dangereux.

Au niveau national, l'accidentologie relative aux fluides dangereux, fait état d'environ 6 000 cas/an d'endommagement de canalisations enterrées lors de terrassement avec fuites de gaz. Près de la moitié de ces chantiers de terrassement ne respectent pas la réglementation.

Les préfetures et DRIRE insistent sur le besoin de renforcer la prévention des accrochages lors de travaux proches. Les incidents lors des travaux sont responsables de 2/3 des fuites, et de la quasi-totalité des ruptures.

Les travaux de terrassement entraînant la rupture d'une canalisation de gaz sont nombreux et graves :

- Tremblay-en-France (93-Villepinte) - 3 morts.
- Brain-sur-Longuenée (49) - rupture d'un gazoduc suite à des travaux de terrassement - 1-mort.
- Accidents survenus en 2007 en région parisienne à Bondy et Noisy le Sec, à Niort 2007 ... à Lyon...

Source : Préfecture + DRIRE voir notamment :

<http://www.drire.gouv.fr/ile-de-france/brochure%20canalisation.pdf>

[http://www.drire.gouv.fr/poitou-charentes/ap/securete\\_cana\\_gaz.html](http://www.drire.gouv.fr/poitou-charentes/ap/securete_cana_gaz.html)

Concernant l'« accidentologie relative aux canalisations » / « Ruptures de canalisation sur sites industriels » le BARP I tire les enseignements généraux suivants :

- Les types et les circonstances des accidents :

*L'accident généralement rencontré est lié à une dégradation de la canalisation ou de la tuyauterie qui peut être progressive en donnant lieu à une fuite ou brutale et rompre l'équipement. La conséquence immédiate est le rejet en quantité variable d'un ou de plusieurs produit plus ou moins dangereux, phénomène que l'on observe dans 87 % des accidents étudiés.*

Direction Générale

## Accidentologie SIAAP extrait relatif au biogaz

Réf. : 01-DIG-FID-010

Date : 05/07/2010

Rév : 00

Page : 5 / 13

*Cette situation accidentelle peut ensuite s'aggraver en raison de la nature des produits impliqués et de l'installation en cause. Par exemple, la fuite d'un produit inflammable sur un procédé à chaud peut conduire à un incendie (11 % des cas) ou même à une explosion (4% des accidents) et devenir dramatique (La Mède - 09.11.92).*

*Cependant, quelle que soit la typologie observée, la canalisation est le plus souvent la cause initiatrice de l'accident.*

*Quel que soit l'accident étudié, il est intéressant d'analyser les circonstances dans lesquelles il se produit. Ainsi, des travaux au sens large du terme (phases d'entretien en général, réparation de canalisations intégrées dans une installation, nettoyage de canalisations de collecte et d'évacuation d'effluents) sont à l'origine de 13 % des accidents : démantèlements d'installations et démontages divers de canalisations (réfrigération par exemple) en représentent une grande partie.*

- Les causes :

*Bien que ces dernières ne soient pas toujours connues avec précision, la taille significative de l'échantillon étudié permet de dégager quelques tendances générales. Ainsi, sur 140 accidents pour lesquels des causes précises ont été identifiées :*

- *une défaillance matérielle avérée est à l'origine de 56 % des accidents. Dans les cas restants, cette défaillance même non prouvée reste probable avec, parfois, d'autres composantes (conception, erreur humaine).*
- *les défaillances humaines sont identifiées dans 19 % des accidents (erreurs de manoeuvre ou de positionnement de divers organes, interventions inadaptées lors de travaux, etc.).*
- *Enfin, une part non négligeable des accidents (16 %) est liée à une organisation inadaptée. Les interventions mal préparées figurent notamment dans cette catégorie (mise en sécurité ou vidange préalable des circuits non faite, plans non actualisés, modes opératoires incomplets, etc.).*

- Les conséquences :

*Les dommages matériels sont très fréquents (63 % des cas). Ils sont parfois accompagnés de pertes de production (21 %) et de chômage technique temporaire (4 %).*

*Enfin, si les fuites de produits inflammables qui se produisent ne conduisent pas systématiquement à un incendie ou à une explosion, un risque latent est souvent présent ; dans 25 % des cas une aggravation potentielle de l'accident (pollution) est redoutée en raison de la présence de vapeurs inflammables dans un milieu confiné (égout, etc.) ou non.*

**Il est donc extrêmement important de porter attention :**

**1- A la conception des installations et en particulier des réseaux de tuyauterie de biogaz :**

- Cohérence données process / spécification de ligne
- Tenue à la pression, aux vibrations, supportage,...

**2 - Au suivi et à l'entretien des points sensibles : vannes, brides,..**

**3 - Aux opérations de travaux sur et à proximité des tuyauteries et installations**

Accidentologie SIAAP extrait  
relatif au biogaz

Direction Générale

Réf. : 01-DIG-FID-010

Date : 05/07/2010

Rév : 00

Page : 6 / 13

Référence	Date	Dpt/Lieu/ Site	Libellé	Description	Equipement	Impact		
						Personnes	Biens	Environnement
Constat factuel des incidents en Digestion All 10.1.6 inventaire incident - 09.08.31	22/12/05	78 - SAV	Exposition en pied de digesteur	<p><u>Interventions effectuées :</u></p> <p>1 - Intervention dans chambre de vannes située au pied du digesteur, local exigu situé à une profondeur d'environ 4 m. Pas de déclenchement de la détection 4 gaz du personnel ni de la détection fixe CH<sub>4</sub> des installations SIAAP.</p> <p>2 - Déclenchement de la détection 4 gaz du personnel mais pas de la détection fixe CH<sub>4</sub> des installations SIAAP.</p> <p><u>Causes :</u></p> <p>Origine de la présence de gaz attribuée aux purges de gaz.</p> <p><u>Constat :</u></p> <p>Non communication immédiate de l'incident de l'entreprise de travaux aux exploitants.</p> <p>Interdiction de l'accès à la chambre de vannes et à la manœuvre de la vanne de purge (désaccouplement de la commande et signalisation d'interdiction d'accès à la chambre)</p> <p>Non respect de l'interdiction d'accès.</p>	Digesteur	Le personnel en remontant de la chambre a ressenti des troubles intestinaux, nausée, vomissement.		
EM SAV	27/07/06	78 - SAV	Feu de torche soupape	Coup de foudre sur le toit d'un digesteur (soupapes) entraînant un feu de torche car les équipements ont été déformés et donc rendus fuyard.	Digesteur			
inventaire incident - 09.08.31	16/01/07	78 - SAV	Fuite de gaz sur pot de purge suite à travaux	ND	Pot de purge			
inventaire incident - 09.08.31	08/02/07	78 - SAV	Déboîtement d'une conduite de biogaz	ND	Réseau			

Direction Générale

Accidentologie SIAAP extrait  
relatif au biogaz

Réf. : 01-DIG-FID-010

Date : 05/07/2010

Rév : 00

Page : 7 / 13

Référence	Date	Dpt/Lieu/ Site	Libellé	Description	Equipement	Impact		
						Personnes	Biens	Environnement
inventaire incident - 09.08.31	29/04/07	78 - SAV	Feu en pied de torchère T2	La corrosion du pied de torchère/support de brûleur a conduit à une fuite biogaz et à un feu torche en pied.	Torchère			
memo 4.2.8 inventaire incident - 09.08.31	27/11/07	78 - SAV	Feu en pied de gazo	Un départ de feu a eu lieu dans un gazomètre en travaux de rénovation.	Gazomètre			
inventaire incident - 09.08.31	02/01/08	78 - SAV	fuite CH <sub>4</sub> sur défaut garde d'eau de pot de purge	La fuite de biogaz provient d'une petite conduite de purge (en point bas) située sur la conduite de dépense du gazomètre n°2 d'AlI allant vers le ventilateur n°1	Pot de purge			
inventaire incident - 09.08.31	23/01/08	78 - SAV	détection gaz CH <sub>4</sub>	Les investigations menées sur le réseau biogaz enterré font apparaître 25 points de fuite de méthane d'intensité variable (de 5 ppm à 1 700 ppm).	Réseau			
CR astreinte du 7/03/2008 inventaire incident - 09.08.31	07/03/08	78 - SAV	Fuite sous sphère	<u>Constat :</u> Lors d'une ronde, l'opérateur constate une fuite de la grosseur d'une tête d'épingle, sous la sphère au niveau de la prise de purge et entre la sphère et la première vanne d'isolement. <u>A noter :</u> - Pas de détection de gaz CH <sub>4</sub> , ni sur les détecteurs fixes situés dans le local sous la sphère, ni sur les détecteurs portables lors de la ronde - Pas de pression anormale de la sphère qui pourrait indiquer une fuite importante, ni de démarrages de compresseurs plus fréquents ou en complément qui pourraient indiquer un débit de fuite important. <u>Travaux réalisés</u>	Sphère		dégâts matériels	

Direction Générale

Accidentologie SIAAP extrait  
relatif au biogaz

Réf. : 01-DIG-FID-010

Date : 05/07/2010

Rév : 00

Page : 8 / 13

Référence	Date	Dpt/Lieu/ Site	Libellé	Description	Equipement	Impact		
						Personnes	Biens	Environnement
				La fuite fait l'objet d'une réparation par bandage				
inventaire incident - 09.08.31	17/07/08	78 - SAV	détection gaz CH <sub>4</sub>	La fuite s'est déclarée au niveau d'un regard sur la conduite de dépense de la sphère d'Achères IV, suite au déboitement d'un raccord. Le dispositif d'alerte et d'évacuation a été immédiatement déclenché par le PCC d'Achères III. Les consommateurs biogaz ont été immédiatement mis à l'arrêt. Les équipes d'intervention ont mis fin à la fuite par déclenchement « coup de poing » des vannes de barrage de la sphère	Sphère			
inventaire incident - 09.08.32	08/09/08	78 - SAV	prise d'air importante dans les sphères	Lors de travaux de terrassement, l'entreprise constate une fuite de biogaz. Cette fuite est due à la rupture d'une canalisation DN 40 qui relie la sphère à la compression et permet la prise de pression, dans le cadre de la régulation compression – sphère. Cette canalisation n'était pas répertoriée.	Sphère			
EM SAV	11/09/08	78 - SAV	Délutage gazo	<u>Incident :</u> Délutage d'un gazomètre suite à une coupure de courant.  <u>Constat :</u> Non maîtrise du biogaz sur coupure électrique entraînant l'indisponibilité d'équipements sensibles.	Gazomètre			
II SAV 09 002 inventaire incident - 09.08.34	20/03/09	78 - SAV	Rupture de réseau enterré lors de terrassements	Le conducteur de travaux [...] a examiné le plan de récolement de la zone avec son chef de chantier le vendredi 20 février. Un sondage du terrain a été effectué suivi d'un piquetage des implantations avec plage de tolérance. Les travaux étaient effectués à la pelle mécanique. N'ayant repéré ni grillage avertisseur ni sablon indiquant la présence d'une conduite de gaz, l'opérateur au sol a donné l'ordre au pelleur de creuser. Lorsque le godet est remonté, il a heurté et endommagé la	Réseau		dégâts matériels	

Accidentologie SIAAP extrait  
relatif au biogaz

Direction Générale

Réf. : 01-DIG-FID-010

Date : 05/07/2010

Rév : 00

Page : 9 / 13

Référence	Date	Dpt/Lieu/ Site	Libellé	Description	Equipement	Impact		
						Personnes	Biens	Environnement
				conduite de gaz.				
inventaire incident - 09.08.33	15/04/09	78 - SAV	Rupture de réseau enterré lors de terrassements	Des travaux étaient effectués à la pelle mécanique. Lorsque le godet est remonté, il a heurté et endommagé la conduite 20/300 mb.	Réseau		Arrêt exploitation chaudière alimentation eau chaude	

Accidentologie SIAAP extrait  
relatif au biogaz

Direction Générale

Réf. : 01-DIG-FID-010

Date : 05/07/2010

Rév : 00

Page : 10 / 13

Référence	Date	Dpt/Lieu/ Site	Libellé	Description	Equipement	Impact		
						Personnes	Biens	Environnement
CR II SAV 09 010	03/06/09	78 - SAV	Retournement sphère	Lors de l'arrêt de la sphère d'AIII pour l'inspection des 40 mois, la vidange de la sphère en eau provoque un grand bruit, venant du haut de la sphère. Les agents ont interrompu la procédure et ont immédiatement fermé la vanne de vidange d'eau et le réseau de dépense (vanne au niveau du sol sur le côté de la sphère). La sphère n'étant pas conçue pour résister à la dépression, quelques millibars en négatif suffisent à déformer les tôles. Les indications de sens d'ouverture figurant sur le volant ne correspondaient pas à la vanne. De plus, l'indicateur de position de la vanne a été occulté lors de l'application d'un revêtement anticorrosion sur l'ensemble de la vanne. L'agent n'avait donc pas de moyen fiable de vérifier la position de la vanne. Enfin, les agents qui réalisaient l'opération n'avaient pas à leur disposition de mesure indiquant la pression à l'intérieur de la sphère.	Sphère		dégâts matériels	
Rapport d'incident 12.2.97	22/12/96	94 - SAM Valenton	Fuite de gaz dans local compresseurs	Alarme et constat d'une fuite de gaz dans le local compresseur suite au déboitement d'un raccord viking. Arrêt des compresseurs et fermeture vanne, maintien du local ouvert pour ventiler. Remise en place du raccord déboité et des colliers, puis remise en service de l'installation.	Compression		arrêt temporaire de l'atelier	
CT SAM		94 - SAM Valenton	Fuite dans le bâtiment digestion	Emanation de biogaz dans le sous-sol de la tour de répartition de digestion lors des purges des circuits.	Pot de purge			
CT SAM	2002	94 - SAM Valenton	Fuite dans le réseau enterré	<u>constat</u> : conduite sous chaussée et difficulté de contrôle périodique Fuite de conduite enterrée : mesure de fuite par exploitant 100 m <sup>3</sup> de perte sur une production de 40 000 m <sup>3</sup> /j	Réseau			

## Accidentologie SIAAP extrait relatif au biogaz

### Direction Générale

Réf. : 01-DIG-FID-010

Date : 05/07/2010

Rév : 00

Page : 11 / 13

Référence	Date	Dpt/Lieu/ Site	Libellé	Description	Equipement	Impact		
						Personnes	Biens	Environnement
Info à tr : SAM		94 - SAM Valenton	Foudre sur sphère	à compléter	Sphère			
BARPI N° 34251	18/02/08	94 - SAM Valenton	Explosion et incendie de l'atelier compression	<p>A la suite d'une rupture de canalisation de biogaz, une explosion se produit à 11h40 dans la salle des compresseurs d'une station d'épuration des eaux usées et provoque un feu torche. L'alimentation en énergie est coupée, un périmètre de sécurité est mis en place et 2 employés, légèrement blessés et irrités par l'émanation des gaz, sont transportés à l'hôpital. Les pompiers éteignent l'incendie après 2 h d'intervention puis effectuent des mesures d'explosimétrie. La salle des compresseurs est détruite et la chaufferie voisine abritant les 3 chaudières mixtes fonctionnant au biogaz est gravement endommagée. Une chaudière provisoire de 3 MW (soumise à déclaration) et fonctionnant au fioul est mise en place pour traiter jusqu'à 200-000 m<sup>3</sup>/jour. L'exploitant diffuse un communiqué de presse. La réhabilitation d'une des chaudières de 4 MW pour fonctionnement au gaz naturel est réalisée dans un délai de 15 jours ; une tierce expertise de l'installation est réalisée avant remise en service et retour à un fonctionnement normal de l'usine (600 000 m<sup>3</sup>/j traités). La seconde chaudière détruite par l'accident sera réhabilitée pour fonctionner au gaz naturel dans un délai de 6 à 8 semaines. Une enquête est effectuée pour déterminer l'origine exacte du sinistre.</p>	Compression		. Cf. Note A.	Tout déversement d'eaux polluées en milieu naturel est ainsi évité.

Direction Générale

Accidentologie SIAAP extrait  
relatif au biogaz

Réf. : 01-DIG-FID-010

Date : 05/07/2010

Rév : 00

Page : 12 / 13

Référence	Date	Dpt/Lieu/ Site	Libellé	Description	Equipement	Impact		
						Personnes	Biens	Environnement
BARPI N° 29407	10/03/05	28 - Lèves	Fissuration digesteur	Dans une station d'épuration, une fuite de biogaz se produit sur un digesteur de boue fissuré à plusieurs endroits. Le méthane s'infiltré dans la double paroi et s'échappe légèrement vers l'extérieur. Un périmètre de sécurité est mis en place, 20 riverains sont évacués et 2 stations services proches sont fermées. Le gazomètre de la station d'épuration étant plein, le digesteur est arrêté et 2 torchères situées à une dizaine de mètres de l'installation sont mises en service pour brûler l'excès de biogaz. Les employés de la station colmatent la fuite. La situation redevient normale 8 h après le déclenchement de l'alerte.	Digesteur			Fuite
BARPI N° 11345	12/03/97	Italie / Peschiera	Explosion lors de travaux digesteur	Dans une station d'épuration communale des eaux usées, une explosion se produit au cours de travaux de réparation dans un silo en béton de fermentation et de production de biogaz. Des résidus gazeux et des opérations de soudage seraient à l'origine du sinistre. Deux ouvriers sont projetés à l'extérieur et sont tués, un troisième tombe au fond de l'édifice et est sérieusement blessé. Le toit du silo est soufflé.	Digesteur			
BARPI N° 15359	15/03/99	91 - Evry	Rupture canalisation trop plein digesteur	Une canalisation de trop plein située à l'extérieur du digesteur d'une station d'épuration se rompt ; 50 m <sup>3</sup> de boues se déversent en SEINE (débit d'étiage 56 m <sup>3</sup> /s), 50 autres m <sup>3</sup> sont déviés et retournés en tête de station et 110 m <sup>3</sup> sont pompés et stockés. La faune aquatique ne semble pas atteinte.	Digesteur			
SOLAGRO contrat ADEME n° 0275052 Juillet 2003	07/06/05	78- Carrières sous Poissy		Rupture de canalisation entre un gazomètre et un digesteur, sur le site même de la station.		1 Décès par intoxication H <sub>2</sub> S		

Accidentologie SIAAP extrait  
relatif au biogaz

Direction Générale

Réf. : 01-DIG-FID-010

Date : 05/07/2010

Rév : 00

Page : 13 / 13

Référence	Date	Dpt/Lieu/ Site	Libellé	Description	Equipement	Impact		
						Personnes	Biens	Environnement
SOLAGRO contrat ADEME n° 0275052 Juillet 2004	07/01/99	59_ La Rochette	Entrée d'air et explosion gazo	<p><u>Incident :</u> Explosion (équivalent à 5 kg de TNT) d'une baudruche contenant 10 m<sup>3</sup> de gaz et qui a provoqué une onde de choc sur au moins 130 mètres.</p> <p><u>Causes :</u> Les causes incriminées relèvent du non respect des règles de l'art. L'explosion a eu lieu suite à une entrée d'air formant mélange explosif avec le biogaz, et à une ignition par retour de flamme depuis la torchère. Cet incident aurait normalement dû être prévenu par l'installation d'un anti-retour de flamme, équipement standard de toutes les torchères installées sur les CSD par exemple.</p>	Gazomètre	aucun dommage humain	dégâts matériels	ND
SOLAGRO contrat ADEME n° 0275052 Juillet 2005		Général	Variation de pression	<p>Les incidents les plus fréquents concernant les digesteurs, sont dus à des phénomènes de montée en pression ou de chute brutale de pression, qui provoquent des fissurations ou l'éclatement (sans onde de choc) des digesteurs. Les dégâts occasionnés sont purement matériels et économiques. Ces incidents peuvent être prévenus en appliquant les règles de l'art usuelles : choix de matériaux adaptés et équipements de sécurités, tels que préconisés dans les réglementations allemandes ou suisses et dans tous les ouvrages techniques fixant les règles de l'art.</p>	Digesteur			

Note A : Impact incident BARPI N° 34251 SAM : destruction de l'atelier de compression, perte de la valorisation biogaz, substitution par gaz naturel, mise hors d'usage des chaudières, Grâce au maillage du réseau d'alimentation des usines de traitement de la région, les 2/3 des effluents habituellement traités par le site (soit 400 000 m<sup>3</sup>/j) sont dirigés vers 2 autres usines.

## **ANNEXE 8**

### **RECUEIL 2011 DE DONNEES D'INCIDENTS ET D'ACCIDENTS SUR LA FILIERE DE METHANISATION D'UNE STATION D'EPURATION EN FRANCE**

**Recueil de données d'incident/accident sur la filière de méthanisation et identification des principales typologies**

Données générales				Données concernant les causes supposées				Données concernant les constat connexes		Données concernant les conséquences			
Mois de l'année N	Libellé de l'incident / accident	Etat particulier	Type d'installation	Produit - équipement impliqués	Typologie d'évènement	Description des faits	Actions correctives immédiates	Origines, causes et circonstances		Nombre de victimes / blessés	Dégât matériels	Mesures de prévention et de protection mises en place	Commentaires - Préconisations
5	Fuite de biogaz sur bride d'une vanne manuelle amont torchère	Visite de routine	Torchère	Tuyauterie - Soudure de bride	Emission de biogaz	Lors d'un contrôle de routine, nos équipes ont remarqué que le cordon de soudure de la bride de la vanne manuelle ne faisait pas le tour de la bride et que du biogaz pouvait s'échapper par le trou débouchant.	1 - Consignation hydraulique de l'installation 2 - Ouverture d'une réclamation client vers le fournisseur	Malfaçon sur soudure Défaillance du système de contrôle qualité de l'atelier de fabrication Défaillance du commissioning		0	Soudure	1 - Réparation de la soudure 2 - Requalification du tronçon	
5	Fuite de biogaz par les gardes hydrauliques des filtres à l'aspiration des compresseurs	Maintenance correctives sur une utilité nécessitant son arrêt (eau industrielle)	Compression	Utilités - Eau industrielle	Emission de biogaz	<b>AVANT :</b> Coupeur programmée de la production d'eau industrielle. Les gardes hydrauliques des filtres en amont de chaque compresseur fonctionnent avec un appoint d'eau permanent. <b>PENDANT :</b> La garde hydraulique des compresseurs a été chassée, créant un dégagement de biogaz. La détection CH4 reliée à l'Automate Programmable de Sécurité (APS) n'a pas mis en sécurité l'installation.	1 - Forçage à distance du déclenchement de la vanne de sécurité impossible => isolation manuelle en amont des compresseurs. 2 - Secours des gardes hydrauliques des compresseurs avec un tuyau d'eau potable et remise en service des compresseurs dédiés au brassage du digesteur.	1 - Réseau biogaz sous pression à 20 mbars. 2 - Aspiration de la garde hydraulique par le réseau d'eau industrielle. En effet, une pompe "bossier" servant à l'aspersion d'eau industrielle dans la tour de refroidissement réseau biogaz a continué de fonctionner, générant un phénomène de succion sur le réseau. 3 - Du fait du voting mis en place dans l'automate de sécurité, il faut que 2 détecteurs CH4 sur 6 (2006) soient en seuil haut ou en défaut pour que la mise en sécurité soit effective. Or, seul le capteur à proximité de la source a atteint le seuil de déclenchement. Etant donné que l'installation de compression est à l'extérieure et que la distribution spatiale des capteurs n'est pas adaptées (distant d'1,50m minimum), les autres capteurs n'ont pas mesurée de valeurs hautes 4 - Pas de secours du réseau d'eau industrielle par le réseau d'eau potable.	En fonctionnement normal, l'apport constant d'eau industrielle et l'arrivée de biogaz chargé de condensats permet une évacuation constante vers le poste toutes eaux. Le débit d'appoint d'eau industrielle est réglé par un robinet. Une détection de débit bas sur les installations de compression crée une alarme mais n'a pas d'action de mise en sécurité. Lors d'un arrêt de la production d'eau industrielle, une mise en dépression est constatée à la sortie de la lyre : Ainsi, lorsque la totalité de la garde hydraulique dans la lyre et dans le pot a été aspirée, c'est de l'air (par la lyre) et du biogaz (par le pot) qui sont aspirés dans le réseau d'eau industrielle. Cette situation représente un risque extrêmement élevé d'explosion par mélange oxygène + méthane passant à travers des équipements et instruments non-ATEX, sources probables d'ignition, tel que le débitmètre.	0		1 - Modification de l'automatisme pour arrêter les pompes "booster" si débit bas détecté sur la conduite d'eau industrielle alimentant les gardes hydrauliques des compresseurs 2 - Suppression du voting (2006) 3 - Mise en place d'un secours du réseau d'eau industrielle avec le réseau d'eau potable moyennant l'ajout d'un dispositif de disconnection 4 - Mise en place d'un clapet anti-retour sur l'appoint en eau industrielle des gardes hydrauliques	1 - Sur le réseau d'appoint d'une garde hydraulique, prévoir l'arrêt de tous les équipements pouvant créer des fluctuations hydrauliques. 2 - Le retour d'expérience après 3 ans montre une bonne fiabilité de la technologie de détection CH4 installée. Le voting, utilisé pour pallier les défaillances matérielles améliorant ainsi l'exploitabilité est supprimé pour privilégier la sécurité. On peut choisir de conserver le voting mais, dès lors, il faut installer des capteurs parfaitement l'un à côté de l'autre. Cela nécessite donc de doubler tous les capteurs. Attention, c'est plus onéreux et demande plus de moyens humains et matériels pour le suivi et la maintenance. 3 - Suite au constat connexe, prévoir un clapet anti-retour sur les circuits d'appoint en continu des gardes hydrauliques situées à l'aspiration des compresseurs.
5	Fuite de biogaz aux soupapes des digesteurs suite à une perte d'utilités (air instrumentation)	Fonctionnement normal	Digesteur	Utilités -Air	Emission de biogaz	<b>PENDANT :</b> Il y a eu une fuite indétectable sur le réseau d'air comprimé pilotant les vannes de sécurité du réseau biogaz. L'évènement s'est déroulé selon la chronologie suivante : - 10h17 : Perte de l'air comprimé sur fuite et fermeture des vannes à sécurité positive (notamment les vannes d'isolement des dômes 2 digesteurs) - 10h17 : Montée en pression dans les dômes suite à la fermeture des vannes d'isolement - 10h25 : dégazage aux soupapes des digesteurs suite à la surpression dans les dômes	12h25 : Isolation du tronçon d'air comprimé fuyard et mise en place d'une alimentation de secours en air avec des tuyaux flexibles, à partir d'un point de distribution non fuyard.	1 - Défaillance d'un joint d'étanchéité au niveau d'un raccord de tuyauterie d'air comprimé à 9 bars. (2 - Condition d'isolement des digesteurs)		0	Joint	1 - Fouilles au niveau du tronçon enterré d'air supposé fuyard et détection de fuite avec un gaz étalon 2 - Constat qu'un joint d'étanchéité au niveau d'un raccord de tuyauterie s'est déplacé et est à l'origine de la fuite. Le joint défectueux a donc été remplacé par un joint plus épais et robuste.	(Réflexion sur les conditions et la pertinence de l'isolement d'un digesteur)
6	Chute de pression des dômes des digesteurs	Fonctionnement normal	Digesteur	Sondes de mesure de pression	Emission de biogaz	digesteurs, constate une baisse "anormale" et progressive de pression sur les sondes positionnées à la sortie des dômes. Il décide d'alerter le personnel en charge des installations. A 12h30, le personnel intervient sur une des sondes de pression mais à cause d'un mauvais placardage sur place (inversion entre les 2 sondes), c'est la sonde non inhibée qui est déconnectée. L'automate de sécurité va alors détecter cette anomalie et isoler les dômes des digesteurs par fermeture des vannes d'extraction biogaz. Dès lors, les évènements successifs ont été : - Montée en pression du dôme des digesteurs - Ouverture des soupapes de sécurité des dômes et dégazage - Reconnexion de la sonde par le personnel en charge des installations - Acquiescement de l'automate de sécurité - Ouverture automatique des vannes d'isolement du dôme des digesteurs et arrêt du dégazage - Redémarrage des compresseurs vers sphère A 12h40, l'exploitant observe un retour à la normale de la situation et de l'exploitation.	1 - Inversion du placardage des sondes en local.	Analyse complémentaire et approfondie à mener	Ce phénomène a permis de mettre en évidence un dysfonctionnement majeur en terme de sécurité. En effet, contrairement à ce qui est indiqué dans la matrice de sécurité, les vannes d'isolement des digesteurs ne se sont pas fermées sur « pression basse digesteurs » atteinte. Question sur les tests de mise en service	0			
7	Pannes répétées sur automate de sécurité (APS)	Fonctionnement normal	Automate de sécurité	Racks - connectiques	Emission de biogaz	Depuis la mise en route de l'installation, et sur un intervalle de temps de 3 mois, l'automate de sécurité de marque A a connu plusieurs pannes inexplicables, mettant en sécurité l'ensemble de l'installation de méthanisation. Voici la liste des évènements constatés : - mois N : 5 plantages en 2h - mois N+1 : nombre de plantages non tracés - mois N+3 : 7 plantages en 40h Ces pannes se traduisent par l'activation de certaines fonctions de sécurité, de certains arrêts d'urgence, et certains seuils de sécurité non réels sur certains capteurs. Ceci entraîne l'arrêt des installations de la filière biogaz avec la mise en sécurité de l'atelier de compression, la fermeture des vannes de sécurité d'extraction du biogaz des digesteurs et le dégazage aux soupapes. La liste des défauts remontés est à chaque panne sensiblement la même.	1 - Défaut de serrage connectiques (faux contact) 2 - Interrogation sur la qualité des tests / contrôles avant mise en service (FAT / SAT)	Fiabilité de la version sécurité de l'automate de marque A		0		1 - Les metteurs en route ont constaté que la liste des défauts relevés dans le journal des alarmes à chaque panne correspondait à un seul rack. Les connectiques semblaient sensibles et ont été resserrées.	La version de sécurité de l'automate "de marque A" est moins fiable que le SNCC "de marque B".
9	Fuite de biogaz au niveau du raccord de la tête de manomètre	Operation de maintenance à proximité	Canalisation de transport de biogaz	Tuyauterie - raccord	Emission de biogaz	Le personnel détecte une chute de pression sur un mamomètre et une odeur de biogaz lors de la préparation d'une intervention de maintenance à proximité du réseau biogaz. Il mène une recherche de fuite et découvre un raccord union fileté fuyard au niveau d'un manomètre		1 - Raccord inadapté et bricolé pour pallier la différence de section entre la fixation du manomètre et la tuyauterie de piquage		0		1 - Ajout de téflon et serrage du raccord	Prévoir en phase de conception des piquages et raccords adaptés aux instruments de mesure
8	Fuite de biogaz sur torchère à l'arrêt	Maintenance corrective sur l'installation	Torchère	Vanne de régulation débit biogaz entrée torchère	Emission de biogaz	Suite à une remise en configuration fonctionnelle de la torchère n°1 pour fin de travaux de génie civil, du biogaz du réseau s'est échappé via le brûleur de l'installation à l'arrêt. Environ 2 900 Nm3 de biogaz non brûlé ont été rejetés à l'atmosphère. 1h40 après la remise en configuration et après avoir identifié l'origine de la perte de biogaz – une vanne non étanche – la torchère a été isolée.	1 - Mise à l'arrêt manuelle de l'installation de compression à proximité. 2 - Evacuation du personnel à proximité de la zone. 3 - Diagnostic avarie et recherche de fuite. 4 - Confinement du réseau au niveau de la torchère avec la fermeture de la vanne manuelle en amont de la vanne défaillante	1 - Non détection de la défaillance de l'organe obturant de la vanne utilisée pour la consignation du réseau biogaz au niveau de la torchère lors de la remise à Disposition de l'installation 2 - Absence de détection et mise en sécurité automatique immédiates 3 - Diagnostic de l'origine de la fuite allongé car influencé par : - une avarie antérieure (défaut capteurs de niveau gazomètre); - une information incomplète sur les conditions de remise à disposition de la torchère.	Complexité de conduite d'une filière biogaz comportant 4 architectures d'automatisation différentes : - SNCC APS + API de marque B - API unique modèle et langage ancien de marque A - API doublé modèle et langage ancien de marque A - API + APS doublés modèle et langage récent de marque A	0		1 - Remplacer la vanne passante et effectuer un diagnostic approfondi de son état. 2 - Augmenter le niveau de sécurité de la torchère. Mettre en place, a minima, les actions recommandées par l'HAZOP de la Torchère en cours de finalisation, avec notamment pour cet incident : - un dispositif de sécurité coupant l'arrivée de biogaz en cas de non détection flamme. 3 - En réunion ¼ heure sécurité, revenir sur cet incident. Insister sur l'importance de communiquer à l'exploitant l'ensemble des informations de remise à disposition de l'installation suite à l'intervention (ex : position des vannes). 4 - Ajouter l'affichage « en continu » le débit entrée torchère sur les courbes de conduite. Même si, elle n'est utilisé qu'en secours. Informer le personnel.	Interdire les configurations exotiques, mélange de marques et de philosophies différentes de contrôle commande

**Recueil de données d'incident/accident sur la filière de méthanisation et identification des principales typologies**

Données générales				Données concernant les causes supposées					Données concernant les constat connexes	Données concernant les conséquences			
Mois de l'année N	Libellé de l'incident / accident	Etat particulier	Type d'installation	Produit - équipement impliqués	Typologie d'évènement	Description des faits	Actions correctives immédiates	Origines, causes et circonstances		Nombre de victimes / blessés	Dégât matériels	Mesures de prévention et de protection mises en place	Commentaires - Préconisations
9	Fuite de biogaz sur déclenchement accidentel de l'arrêt d'urgence de l'automate de sécurité	Travaux à proximité d'un Arrêt d'urgence	Automate de sécurité	Arrêt d'urgence	Emission de biogaz	Un matin, il se produit un dégazage au niveau des soupapes des digesteurs suite au déclenchement accidentel de l'arrêt d'urgence général de l'automate de sécurité au PCC.  Le déclenchement de cette mise en sécurité a actionné notamment la fermeture des vannes d'extraction du biogaz à l'origine de la montée en pression des dômes et de l'ouverture des soupapes.  Le personnel de quart a relancé rapidement les installations et ainsi limiter le rejet.	1 - Acquiescement des défauts en supervision	1 - A partir de l'analyse des courbes de conduite, une anomalie est apparue, à savoir : - Le fin de course de fermeture d'une vanne ne s'est pas activé. Des lors, il peut s'agir de la vanne qui n'est en réalité pas totalement fermée ou d'une avarie sur le fin de course. Dans tout les cas, des essais complémentaires (mécaniques et électriques) sont à mener.  2 - L'analyse des courbes historiques de mesure CH4 aux cheminées des soupapes des 2 digesteurs montrent que: - Le capteur A du digesteur 1 n'a rien mesuré (contre 23% pour le capteur A du digesteur 2) - Le capteur B du digesteur 1 a mesuré 6% (contre 27% pour le capteur B du digesteur 2) Ces valeurs sont de manière générale anormalement faibles. Un contrôle visuel sur place révèle que les capteurs sont positionnés trop loin voir en dessous de la source d'émission de gaz (sortie cheminée).	0		1 - Mettre en place un carénage de protection sur le bouton d'arrêt d'urgence. Etudier la généralisation de cette protection.  2 - Remplacer le bouton poussoir existant par un modèle avec réarmement par clé.  3 - Mettre en place un affichage pour signaler l'arrêt d'urgence et sa fonction.  4 - Information en 1/4h sécurité: Visualiser lors des visites préalables de chantier le risque de déclenchement accidentel d'arrêt d'urgence lors de travaux à proximité. L'intégrer dans le plan de prévention.  5 - Mettre en place, sur les écrans de contrôle, l'apparition d'un pavé d'information masquant la vue de conduite et à acquiescement depuis la supervision. Etudier la généralisation de ce pavé à tout les coup de poing d'arrêt d'urgence.  6 - Diagnostiquer le défaut du fin de course de fermeture de la vanne d'isolement du dôme du digesteur  7 - Etablir un permis de modification : Déplacer la détection CH4 au niveau des soupapes des digesteurs	1 - Etre vigilant sur la position physique de la détection CH4 au niveau des cheminées des soupapes des digesteurs à l'air libre surtout quand ces capteurs interviennent dans une chaîne de sécurité.  2 - S'assurer de garantir la maintenabilité des capteurs en hauteur à l'aide d'une structure télescopique ou démontage.  3 - Préciser au constructeur l'ajout d'un tube téflon pour la testabilité de la cellule en hauteur  4 - Complexité de l'interface Homme / Machine globale (voir REX précédent)	
10	Fuite de biogaz à l'atmosphère au niveau d'une canne de brassage de digesteur	Ronde	Digesteur	Canne de brassage	Emission de biogaz	Lors de la ronde, constat d'une légère fuite de biogaz à l'atmosphère par canne de brassage du digesteur.	Fermeture des deux vannes sur la ligne d'alimentation de la canne de brassage	Analyse à mener		0			
10	Fuite biogaz à l'atmosphère au niveau d'un raccord fileté	Fonctionnement normal	Torchère	Tuyauterie - raccord	Emission de biogaz	Lors d'une visite à proximité de la torchère, le personnel entend une fuite au niveau d'un raccord au niveau du piquage alimentant la conduite d'allumage des brûleurs	Consignation hydraulique en amont de la fuite	1 - Etanchéité défaillante car absence de téflon sur un raccord fileté  2 - Raccord inadapté et non préconisé par l'INERIS		0		1 - Ajout de téflon et serrage du raccord  2 - Inspection de tous les raccords filetés sur la ligne biogaz de l'installation avec un produit de détection de fuite (test d'étanchéité mille bulles)	Utiliser des raccords soudés ou par brides sur du biogaz
11	Détérioration du réfractaire de la Torchère n°2	Fonctionnement normal	Torchère	Brique réfractaire	Dégradation matérielle	Constat d'une quantité importante de fragments de brique réfractaire en pied de torchère.		Analyse à mener		0	Réfractaire		
11	Problème pression air pilote vannes de sécurité réseau biogaz	Fonctionnement normal	Réseau biogaz	Utilités - Air instrumentation	Emission de biogaz	Constat d'une pression d'air presque insuffisante pour maintenir ouverte, en service, les vannes de sécurité du process biogaz. Possible fermeture intempestive des ces vannes monostables normalement fermées (NF) et par la même, rejet atmosphérique de biogaz par les soupapes des dômes digesteurs.		Analyse à mener		0			Prévoir le dimensionnement suffisant de l'installation d'air process.

**ANNEXE 9**

**Sources des références bibliographiques  
indiquées dans le tableau 8**

Réf.	Source
[1]	<a href="http://bio-erf-nee.nl/attachments/File/Unfall_in_der_Biogasanlage2005.pdf">http://bio-erf-nee.nl/attachments/File/Unfall_in_der_Biogasanlage2005.pdf</a>
[2]	<a href="http://www.das-ib.de/mitteilungen/Paper_Stachowitz_Entfellner_MBA_Goe.pdf">http://www.das-ib.de/mitteilungen/Paper_Stachowitz_Entfellner_MBA_Goe.pdf</a>
[3]	<a href="http://www.feuerwehr-riedlingen.de/einsatz/2007/e_07_91/e_07_91.htm">http://www.feuerwehr-riedlingen.de/einsatz/2007/e_07_91/e_07_91.htm</a>
[4]	<a href="http://www.feuerwehr-soemmerda.de/node/245">http://www.feuerwehr-soemmerda.de/node/245</a>
[5]	<a href="http://www.feuerwehrleutkirch.de/">http://www.feuerwehrleutkirch.de/</a>
[6]	<a href="http://www.das-ib.de/mitteilungen/BGA_Schaden_SAZA_Grosskayna_Saalekreis.pdf">http://www.das-ib.de/mitteilungen/BGA_Schaden_SAZA_Grosskayna_Saalekreis.pdf</a>
[7]	<a href="http://www.nwzonline.de/Region/Kreis/Friesland/Jever/Artikel/2309131/Jever++Brand+besch%E4digt+Biogas-Anlage.html">http://www.nwzonline.de/Region/Kreis/Friesland/Jever/Artikel/2309131/Jever++Brand+besch%E4digt+Biogas-Anlage.html</a>
[8]	<a href="http://www.feuerwehr.de/einsatz/berichte/">http://www.feuerwehr.de/einsatz/berichte/</a>
[9]	<a href="http://www.florian-ammerland.de/fa/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=590&amp;Itemid=122">http://www.florian-ammerland.de/fa/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=590&amp;Itemid=122</a>
[10]	<a href="http://www.bk-media.de/index.php?con=Thema&amp;ID=770&amp;tab=tab1">http://www.bk-media.de/index.php?con=Thema&amp;ID=770&amp;tab=tab1</a>
[11]	<a href="http://www.rosenheim24.de/news/specials/tipps/feuer-biogasanlage-oberschweibern-extra-innsalzach24-853410.html">http://www.rosenheim24.de/news/specials/tipps/feuer-biogasanlage-oberschweibern-extra-innsalzach24-853410.html</a>
[12]	<a href="http://www.regiotrends.de/de/polizeiberichte/index.news.117463.html">http://www.regiotrends.de/de/polizeiberichte/index.news.117463.html</a>
[13]	<a href="http://www.sueddeutsche.de/muenchen/erding/eichenried-explosion-in-biogasanlage-1.1004029">http://www.sueddeutsche.de/muenchen/erding/eichenried-explosion-in-biogasanlage-1.1004029</a>
[14]	<a href="http://www.ffwbw.de/100929-1.html">http://www.ffwbw.de/100929-1.html</a>

Réf.	Source
[15]	<a href="http://www.rosenheim24.de/news/rosenheim/polizei/brand-einer-biogasanlage-inoberwertach-rosenheim24-989671.html">http://www.rosenheim24.de/news/rosenheim/polizei/brand-einer-biogasanlage-inoberwertach-rosenheim24-989671.html</a>
[16]	<a href="http://feuerwehrosthheim.de/news/news.php?tsnews4=weiterlesen&amp;newsid=256">http://feuerwehrosthheim.de/news/news.php?tsnews4=weiterlesen&amp;newsid=256</a>
[17]	<a href="http://www.nwzonline.de/Region/Artikel/2528133/Brand-in-Biogasanlage-bei-Wildeshausen.html">http://www.nwzonline.de/Region/Artikel/2528133/Brand-in-Biogasanlage-bei-Wildeshausen.html</a>
[18]	<a href="http://www.internetwache.brandenburg.de/sixcms/detail.php?id=10505894">http://www.internetwache.brandenburg.de/sixcms/detail.php?id=10505894</a>
[19]	<a href="http://www.einsatzinfo112.de/berichte/gefahrlche-situation-flammen-schlagen-aus-biogasanlage/">http://www.einsatzinfo112.de/berichte/gefahrlche-situation-flammen-schlagen-aus-biogasanlage/</a>
[20]	<a href="http://www.selfkant-online.de/component/content/article/1707-brand-in-gangelt.html">http://www.selfkant-online.de/component/content/article/1707-brand-in-gangelt.html</a>
[21]	<a href="http://www.lr-online.de/regionen/Brand-im-Trockner-des-Biogasparkes-Lauchhammer;art96088,3237279">http://www.lr-online.de/regionen/Brand-im-Trockner-des-Biogasparkes-Lauchhammer;art96088,3237279</a>
[22]	<a href="http://www.ff-berngau-tyr.de/hp/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=80&amp;Itemid=2">http://www.ff-berngau-tyr.de/hp/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=80&amp;Itemid=2</a>
[23]	<a href="http://www.ad-hoc-news.de/nach-brand-in-biogasanlage-ursache-weiter-unklar-/de/News/21996918">http://www.ad-hoc-news.de/nach-brand-in-biogasanlage-ursache-weiter-unklar-/de/News/21996918</a>
[24]	<a href="http://ff-loquard-rysum.de/tl/004.htm">http://ff-loquard-rysum.de/tl/004.htm</a>
[25]	<a href="http://www.ad-hoc-news.de/polizeiinspektion-lueneburg-pol-lg-brand-bei-/de/News/22061189">http://www.ad-hoc-news.de/polizeiinspektion-lueneburg-pol-lg-brand-bei-/de/News/22061189</a>
[26]	<a href="http://www.feuerwehr-seeth.de/index.php?option=com_content&amp;view=category&amp;layout=blog&amp;id=36&amp;Itemid=59&amp;limitstart=5">http://www.feuerwehr-seeth.de/index.php?option=com_content&amp;view=category&amp;layout=blog&amp;id=36&amp;Itemid=59&amp;limitstart=5</a>
[27]	<a href="http://www.feuerwehr-guestrow.de/ffw-aktuell/einsaetze/einsaetze-2011/11juni2011.php">http://www.feuerwehr-guestrow.de/ffw-aktuell/einsaetze/einsaetze-2011/11juni2011.php</a>
[28]	<a href="http://www.new-facts.eu/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=686:erkheim-brand-in-biogasanlage-schnell-unter-kontrolle&amp;catid=3:feuerwehr&amp;Itemid=18">http://www.new-facts.eu/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=686:erkheim-brand-in-biogasanlage-schnell-unter-kontrolle&amp;catid=3:feuerwehr&amp;Itemid=18</a>
[29]	<a href="http://www.lr-online.de/regionen/senftenberg/Explosion-in-Biogasanlage-in-Lauchhammer;art1054,3433865">http://www.lr-online.de/regionen/senftenberg/Explosion-in-Biogasanlage-in-Lauchhammer;art1054,3433865</a>
[30]	<a href="https://www.nwz-online.de/Region/Artikel/2658574/Eggeloge-Arbeiter-von-Gasflamme-schwer-verletzt.html">https://www.nwz-online.de/Region/Artikel/2658574/Eggeloge-Arbeiter-von-Gasflamme-schwer-verletzt.html</a>

Réf.	Source
[31]	<a href="http://www.stadt-dassel.de/staticsite/staticsite.php?menuid=29&amp;topmenu=29">http://www.stadt-dassel.de/staticsite/staticsite.php?menuid=29&amp;topmenu=29</a>
[32]	<a href="http://www.abendblatt.de/region/lueneburg/article2026187/Brand-verursacht-eine-Viertel-Million-Euro-Sachschaden.html">http://www.abendblatt.de/region/lueneburg/article2026187/Brand-verursacht-eine-Viertel-Million-Euro-Sachschaden.html</a>
[33]	<a href="http://www.lsv.de/hrs/03unfallverhuetung/05Tipps_zur_Pr_vention/03Explosion.pdf">http://www.lsv.de/hrs/03unfallverhuetung/05Tipps_zur_Pr_vention/03Explosion.pdf</a>

## **ANNEXE 10**

### **Photographies illustrant certains accidents du tableau 8**

### **Photographies de dommages sur des équipements d'installations de méthanisation**



Figure 5 : 03/2005 Déflagration d'un bâtiment d'exploitation Réf. : [33]



Figure 6 : 17/01/2006 avarie à Deiderode Réf. [2]



Figure 7 : 16/12/2007 L'installation à Daugendorf suite à une déflagration Réf. [3]



Figure 8 : L'installation à Daugendorf suite à une déflagration Réf. [3]



*Figure 9 : Feux dans le local technique d'une installation à Leutkirch Réf. [5]*



*Figure 10 : 15/03/2010 Déflagration à Großkayna Réf. [6]*



*Figure11 : 15/03/2010 Incendie à Nordstetten / Villingen Réf. [12]*



Figure 12 : 24/09/2010 Déflagration à Eichenried Réf. [13]



Figure 13 : 06/12/2010 Déflagration et incendie à Nidderau-Ostheim Réf. [16]



Figure 14 : 28/02/2011 Incendie de sécheur à Lauchhammer Réf. [21]



Figure 15 : 11/06/2011 Incendie du filtre à Güstrow Réf. [27]



*Figure 16 : 20/07/2011 Incendie à Erkheim Réf. [28]*



Figure 17 :25/07/2011 Fermenteur après déflagration à Lauchhammer Réf. [29]



Figure 18 : 14/09/2011 Incendie d'un sécheur à Schnega Réf. [32]



*Figure 19 : Tuyauterie déformée à cause d'un mauvais dimensionnement*



*Figure 20 : Vis sans fin brisée*



*Figure 21 : Agitateur submersible corrodé*



*Figure 22 : Arbre cassé d'un agitateur*



*Figure 23 : Réservoir de méthane défoncé*

## **ANNEXE 11**

**Avis technique « Sécurité dans les installations de biogaz » de la commission pour la sécurité des installations auprès du Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sécurité nucléaire**

# KAS

---

## COMMISSION POUR LA SECURITE DES INSTALLATIONS

(traduction française réalisée par INERIS)

Après du Ministère fédéral de l'environnement, de la protection de la nature et de la sécurité nucléaire.

### Rapport technique

### Sécurité dans les installations de valorisation du biogaz

Elaborée par :

Le Comité d'Evaluation des Evènements (AS-ER),

Le Comité Rapports d'expérience (AS-EB)

Traduction effectuée par l'INERIS en Octobre 2011.

### KAS-12

---

# **Comité d'Evaluation des Evènements (AS-ER)**

## **Comité Rapports d'expérience (AS-EB)**

de la Commission de la Sécurité des Installations (KAS)

### Rapport technique

Sécurité dans les installations de valorisation du biogaz

adopté au mois de juin 2009 par la KAS

**KAS-12**

La Commission de sécurité des installations (KAS) est un comité constitué au sein du Ministère fédéral de l'environnement, de la protection de la nature et de la sécurité nucléaire selon l'art. 51a de la loi fédérale sur la protection contre les immissions.

Elle a son bureau au sein de la société GFI Umwelt-Gesellschaft für Infrastruktur und Umwelt mbH à Bonn (Allemagne).

---

**Remarque :**

Cette fiche technique a été élaborée avec le plus grand soin. Toutefois, l'auteur et le donneur d'ordre déclinent toute responsabilité quant à l'exactitude des informations, recommandations et conseils donnés et à d'éventuelles fautes d'impression. C'est pourquoi les éventuelles conséquences de son application ne pourront pas donner lieu à des actions envers l'auteur et/ou le donneur d'ordre.

La reproduction de cette fiche technique à des fins non commerciales est autorisée. Le donneur d'ordre et l'auteur déclinent toute responsabilité quant à des erreurs liées à la reproduction ou à des copies.

# **SOMMAIRE**

## **1 Introduction**

## **2 Domaine d'application**

## **3 Principes de base**

### **3.1 Produits utilisés et de la réaction, propriétés dangereuses**

### **3.2 Exigences essentielles des textes réglementaires**

### **3.3 Défaillances et défauts constatés**

## **4 Défaillances / origine des anomalies et mesures correctives**

Annexe 1 Rapports d'évènements

Annexe 2 Lois, décrets et réglementations essentiels

Annexe 3 : Références

Annexe 4 : Bibliographie

## **1. 1 INTRODUCTION**

La Commission de sécurité des installations (KAS) a recensé, suite aux travaux menés par le comité d'Evaluation des Evènements (AS-ER) et le Comité Rapports d'expérience (AS-EB), que les installations de valorisation du biogaz présentent souvent des défaillances au niveau de la conception, de la construction et du fonctionnement. Ceci est attesté par la multiplication d'annonces d'évènements et de défauts constatés dans les rapports d'expérience des experts.

Cette fiche technique porte sur les principaux risques liés au fonctionnement des installations de valorisation du biogaz et donne, dans les annexes 1 et 2, un aperçu des sources de connaissance du retour d'expérience et des textes règlementaires disponibles.

Cet aperçu ne se veut pas exhaustif. A titre d'illustration, il donne :

- ✓ une sélection des anomalies constatées du point de vue de leur gravité et de leur fréquence,
- ✓ des exemples significatifs d'évènements sur le terrain.

Cette fiche technique s'adresse aux exploitants et concepteurs des installations de valorisation du biogaz, ainsi qu'aux surveillants, aux intervenants et aux experts. Elle permet de se familiariser avec le sujet de la « sécurité des installations de valorisation du biogaz » sous forme synthétique et générale et, en particulier, de sensibiliser aux problèmes sécuritaires créés par ces installations, les exemples mentionnés ne se voulant pas exhaustifs ni contraignants. Les exigences concernant la construction et le fonctionnement de telles installations sont indiquées dans les textes règlementaires, fils directeurs et manuels correspondants (ex. des Länder, des fédérations et des caisses professionnelles).

## 2 Domaine d'application

Les installations de valorisation du biogaz sont de plus en plus utilisées comme source énergétique. On distingue, en gros, les installations qui produisent du biogaz à partir de

- ✓ matières premières renouvelables,
- ✓ déchets biologiques provenant de l'agriculture,
- ✓ déchets pour le traitement biologique à l'échelle industrielle.

La conception, la construction, le fonctionnement et l'entretien des installations de valorisation du biogaz et d'installations annexes sont déterminés par les matières premières et manipulées et par les paramètres de conduite du procédé. Délimiter les installations est fastidieux en raison de leur complexité et de la multitude de variantes ; cette fiche technique ne le fait que globalement. Elle n'aborde pas les détails de leur configuration, mais se limite à présenter globalement les principaux risques (voir introduction).

## 3 Principes de base

### 3.1 *PRODUITS UTILISES ET PRODUITS DE LA REACTION, PROPRIETES DANGEREUSES*

Ces dernières années, le biogaz est devenu une source importante d'énergie régénératrice. Il s'agit d'un gaz produit par voie biotechnique qui se forme lors de la décomposition de différentes biomasses dans un environnement pauvre en oxygène.

Sa composition dépend des matières de départ et du processus de production. La composition typique du biogaz est la suivante :

- ✓ Méthane (45 % en vol. à 75 % en vol.),
- ✓ Dioxyde de carbone (25 % en vol. à 55 % en vol.),
- ✓ Vapeur d'eau (0 % en vol. à 12 % en vol.),
- ✓ Azote (0 % en vol. à 5 % en vol.),
- ✓ Oxygène (0 % en vol. à 2 % en vol.),

- ✓ Hydrogène sulfuré (0 % en vol. à 0,5 % en vol.),
- ✓ Traces d'ammoniac, hydrogène et hydrocarbures supérieurs.

Comme le montre sa composition, le biogaz, malgré la particule « bio », qui lui confère un caractère « positif », est un gaz aux propriétés dangereuses dont il faut tenir compte pour qu'une installation de valorisation du biogaz fonctionne en toute sécurité.

Le **méthane** est un gaz inflammable qui peut former une atmosphère explosible (ATEX) lorsqu'il est mélangé à l'air. Le domaine d'explosivité est compris entre 4,4 % en vol. et 17,0 % en vol. de méthane dans l'air. Par conséquent, il convient de respecter les exigences en matière de protection contre les explosions (ex. l'identification des zones de protection dans l'installation, l'usage de moyens d'exploitation homologués pour la zone concernée, l'établissement d'un document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE). Le biogaz étant essentiellement un mélange de méthane et de dioxyde de carbone, le domaine d'explosivité varie en fonction de sa composition. Les illustrations ci-dessous représentent le domaine d'explosivité d'un biogaz sous forme de diagramme triangulaire (ex : il indique les limites d'explosion d'un mélange à 70/30 de méthane et de CO<sub>2</sub>) ainsi que la courbe de la limite d'explosion inférieure et supérieure à la pression atmosphérique en fonction de la fraction de méthane.

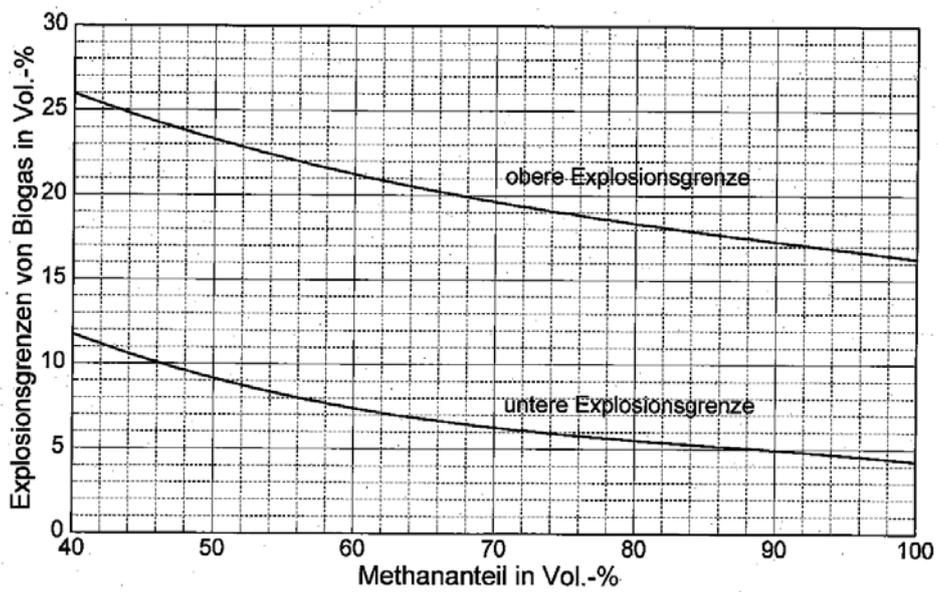
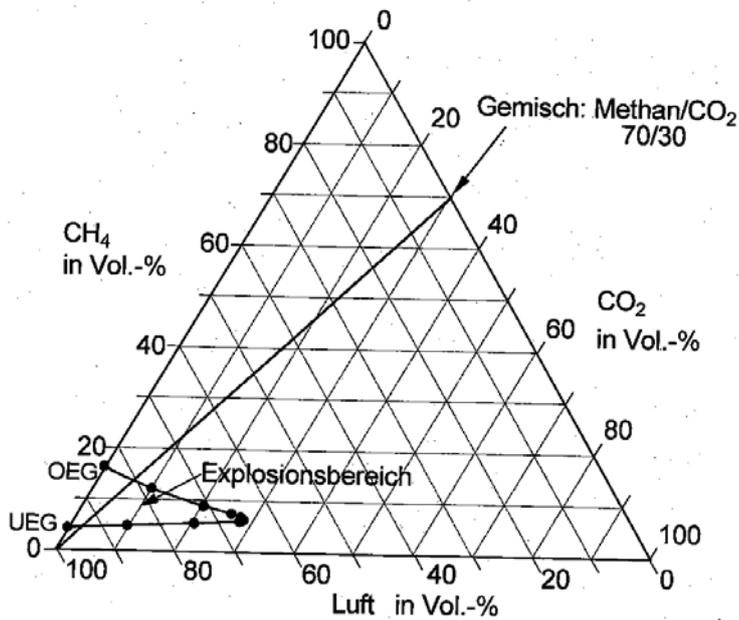


Schéma 1 : Diagramme ternaire d'explosivité du biogaz

Ce lien de cause à effet est essentiel pour déterminer

- ✓ dans quelles zones d'une installation de valorisation du biogaz, l'apparition d'une atmosphère explosible est probable
- ✓ les répercussions d'éventuelles anomalies et
- ✓ quelles mesures de protection conviennent.

Lorsque, dans les installations de valorisation du biogaz, contrairement à la mise en œuvre exclusive de matières premières renouvelables, on utilise des biodéchets ou des produits annexes d'origine animale (ex : déchets protéiques provenant d'abattoirs, lisier / fumier solide, gâteaux de colza, résidus de la production de levure), on sait par expérience que la possibilité de formation d'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) est renforcée. C'est en particulier le cas lors de la mise en place du substrat (préfosse, mélangeur, etc.) ainsi que lors du stockage des matières utilisées ou des résidus de fermentation. L'addition d'éléments acides peut provoquer la formation d'une quantité dangereuse d'hydrogène sulfuré à la suite de réactions chimiques (ex : réactions acide/base). C'est pourquoi, pour les exploitants d'installations de valorisation du biogaz, il est important de connaître le type et la composition des matières utilisées ainsi que le pH afin d'évaluer les risques potentiels et déterminer les mesures de protection correspondantes.

**L'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ )** est également un gaz combustible (hautement inflammable). La limite inférieure d'explosibilité est de 4,3 % en vol., la limite supérieure d'explosibilité est de 45,5 % en vol. d' $H_2S$  dans l'air. Mais il convient de noter tout particulièrement la toxicité de ce gaz. Le  $H_2S$  produit une odeur typique d'œufs pourris dès les plus faibles concentrations (à partir de 0,02 ppm, ce qui correspond à  $ml/m^3$ ). L'odorat est endormi à partir de 100 ppm environ, les concentrations supérieures dangereuses ne sont alors plus perçues. Des concentrations inférieures à 100 ppm peuvent entraîner des symptômes d'empoisonnement mortels lors de l'inhalation pendant plusieurs heures. Avec une valeur d'environ 500 ppm, ces symptômes apparaissent déjà au bout de 30 minutes, à 5 000 ppm, ce gaz provoque la mort au bout de quelques secondes seulement (mort provoquée par des troubles de la respiration, des crampes et l'inconscience). A titre de comparaison, ajoutons que la concentration maxi sur le lieu de travail ne doit pas dépasser 5 ppm [1].

Le biogaz, en fonction de sa composition, doit être classé conformément à la directive de préparation 1999/45/CE (ex : en tant que préparation toxique (T ; R23), dans la mesure où la teneur en hydrogène sulfuré est comprise entre 0,2 et 1 % en vol.

A l'aide des quantités et des propriétés matière, il convient de vérifier si le décret sur les accidents majeurs doit être appliqué.

Pour être complet, il convient de remarquer encore que les autres composants du biogaz, le **dioxyde de carbone** et l'**azote**, sont des gaz asphyxiants.

Les répercussions / risques principaux sont ainsi les suivants :

- Danger de mort et risque la santé par asphyxie ou empoisonnement, par exemple par inhalation de dioxyde de carbone ou d'hydrogène sulfuré dans les puits et les cuves. Ces deux gaz sont plus lourds que l'air,
- En fonction de sa composition, le biogaz peut se comporter comme un gaz léger, un gaz lourd ou de façon neutre,
- Explosion / déflagration du fait de mélanges biogaz/air explosibles (inflammables),
- Apparition de feux,
- Corrosion due à des constituants gazeux agressifs tels que l'ammoniac ou l'hydrogène sulfuré,
- Mise en danger de l'eau par des constituants liquides (pollution de l'environnement),
- Pollutions de l'air par des émissions gazeuses (cogénération, diffusion de méthane).

La détermination et l'évaluation de ces risques dans le cadre d'une évaluation des risques (conformément à la loi sur la protection du travail, le décret sur les matières dangereuses, les biomatières et la sécurité d'exploitation) et la fixation de mesures de protection correspondantes sont des piliers essentiels d'une exploitation sûre de ces installations. Ceci s'applique non seulement au fonctionnement normal (y compris le démarrage et l'arrêt), mais aussi aux opérations de maintenance et de réparation ainsi qu'à la sélection des matériaux du point de vue de la résistance mécanique, chimique et thermique. Il faut donc veiller à prévenir la corrosion électrochimique, par exemple en ce qui concerne les assemblages de divers matériaux (canalisations, brides...).

**D'une manière générale, il convient de veiller à ce que la constitution et le fonctionnement de ces installations de valorisation du biogaz soient conformes à l'état de la technique et à prévenir la libération de gaz dangereux dans l'environnement.**

### **3.2 EXIGENCES ESSENTIELLES DES TEXTES REGLEMENTAIRES**

C'est des différents textes règlementaires dans les différents domaines juridiques, tels que

- le droit sur la sécurité du travail (en particulier le décret sur la sécurité de fonctionnement),
- le droit de la construction,
- la législation sur les produits chimiques (en particulier le décret sur les matières dangereuses),
- la législation sur la sécurité des appareils et des produits,
- la législation sur la protection contre les émissions,
- la législation en matière de déchets,
- la législation sur l'eau (protection de l'eau),

que découlent les exigences qui doivent être appliquées aux installations de valorisation du biogaz. Des textes règlementaires juridiques et techniques essentiels sont mentionnés en annexe 2.

### **3.3 DEFAILLANCES ET DEFAUTS CONSTATES**

Des anomalies importantes ont été constatées [2] sur la majorité (environ 80 %) des installations de valorisation du biogaz vérifiées par des experts conformément à l'art. 29a de la loi BImSchG (loi sur la protection contre les effets environnementaux nocifs par la pollution de l'air, bruits, vibrations et phénomènes similaires).

**Les points faibles les plus fréquents se trouvaient dans le domaine de la protection contre les explosions de gaz et de la conception des composants, d'autres axes essentiels étaient des anomalies dans la configuration des issues de secours.**

Dans le détail, les anomalies mentionnées sont notamment les suivantes :

**Anomalies techniques :**

- Défaut de configuration de différents composants, essais de résistance des tuyauteries et des membranes d'accumulateurs de gaz insuffisants, joints défectueux, sécurités anti-surpression insuffisantes, sécurités anti-retours de flamme inadaptées.
- Pas d'alimentation indépendante en courant de secours du secteur des chaînes de sécurité, des affichages de service, des dispositifs de surveillance, des alarmes et du système d'établissement de journaux.
- Les dispositifs de réglage et de limitation ne sont pas séparés en ce qui concerne les capteurs, le traitement des signaux et les actionneurs.
- Pas de système d'arrêt d'urgence.
- Pas de torchères de secours ou torchères de secours mal positionnées.
- Utilisation de matières inappropriées pour lesquelles l'installation n'est pas conçue (ex : déchets aux propriétés dangereuses).
- Pas de parafoudre et liaison équipotentielle défectueuse.
- Equipement incomplet ou absent des installations en moyens électriques adaptés en zone ATEX et absence de contrôles.
- Etanchéité insuffisante aux gaz entre les zones ex et les zones non Ex.
- Pas de mesure de protection contre les explosions au niveau de la préfosse.
- Pas de dispositif de détection de gaz ou dispositifs défectueux.

**Défauts d'organisation :**

- Répartition des zones ATEX insuffisante / non conforme et/ou non documentée.
- Non-respect de la distance de protection nécessaire entre l'accumulateur de gaz et la valorisation thermique en montage-bloc avec chauffage à distance (BHKW)).
- Pas de classement des équipements de contrôle des processus industriels conformément au VDI / VDE 2180, diagramme origine / action (matrice fonctionnelle des équipements de contrôle des processus industriels).
- Les installations à courant fort ainsi que les lignes électriques des systèmes ne sont pas séparées physiquement ou au moins séparées des équipements de contrôle des processus industriels à l'abri des arcs lumineux.

- L'analyse des risques rudimentaire effectuée par des chefs de projet.
- Protection incendie insuffisante (distances insuffisantes, détecteurs incendie en panne).
- Alimentation en eau d'extinction insuffisante.
- Formation des opérateurs insuffisante.
- Pas de panneaux d'avertissement et d'information.
- Les anomalies relevant de la sécurité ne sont pas transmises à un service dédié à la sécurité.

Anomalies / recommandations concernant la documentation :

- Preuves incomplètes ou absentes au sujet de l'installation de ventilation (valorisation thermique en montage-bloc avec chauffage à distance).
- Etat de contrôle et de maintenance non documenté.
- Pas de contrôles de l'étanchéité et/ou de preuves correspondantes.
- Pas de preuves de l'aptitude et du contrôle des composants de l'installation de valorisation du biogaz.
- Pas de plan d'intervention des pompiers ou plan non approuvé par l'administration compétente.
- Documentation de l'installation de valorisation du biogaz insuffisante / non à jour (manuels et/ou instructions de fonctionnement, justificatifs et attestations concernant les composants de l'installation).

#### **4 DEFAILLANCES / ORIGINE DES ANOMALIES ET MESURES CORRECTIVES**

Les défaillances / origines des anomalies et les mesures / recommandations contenus dans le tableau ci-dessous résultent des analyses des rapports d'expérience des experts aux termes de l'art. 29a de la loi BImSchG. Les exemples de mesures proposés s'appuient sur la technologie utilisée par les installations contrôlées et reflètent les constatations / observations des experts. Ils ne peuvent pas être transposés tels quels à toutes les alternatives d'installations et de procédés. Cette comparaison doit être uniquement considérée comme un exemple de récapitulation non contraignant. Son but est essentiellement de sensibiliser sur la question suivante : « A quoi doit-on faire attention, quelles sont les erreurs les plus fréquentes ? »

<b>Fermenteurs</b>	
<b>Défaillances / Origines des anomalies</b>	<b>Mesures / recommandations</b>
Utilisation de moyens électriques inadaptés (ex : borniers, pressostats, indicateurs de niveau, lampe à main pour l'éclairage des regards.	Remplacer les appareils d'une zone antidéflagrante par des appareils certifiés selon la directive 94/9/CE (et/ou conformément au 11 <sup>ème</sup> décret GPSGV [décret sur la protection contre les explosions]) ou les utiliser dans des circuits électriques à sécurité intrinsèque (nécessité d'un amplificateur séparateur aux termes de la directive 94/9/CE).
Pour mesurer le niveau de remplissage, les capteurs de pression utilisés ne conviennent souvent pas pour la zone identifiée et ne se déconnectent pas lorsque le niveau baisse.	Les capteurs non homologués pour la zone antidéflagrante correspondante mais installés sous le niveau de liquide doivent se déconnecter, par exemple à l'aide d'interrupteurs flottants, lors du vidage du fermenteur ou lorsque le niveau de remplissage baisse afin d'éviter tout risque d'explosion. Il en est de même pour l'utilisation de moteurs submersibles non antidéflagrants pour les agitateurs.
Structure porteuse insuffisante.	Veiller à ce que la statique soit suffisante, le cas échéant faire vérifier la statique par un organisme indépendant (voir également les événements correspondants en annexe 1).

<b>Centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance / Salle des machines / Dispositif de détection de gaz</b>	
<b>Défaillances / Origines des anomalies</b>	<b>Mesures / recommandations</b>
Pas de justificatifs sur les dispositifs de ventilation	Veiller à ce que la documentation soit complète dès la construction de l'installation
Dans certains cas, le local où est installée la centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance n'est pas équipé d'un dispositif de détection de gaz.	<p>Installer un dispositif de détection de gaz qui déclenche une alarme en cas de dépassement d'une valeur de seuil inférieure à 20 % de la LIE, ainsi qu'une ventilation mécanique avec un remplacement d'au moins 5 fois le volume d'air. En cas de dépassement d'une valeur de seuil supérieure à 40 % de la LSE, l'arrivée d'air au local des moteurs à gaz doit être automatiquement coupée grâce à un dispositif d'arrêt situé à l'extérieur de ce local, l'aération mécanique doit être maintenue.</p> <p>Installer uniquement des dispositifs de détection de gaz qui bénéficient d'une déclaration de conformité, qui conviennent pour cette application (ex : homologués pour la zone 2), qui continuent également à fonctionner en cas de panne de courant (ex : branchement à un groupe électrogène) et dont la fiabilité correspond à la protection demandée.</p> <p>Equiper le dispositif de détection de gaz d'une alarme visuelle et sonore (voyants lumineux et avertisseur sonore) à l'extérieur du local</p> <p>Entretien et calibrer les dispositifs de détection de gaz régulièrement.</p> <p>Alternativement, installer une surveillance fiable d'une ventilation et aération techniques permanentes.</p>
Les capteurs du dispositif de détection de gaz sont souvent installés au mauvais endroit.	Installer les capteurs à proximité des endroits susceptibles de fuir. Cependant, ils ne doivent pas se trouver dans le courant d'air direct du dispositif de ventilation car ils empêcheraient alors l'alarme principale de fonctionner.
Les systèmes de détection de gaz utilisés ainsi que les protections antiretour de flammes et la soufflerie à gaz ne disposent souvent pas d'une déclaration de conformité qui atteste d'une aptitude au sens de la directive 94/9/CE.	Les appareils situés dans les zones ATEX doivent être certifiés conformément à la directive 94/9/CE ou bien il faut prendre d'autres mesures afin qu'ils ne deviennent pas eux-mêmes des sources d'inflammation actives (ex : circuits électriques à sécurité intrinsèque).
Dans certains cas, les capteurs installés devant les moteurs à gaz et/ou les pressostats à l'entrée des lignes de gaz, ne conviennent pas pour la zone 2 aux termes de la directive 94/9/CE.	
Les pièces qui deviennent très chaudes sont trop près des parties combustibles du bâtiment.	Respecter une distance minimale lors de l'installation de pièces devenant très chaudes au niveau des parties combustibles du bâtiment (tuyaux d'échappement sur / en dessous des plafonds en bois ou des poutres), le cas échéant prévoir un écran thermique.

<b>Centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance / Salle des machines / Dispositif de détection de gaz</b>	
<b>Défaillances / Origines des anomalies</b>	<b>Mesures / recommandations</b>
La protection contre les explosions n'est souvent pas garantie en liaison avec les compresseurs de gaz d'échappement.	En ce qui concerne la centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance, veiller à utiliser uniquement des compresseurs de gaz d'échappement adaptés.
Pas de détecteurs d'incendie automatiques.	Installer des détecteurs d'incendie automatiques.
Liaison équipotentielle incomplète.	Compléter la liaison équipotentielle en conformité avec les prescriptions en vigueur en matière d'électrotechnique.
Dans certains cas, pas d'obturation étanche aux gaz des traversées entre la salle des organes mécaniques et la salle des installations de distribution (concept de protection contre les explosions).	Il est obligatoire d'empêcher la pénétration de biogaz dans la salle des installations de distribution. Toutes les traversées vers ou depuis les locaux renfermant des parties de la centrale en contact avec du biogaz doivent être étanches aux gaz.
<b>Torchère</b>	
Absence fréquente de torchères de secours	En cas de panne de la centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance, assurer l'élimination (combustion) du biogaz produit au moyen d'une torchère. La torchère doit aussi être opérationnelle en cas de panne énergétique (flamme d'appoint, alimentation en courant de secours).
Dans de nombreux cas pas de documentation pour les torchères de secours.	Veiller à ce que la documentation soit complète dès la construction de la centrale.
Dans certains cas, les manostats ne conviennent pas pour la zone 2 (intérieur de la tuyauterie).	Les manostats à l'intérieur de la tuyauterie doivent être certifiés (en présence d'une zone) conformément à la directive 94/9/CE ou doivent fonctionner dans des circuits électriques à sécurité intrinsèque (nécessité d'un amplificateur séparateur certifié selon la directive 94/9/CE).
Les sécurités antiretour de flamme installées dans la conduite de gaz vers le brûleur sont souvent inadaptées (résistantes aux retours de flamme) en cas d'incendie sur le dispositif antiretour de flamme (incendie de courte durée ou durable).	Prouver qu'un incendie sur le dispositif antiretour de flamme dans la conduite de gaz vers le brûleur ne peut avoir lieu ou que le dispositif antiretour de flamme est conçu en conséquence. Remettre à l'exploitant de l'installation de valorisation du biogaz la déclaration de conformité selon la directive 94/9/CE et les instructions de fonctionnement et de maintenance pour la sécurité antiretour de flamme.
<b>Stockage des boues / du substrat</b>	
Les mesures anti-déflagration ne sont souvent pas prises en compte au niveau de la préfosse	Etudier le risque d'explosion au niveau de la préfosse et tenir compte des mesures qui en résultent (identification des zones ATEX).
Sortie de gaz toxiques (H <sub>2</sub> S) par le couvercle de la fosse qui est ouvert.	Dans ce cas précis, tenir la fosse fermée.
La fosse à boues n'est pas étanche aux gaz.	Si les fosses à boues ne peuvent pas être étanches aux gaz, éliminer les gaz sans risque avec une aération sécurisée.

<b>Centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance / Salle des machines / Dispositif de détection de gaz</b>	
<b>Défaillances / Origines des anomalies</b>	<b>Mesures / recommandations</b>
<b>Analyseur de biogaz</b>	
Les analyseurs de biogaz, reliés à l'intérieur du système à gaz par la conduite de prélèvement d'échantillons, peuvent se transformer, en tant qu'appareils électriques, en source d'inflammation. Dans certains cas, pas de preuve que le système peut être exclu comme source d'ignition au sens de la directive 94/9/CE, en particulier au niveau des cellules de mesure.	Remplacer les cellules de mesure par des capteurs certifiés conformément à la directive 94/9/CE ou les utiliser dans des circuits électriques à sécurité intrinsèque (nécessité d'un amplificateur séparateur certifié selon la directive 94/9/CE) ou découpler, au niveau de la protection anti-explosions, le système d'analyse du système à biogaz avec une sécurité antiretour de flamme dans la conduite d'aspiration.
La liaison de la conduite de prélèvement d'échantillons est en partie défectueuse (des tuyaux reliés à l'atmosphère traînent).	Protection des conduites de prélèvement d'échantillons contre les détériorations mécaniques, les rendre étanches.
<b>Systèmes conducteurs de gaz, accumulateur de gaz</b>	
Souvent, définition insuffisante des zones ATEX autour de l'accumulateur à gaz.	Effectuer une évaluation complète des risques d'explosion.
Fuites sur la poche à gaz ou sur l'alimentation en gaz.	Veiller impérativement à l'étanchéité, utiliser des matériels adaptés ATEX. Il est recommandé de surveiller la construction. Vérifier l'étanchéité avant la mise en service.
Résistance à la pression des conduites de gaz insuffisante.	Veiller à ce que la résistance à la pression soit suffisante.
<b>Zones ATEX, protection incendie et contre les explosions</b>	
Les mesures de mise à la terre dans le cadre de la liaison équipotentielle sont insuffisantes ou incomplètes.	<p>Réaliser la liaison équipotentielle en totalité.</p> <p>La plupart des équipements, robinetteries et brides étant disposés à l'extérieur et donc exposés aux intempéries, il y a un risque de corrosion extérieure.</p> <p>De plus, il convient de prendre les effets corrosifs du biogaz en compte. C'est la raison pour laquelle, il convient de veiller tout particulièrement aux opérations de mise à la terre, sinon l'apparition d'une source d'ignition du fait de décharges électrostatiques n'est pas à exclure.</p> <p>En cas d'utilisation de conduites de gaz en PE normal, autrement dit isolant et non conducteur, en combinaison avec des robinetteries métalliques, cet appariement de matières forme un potentiel capacitif et exige ainsi des mesures de protection particulières ( mise à la terre et liaison équipotentielle).</p> <p>Toutes les robinetteries peintes telles que les organes d'isolement, les sécurités anti-déflagration notamment, méritent une attention particulière.</p>

<b>Centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance / Salle des machines / Dispositif de détection de gaz</b>	
<b>Défaillances / Origines des anomalies</b>	<b>Mesures / recommandations</b>
<b>Zones ATEX, protection incendie et contre les explosions</b>	
Pas de mise à la terre de volets d'isolement en tant que robinetteries entre brides (ces robinetteries sont isolées par des joints toriques par rapport aux brides des deux côtés).	Veiller à une mise à la terre séparée de robinetteries électriquement isolées.
Pas de certificats d'aptitude des moyens d'exploitations utilisés dans les zones définies.	Veiller à ce que la documentation soit complète (attestations de conformité conformes à la directive 94/9/CE) dès la construction de l'installation.
Instructions de service insuffisantes du point de vue de la protection contre les explosions / la sécurité de l'installation.	Inclure les mesures de protection contre les explosions, de protection incendie et de sécurité de fonctionnement dans les instructions de service.
La distance de protection de 6 m nécessaire entre les accumulateurs de gaz et les conteneurs de centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance n'est respectée que dans quelques cas.	Les architectes ou les concepteurs d'installations techniques doivent intégrer et respecter davantage non seulement la législation en matière de construction mais aussi la législation et la réglementation technique dans leur étude.
Les extincteurs à main requis sont en partie absents.	Etablir un document de protection incendie avant de construire l'installation et le vérifier avec les pompiers.
Pas de document sur la protection contre les explosions / pas de plan des zones déflagrantes, ou bien ils renvoient à des exigences contenues dans des prescriptions sans prendre l'installation concernée en compte.	Etablir un document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE) conformément à l'art. 6 du décret BetrSichV (décret sur la sécurité de fonctionnement des installations) spécifique à l'installation, appliquer les résultats.
Les sources d'inflammation ne sont pas suffisamment évaluées.	Zones ATEX (exemples de classement de parties d'une installation de valorisation du biogaz) :
Les zones déflagrantes et les zones protégées / distances de protection ne sont pas, en partie, correctement signalées. Il manque des preuves plausibles de l'exclusion d'une atmosphère explosible.	La chambre à gaz des fermenteurs est considérée comme zone 1.  Il est possible d'aspirer de l'air par la sécurité antidépression en cas d'anomalie. Il faut s'attendre à une atmosphère explosible dangereuse lors du démarrage et après l'ouverture ou la vidange partielle.
La détermination des risques et l'identification des zones sont en partie incohérentes.	
Dans de nombreux cas, équipement défectueux de l'installation en moyens électriques antidéflagrants.	En cas de désulfurisation avec insufflation d'air, la chambre à gaz du fermenteur est considérée comme zone 0 si, comme dans le cas présent, on insuffle jusqu'à 12 % d'air maxi en mode normal.
Erreurs lors de l'évaluation de l'étanchéité technique et de la conception de parties de l'installation.	

<b>Centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance / Salle des machines / Dispositif de détection de gaz</b>	
<b>Défaillances / Origines des anomalies</b>	<b>Mesures / recommandations</b>
<b>Zones ATEX, protection incendie et contre les explosions</b>	
Les détecteurs de fumées du système de détection d'incendie ne sont pas adaptés, en partie, aux zones déflagrantes.	<p>Dans les locaux ou puits confinés (préfosses, puits de pompage) traversés par le lisier ou le substrat ou dans lesquels de telles matières sont stockées, il faut s'attendre à trouver une atmosphère explosible dangereuse.</p> <p>Si on utilise, dans le fermenteur, des appareils électriques qui ne sont pas conformes, au cas par cas, à la zone 0 ou à la zone 1 (moteurs d'agitateurs immergés), il faut assurer la protection contre les explosions par un autre moyen. Ceci peut être réalisé, par exemple, par des interrupteurs flottants installés au-dessus de l'appareil qui le déconnectent avant la remontée.</p> <p>Aux termes de la directive 94/9/CE, les interrupteurs à flotteur doivent être conformes à la catégorie 1G ou 2G.</p> <p>Prévoir des zones déflagrantes autour des ouvertures de la chambre à gaz vers l'extérieur, par exemple les ouvertures de service, les passages de câbles, le dispositif de réglage de l'agitateur, les regards, les ouvertures de chargement et autres orifices, par exemple. une zone de 1 m autour des arêtes extérieures des ouvertures en tant que zone 1 et une autre zone distante de 3 m maximum en tant que zone 2.</p> <p>Lors de l'installation de réservoirs à gaz à membrane dans des locaux fermés et/ou dans des réservoirs à enveloppe d'acier, signaler l'intérieur de ces locaux en tant que zone 1.</p> <p>Si des séparateurs de condensats sont installés dans un puits souterrain, l'intérieur du puits à condensat est considéré comme zone 1 en cas d'aération naturelle.</p>
	Surveiller le niveau du liquide d'isolement dans le puits à condensat (observer une possible surpression et dépression dans l'installation afin d'empêcher l'aspiration d'air et la sortie de biogaz (voir aussi évènement 8).
La sollicitation de la sécurité surpression/dépression ne correspond pas, en partie, aux indications du fabricant et du constructeur de l'installation.	Faire fonctionner les équipements de décharge conformément aux indications du fabricant afin d'empêcher une pression inadmissible dans l'installation.
Pas de parafoudre.	Les installations de valorisation du biogaz doivent être équipées d'un parafoudre. Tenir compte également des zones explosibles.

<b>Centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance / Salle des machines / Dispositif de détection de gaz</b>	
<b>Défaillances / Origines des anomalies</b>	<b>Mesures / recommandations</b>
<b>Zones ATEX, protection incendie et contre les explosions</b>	
<b>Documentation, plans d'alerte</b>	
Pas d'identification de sécurité et de protection sanitaire conformément à la BGV A8 (Vorschrift für Sicherheit und <b>Gesundheit</b> bei der Arbeit = Spécification en matière de sécurité et de santé au travail) .	Identification des postes de travail sur place conformément à la BGV A8. Etablir les documents suivants, les mettre à jour et les mettre à disposition : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plan d'intervention en cas d'incendie, notamment dans les zones explosibles,</li> <li>▪ Plan d'alerte et de lutte contre les risques</li> <li>▪ Schémas PID (schéma des tuyauteries et des instruments) avec tous les équipements,</li> <li>▪ Plan de maintenance,</li> <li>▪ Certificats de conformité,</li> <li>▪ Certificat fabricant, notamment en ce qui concerne l'aptitude pour une zone explosible donnée,</li> <li>▪ Certificat sur l'essai d'étanchéité, certificats de contrôle ( ex : pour le système de contrôle du procédé),</li> <li>▪ Fiches techniques sur les parties de l'installation installées et les robinetteries,</li> <li>▪ Instructions de service pour le démarrage, le mode normal, l'arrêt et les dysfonctionnements,</li> <li>▪ Document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE),</li> <li>▪ Evaluation des risques,</li> <li>▪ Plans de contrôle,</li> <li>▪ Preuves que les instructions ont été données.</li> </ul>
Pas de plan d'intervention des pompiers ou bien ce plan n'a pas été validé par l'administration compétente.	
Pas d'indication des zones explosibles sur le plan d'intervention des pompiers.	
Pas de Plan d'Alerte et de Lutte contre les Risques(PALR) et/ou l'installation n'est pas incluse dans le PALR de service existant.	
Pas de schémas PID.	
Signalisation insuffisante des robinetteries sécuritaires (réacteurs à biogaz) et/ou de la sécurité antiretour de flamme (torchère de secours biogaz) sur le PID.	
Données incomplètes sur les répercussions des dysfonctionnements.	
Informations incomplètes sur la conception des composants.	
Instruction insuffisante des employés en cas de danger.	
<b>Contrôles</b>	
Pas de contrôle des appareils avant leur mise en service conformément au décret sur la sécurité de fonctionnement (BetrSichV). L'obligation de contrôle n'est souvent pas connue si elle n'est pas exigée explicitement sur l'avis d'autorisation.	Effectuer et documenter les contrôles initiaux (voir art. 14 et annexe 4 A No 3.8 du décret BetrSichV) et récurrents (voir art. 15 du décret BetrSichV) prescrits.
Pas de contrôle de l'installation dans les zones explosibles (installation nécessitant une surveillance au sens de l'art. 1, al. 2, No 3 du décret BetrSichV).	
Pas de contrôles récurrents (électrotechnique et appareils dans les zones explosibles).	

<b>Centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance / Salle des machines / Dispositif de détection de gaz</b>	
<b>Défaillances / Origines des anomalies</b>	<b>Mesures / recommandations</b>
<b>Zones ATEX, protection incendie et contre les explosions</b>	
<b>Bâtiment</b>	
Accès insuffisant aux parties de l'installation.	Les architectes ou les concepteurs d'installations techniques doivent intégrer et respecter davantage non seulement la législation en matière de construction mais aussi la législation et la réglementation technique dans leur étude.
Distance insuffisante entre l'accumulateur à biogaz et la centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance et séparation insuffisante au niveau de la protection incendie.	
Torchère de secours à la distance réglementaire de protection de l'entrepôt de gaz.	
<b>Conception</b>	
Pas d'alimentation électrique de secours.	Vérifier si une alimentation électrique de secours est nécessaire. Raccorder les équipements électriques dont le fonctionnement est nécessaire à l'obtention d'un état de fonctionnement sûr, à une alimentation électrique de secours.
Conception non conforme de composants.	Prendre tous les états de fonctionnement en compte lors de la planification.
Les situations d'arrêt et de mise hors service ne sont pas suffisamment prises en compte lors de la planification et de l'autorisation de l'installation de valorisation du biogaz.	Dans les zones explosibles poser uniquement des tuyaux conducteurs au niveau électrostatique, par exemple en PVC-EL.
La pose de conduites d'écoulement au-dessus du sol n'est pas autorisée parce qu'elles ne résistent pas aux UV.	A l'extérieur, utiliser des tuyaux plastiques résistants aux UV pour le biogaz.
En ce qui concerne les parties sécuritaires de l'installation, pas d'indication sur la fiabilité ou l'interaction avec d'autres parties de la commande (ex : classification selon la norme VDI 2180).	Classification et exécution du système de commande du processus – PLT (dispositifs de mesure, de commande et de réglage) en fonction des risques.
Les équipements annexes ne sont pas pris en compte (tels que les systèmes d'échappement et d'évacuation, les tuyauteries de liaison).	Considérer l'installation de valorisation du biogaz entière dans l'évaluation des risques.
<b>Connaissance des matières</b>	
Anomalies lors de l'évaluation des propriétés des matières.	Formation / instruction des exploitants, qualification des fabricants et des monteurs
Pas d'évaluation ni d'identification univoque du biogaz en tant que matière dangereuse.	Evaluer le biogaz comme une matière dangereuse et procéder à une identification univoque (caractéristique de dangerosité R 12 « Hautement inflammable » ou identification des dangers F+, en cas de présence d'hydrogène sulfuré : le cas échéant avec T en complément).

<b>Centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance / Salle des machines / Dispositif de détection de gaz</b>	
<b>Défaillances / Origines des anomalies</b>	<b>Mesures / recommandations</b>
<b>Zones ATEX, protection incendie et contre les explosions</b>	
<b>Arrêt d'urgence</b>	
Pas d'arrêt d'urgence.	A installer !
Les conditions de déclenchement ne sont pas toutes appliquées.	<p>L'arrêt d'urgence de la centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance devrait être activé en cas de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sous-passement de la pression de gaz mini</li> <li>• Dépassement de la pression de gaz maxi admissible avant le consommateur</li> <li>• Déclenchement du limiteur de température dans le circuit de liquide de refroidissement</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actionnement d'un bouton d'arrêt d'urgence</li> <li>• Panne d'électricité</li> <li>• Déclenchement du système d'alerte au gaz ou de détection d'incendie</li> <li>• Déclenchement du système de surveillance de la température de l'air ambiant</li> <li>• Défaillance de la ventilation</li> <li>• Dépassement de régime</li> </ul>
<b>Identification</b>	
Signalisation des équipements et installations (robinetteries, issues de secours, etc.) insuffisante	Compléter la signalisation des installations ainsi que des issues de secours.

## **ANNEXE 1 : RAPPORT D'EVENEMENTS**

### **« Incendies dus à une exécution insuffisante des travaux »**

#### **Evènement 1**

2 centrales thermiques en montage-bloc avec chauffage à distance (de 120 KW chacune) étaient installées dans une installation de valorisation du biogaz. Le premier groupe produisait de la chaleur et de l'électricité et le 2<sup>ème</sup> ne fonctionnait qu'occasionnellement, en période de pointe. Le matin du jour du sinistre, le groupe 1 s'est mis hors service à cause d'un dysfonctionnement et le groupe 2 a été enclenché. Au bout de 8 heures, l'électricien qui était en train de réparer, a remarqué que de la fumée sortait du toit. Il a regardé et a constaté qu'il y avait un incendie dans le plafond au-dessus du groupe 2.

L'inspection a montré que les installations électriques posées dans le plafond ne pouvaient pas être à l'origine de l'incendie. Le tuyau d'échappement était fixé, sous le plafond, à un sommier en bois avec un tube quatre pans. La poutre avait bien brûlé au niveau de la fixation. La chaleur du système d'échappement (température sur la turbosoufflante : environ 560°C) avait mis le feu à la poutre par conduction de chaleur au-dessus de la fixation. L'incendie s'était propagé dans le plafond où il a été remarqué. A l'origine de l'incendie il y avait une suspension insuffisante du tuyau d'échappement.

#### **Evènement 2**

Un incendie s'est déclenché dans une installation de valorisation du biogaz autorisée aux termes de la loi BImSchG (loi allemande sur la protection contre les émissions), il a détruit la salle des machines. Selon l'expertise pratiquée par un expert en incendie agréé, l'origine de l'incendie réside dans la trop faible distance entre les tuyaux d'échappement des moteurs et une poutre en bois du plafond. La salle des machines a été reconstruite et la protection incendie améliorée.

#### **Divers incendies**

#### **Evènement 3**

Un incendie s'est déclenché dans une installation de valorisation du biogaz lors de transformations sur un fermenteur. Des étincelles ont mis le feu à une couche de soufre se trouvant dans le silo. Le feu s'est propagé également au film de toit et à la structure correspondante. Les pompiers ont pu éviter l'extension de l'incendie.

#### **Evènement 4**

Les générateurs d'une installation de valorisation du biogaz avaient été arrêtés afin de procéder aux réparations nécessaires. Le gaz qui continuait à se former a été récupéré dans des réservoirs. On suppose que du gaz s'est échappé par une fissure dans le réservoir, s'est répandu dans le carter moteur où il s'est enflammé lors des travaux de soudage. Le monteur a tout d'abord essayé d'éteindre lui-même les flammes avec un extincteur, mais il n'y est pas arrivé. Le réservoir ainsi que son enceinte et une partie du bâtiment adjacent où se trouvaient les générateurs ont été détruits par les flammes.

#### **Evènement 5**

Dans une installation de valorisation du biogaz, des déchets (restes alimentaires, poudre d'os, etc.) et des déchets verts étaient en cours de fermentation et le biogaz produit transformé en chaleur et en électricité par une centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance. Lors d'un été très chaud, un incendie s'est produit dans l'atelier de préparation de l'installation de valorisation du biogaz. Des spécialistes en incendie ont conclu que les immondices qui se trouvaient dans les déchets organiques livrés étaient à l'origine de l'incendie. L'incendie s'est produit par auto-inflammation dans le bunker d'arrivée. L'atelier d'arrivée et de compostage a été entièrement détruit par le feu. Le bunker d'arrivée n'était pas déblayé tous les jours.

## « Explosions à la suite d'une fuite de gaz »

### Evènement 6

Au moment de l'accident, on était en train de nettoyer ce qu'on appelle des « hublots » sur les cuves de fermentation. Ces hublots étaient fermés hermétiquement par rapport au conteneur en béton environnant par des joints annulaires en caoutchouc. Ce mode de construction tout comme l'installation dans son ensemble sont conformes à l'état de la technique à la date de sa mise en service il y a environ 10 ans.

Une déflagration a eu lieu pendant le nettoyage, 2 personnes ont été blessées. Très probablement, les hublots ne fermaient pas hermétiquement. Des fuites s'étant déjà produites, l'exploitant avait corrigé l'étanchéité avec du silicone. Du fait de l'ensoleillement, la cuve de fermentation était soumise à une pression légèrement supérieure à la normale et probablement du gaz a pénétré dans la cuve par l'étanchéité défailante des hublots. Pour des raisons de protection contre les explosions, il n'y avait aucune ouverture vers l'extérieur dans la partie supérieure du local technique. Le gaz pouvait s'y accumuler jusqu'à ce qu'un mélange explosible avec l'air se soit formé.

L'étincelle a été probablement déclenchée par un compresseur à air comprimé qui s'enclenchait seul de temps à autre. Les installations électriques dans le local technique auraient dû être protégées contre les explosions. Ceci n'avait pas été respecté dans le cas du compresseur. Aucun contrôle récurrent de la protection contre les explosions par une personne habilitée n'a été effectué.

### Evènement 7

Une explosion s'est produite dans une installation de valorisation du biogaz, accompagnée d'un incendie qui a entraîné d'importants dégâts sur le bâtiment et la toiture. L'origine technique qui a été déterminée est une membrane de réservoir à gaz non étanche d'une bulle à double coque.

L'évènement avait pris naissance bien avant. Tout d'abord, on a constaté une odeur de gaz à proximité du fermenteur et dans le bâtiment d'exploitation de l'installation de valorisation du biogaz. Les recherches de fuites sont restées sans succès malgré l'expertise de la membrane sous la toiture. Une puissance réduite de la centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance a été mesurée en mode de fonctionnement au gaz et l'affaissement de la membrane constaté à l'aide du système de mesure mis en œuvre (câblage du réservoir à gaz au-dessus de la membrane avec affichage de la hauteur à l'extérieur de la toiture). Ensuite, l'apport de biomasse a été augmenté et l'explosion avec incendie s'est produite.

Comme on a pu le constater après l'évènement, la membrane du réservoir à gaz était endommagée et présentait une ouverture d'environ 20x20 cm<sup>2</sup> suite à une soudure multipasses (5 passes) non maîtrisée et une structure de la membrane inadaptée au soudage.

La dernière origine de l'explosion est l'augmentation, à plusieurs reprises, de l'apport de biomasse et donc de la production de gaz. La pression qui s'est formée dans tout le volume du réservoir à gaz et de la chambre à air suite à la résistance à l'écoulement par le régulateur, était supérieure à la pression dynamique de la soufflerie d'appoint. La production de gaz sans entraves par le fermenteur surdimensionné a laissé le biogaz s'écouler contre la soufflerie d'appoint placée dans le bâtiment d'exploitation de l'installation de valorisation du biogaz. Le bâtiment d'exploitation et les locaux voisins se sont remplis d'un mélange de gaz et d'air dans les limites explosives au cours de la nuit précédant l'évènement. L'inflammation a été déclenchée par les manœuvres effectuées dans les sectionneurs de puissance des agitateurs du fermenteur.

### **Evènement 8**

Le bâtiment d'exploitation d'une installation de valorisation du biogaz, autorisée conformément à la loi BImSchG, a été entièrement détruit lors d'une explosion et les dégâts se sont élevés à plusieurs millions. L'origine de l'explosion se trouvait dans la fosse à condensat située dans la cave du bâtiment d'exploitation dont le liquide isolant était si descendu que du gaz pouvait pénétrer dans le bâtiment, c'est probablement un câble électrique carbonisé qui a mis le feu.

### **Evènement 9**

Une installation de valorisation du biogaz était constituée de 2 cuves en béton (fermenteur et post-fermenteur) installées à flanc de colline et reliées entre elles par un sous-sol. La salle des machines, constituée d'un entrepôt à gaz (en bois) équipé d'une poche à gaz, d'une zone intermédiaire avec un local électrique et d'un entrepôt à fuel pour le moteur à gaz à injection pilote et de la centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance proprement dite (en massif) était construite au-dessus du réservoir.

L'installation de valorisation du biogaz a explosé au niveau de l'armoire électrique. C'est probablement une fuite sur la bride de raccordement de l'alimentation en gaz / poche de gaz qui est responsable de l'explosion. Toutefois, l'explosion résulte de toute une série d'exécutions défectueuses. Le gaz (à savoir dans la densité de l'air) a pu arriver dans le sous-sol par l'ouverture, non comblée, de l'alimentation en gaz.

Il y avait aussi là des ouvertures vers l'armoire électrique située au-dessus (entrées de câbles) et le local de la centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance (entrée de conduites et de tuyaux), par lesquelles le gaz a pu entrer dans le local électrique et le local de la centrale thermique en montage-bloc avec chauffage à distance. Le feu a vraisemblablement démarré dans l'armoire électrique, déclenché par une minuterie de l'agitateur.

### **Evènement 10**

Un nouveau fermenteur en béton a été construit dans une installation de valorisation du biogaz. Les équipements de l'ancien fermenteur devaient être réutilisés dans le nouveau. Pour déposer une vis sans fin, il a fallu abaisser le niveau de liquide dans l'ancien fermenteur. Ceci s'est fait par pompage vers le nouveau fermenteur. Après le démontage, le liquide a été repompé. Il restait ainsi un dépôt d'environ 20 cm dans le nouveau fermenteur.

Une explosion a eu lieu lors de l'installation de la vis sans fin dans la nouvelle cuve, elle a soulevé le couvercle du fermenteur (contenance d'environ 2.000 m<sup>3</sup>), qui a pivoté et s'est redéposé décalé sur le côté. Un dard de flamme est sorti de l'ouverture dans laquelle la vis sans fin venait d'être installée. L'isolation thermique extérieure de la cuve a été détériorée par la chaleur autour de l'ouverture, sur plusieurs mètres d'envergure.

Apparemment, un mélange de biogaz et d'air explosible s'était formé dans la cuve du fait de la présence d'un reste de liquide. Le feu a démarré vraisemblablement par la formation d'étincelles entre les pièces en acier de la vis et l'acier d'armure dépassant dans l'ouverture. Sur l'ouverture, il restait encore à démontrer que le trou d'origine avait été élargi par l'aiguisage et le tronçonnage de l'acier d'armure.

### **« Libération de matières à cause d'une défaillance de la cuve »**

### **Evènement 11**

Une fissure dans une cuve à lisier d'une installation de valorisation du biogaz autorisée selon la loi BImSchG a entraîné la mort des poissons dans les cours d'eau voisins. Le transfert par pompage et l'aménagement de digues en sable ont permis de limiter les fuites de lisier. Malgré tout, il a fallu débarrasser le ruisseau voisin du gâteau de substrat sur plusieurs centaines de mètres.

L'origine vraisemblable est un défaut lors de l'assemblage des éléments préfabriqués en béton armé.

## **Evènement 12**

Ce sont presque 300 m<sup>3</sup> de lisier qui se sont échappés d'une installation de valorisation du biogaz tout juste mise en service, à cause d'une fuite. L'origine de cette fuite est vraisemblablement un défaut matière. Le fermenteur était alimenté en chaleur par un système de chauffage. Les tuyaux à l'intérieur de la cuve étaient soutenus par un système de fixation. Lorsque celui-ci s'est cassé, les vibrations ont fait tomber les joints des tuyaux et la fuite du lisier.

## **Evènement 13**

La construction d'une installation de valorisation du biogaz était avancée au point que la marche d'essai pouvait commencer. Le fermenteur était une cuve en acier et était constitué de différentes plaques en acier préperforées en usine et assemblées sur place avec des vis. Le fermenteur avait été réceptionné et les essais d'étanchéité effectués. 4.000 m<sup>3</sup> de lisier ont été versés dans le fermenteur qui a été chauffé.

Le jour du sinistre, le fermenteur s'est fissuré vers 2h30 probablement au niveau du transformateur et le lisier a entraîné celui-ci. La ligne de terre de 20 kV s'est arrachée et a provoqué un court-circuit. Lors du rebranchement du secteur vers 4h00, un arc lumineux s'est formé sur les extrémités nues du câble de 20 kV et a provoqué une explosion des gaz résiduels formés au-dessus de la « mare de lisier ».

L'origine est vraisemblablement une défaillance de la cuve, cette hypothèse est encore en cours d'étude et les résultats ne sont pas encore disponibles.

**« Libération de matières à cause d'une défaillance des joints »**

## **Evènement 14**

Environ 100 m<sup>3</sup> de lisier se sont échappés de la cuve et se sont répartis sur tout le terrain de l'entreprise et plusieurs terrains privés. L'origine supposée du sinistre est un joint défectueux de l'espace annulaire. Le président de région a alors ordonné une vérification de toutes les installations de valorisation du biogaz équipées de joints de ce type.

## **Evènement 15**

Une fuite s'est produite dans une installation de valorisation du biogaz de sorte que 1.600 m<sup>3</sup> de substrat de fermentation visqueux se sont répandus dans la cour et les champs voisins. Le système d'alarme de l'installation ayant fonctionné, les pompiers sont arrivés et, équipés d'une lourde protection respiratoire, ont essayé en vain de stopper le flux.

Un talus en terre a été constitué afin d'empêcher une pollution d'un ruisseau coulant à proximité. Cette contention n'a réussi que partiellement.

Entre-temps, les pompiers s'inquiétaient parce que la concentration de gaz mesurée indiquait que les valeurs limites d'explosion étaient atteintes et/ou dépassées. Heureusement, il n'y avait aucune source d'ignition et les mesures effectuées en permanence ont calmé les esprits car les valeurs ont diminué au fil du temps sous la limite d'explosibilité. L'origine de ce malheur était un joint défectueux sur l'un des quatre poussoirs.

### **« Risques toxiques »**

#### **Evènement 16**

Dans une installation de valorisation du biogaz, des muqueuses intestinales de porc chaudes ont été déversées, depuis un camion-citerne, dans la préfosse ouverte dans laquelle se trouvaient des restes à réaction acide de la production de la veille. Cette muqueuse intestinale provenant d'une production d'héparine d'un pH de 7 à 9, contenait notamment de fortes concentrations d'hydrogène sulfuré dissous et de sulfures sous une forme facilement décomposable. La réaction avec les restes à réaction acide se trouvant dans la préfosse et le décalage du pH qui en a résulté, a provoqué la libération d'hydrogène sulfuré. Le couvercle de la préfosse ne pouvant pas être fermé à cause de la défaillance du moteur, l'aspiration disponible n'était pas suffisante. En outre, deux agitateurs et la température élevée des muqueuses intestinales ont accéléré la libération d'hydrogène sulfuré. En conséquence de quoi, deux personnes sont décédées sur place et deux autres personnes à l'hôpital. Les mesures effectuées par la police ont montré que l'air de l'atelier contenait une concentration supérieure à 6.000 ppm d'hydrogène sulfuré (ce qui entraîne la mort en quelques secondes !).

#### **Evènement 17**

Dans une installation de valorisation du biogaz, un technicien de maintenance était occupé à réparer une courroie trapézoïdale défectueuse sur le moteur d'entraînement de la vis sans fin apportant les céréales à la cuve de mélange. Une fois son travail terminé, il est entré dans la cuve de mélange pour aller chercher un outil qu'il avait laissé tomber. Il est décédé.

L'installation de valorisation du biogaz fonctionnait avec du gruu de céréales et de lisier de porc mélangés dans une cuve de mélange par un agitateur puis pompés dans le fermenteur pour produire du biogaz. Aux dires du constructeur de l'installation, il reste environ 10 à 30 cm de substrat de mélange dans la cuve de mélange après chaque vidange.

Les gaz qui se forment sont évacués à l'extérieur lors du remplissage suivant de la cuve de mélange par un tuyau de ventilation qui passe par une fenêtre ouverte du local technique. Des échantillons de gaz ont été prélevés sur différents points du processus de mélange afin de pouvoir tirer des conclusions sur les concentrations en gaz de la cuve de mélange. On a pu alors constater que la concentration en hydrogène sulfuré était comprise entre 2.200 et 2.600 ppm 40 à 50 minutes après avoir vidé le mélangeur.

## **ANNEXE 2 : LOIS, DECRETS ET REGLEMENTATIONS ESSENTIELS**

D'une manière générale :

- **Loi sur la protection du travail** (ArbSchG)
- **Code de l'urbanisme** (BauGB)
- **Décret sur la sécurité de fonctionnement** (BetrSichV)
  - **TRBS 1201** Essais
  - **TRBS 1203** Personnes habilitées
  - **TRBS 2152** Atmosphère explosible dangereuse - Généralités
  - **TRBS 2152** Partie 1 - Atmosphère explosible dangereuse – Evaluation du risque d'explosion
  - **TRBS 2152** Partie 2 - Prévention ou limitation d'atmosphères explosibles dangereuses
  - **TRBS 2152** Partie 4 Atmosphère explosible dangereuse – Mesures de protection constructive contre les explosions limitant les effets d'une explosion à un niveau inoffensif
  - **TRBS 2153** Prévention de risques d'ignition consécutifs à des charges électrostatiques
- **Loi fédérale sur la protection contre les immissions** (BImSchG)
  - **4ème BImSchV** (décret sur les installations nécessitant une autorisation)
  - **9ème BImSchV** (décret sur la procédure d'autorisation)
  - **12ème BImSchV** (Décrets sur les anomalies)
- **Directive sur la protection contre les explosions 94/9/CE** (Directive concernant le rapprochement des législations des États membres pour les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles)
- **Décret sur les matières dangereuses** (GefStoffV)
- **Loi sur les moyens techniques et les consommables** (GPSG) du 6 janvier 2004 (JO fédéral I No 1 du 09.01.2004, p. 2), modifiée pour la dernière fois le 7 juillet 2005 par l'article 3, al. 33 de la Deuxième loi modifiant la réglementation du droit en matière d'économie énergétique (JO fédéral I No 42 du 12.07.2005, p. 1970)

- **Décret sur les machines** (Neuvième décret relatif à la loi sur la sécurité des appareils et des produits -- 9. GPSGV)
- **Décret sur la protection contre les explosions** (11. GPSGV, ExVO) du 12 décembre 1996 (JO fédéral I, p. 1914), modifié pour la dernière fois le 27.09.2002 (JO fédéral I, p. 3777)
- **Directive 1999/92/CE** (directive concernant les prescriptions minimales visant à améliorer la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives)
- **Loi sur le régime des eaux** (WHG)
- **Décret sur les installations destinées à manipuler des matières polluantes pour l'eau et sur les entreprises spécialisées** (VAwS)

Décrets des länder avec les prescriptions administratives correspondantes

- **DWA- A 779**, Règles techniques des matières polluantes pour l'eau (TRwS), Règlements techniques générales
- **ATV-DVWK-A 780**, Règles techniques des matières polluantes pour l'eau (TRwS), tuyauteries au-dessus du sol (parties 1 et 2)
- **DWA- A 785**, Règles techniques des matières polluantes pour l'eau (TRwS), Détermination de la capacité de retenue jusqu'à la prise d'effet des mesures de sécurité appropriées - R<sub>1</sub> (PROJET)
- **DWA- A 786**, Règles techniques des matières polluantes pour l'eau (TRwS), Exécution de surfaces étanches
- BGR 104 Règles de prévention des risques provoqués par une atmosphère explosible avec recueil d'exemples (**Règles relatives à la protection contre les explosions, EX-RL**)
- BGR 132 Prévention de risques d'ignition consécutifs à des charges électrostatiques
- VDE 0165-1 (05.2009 ; DIN EN 60079-14), Atmosphère explosible — Partie 14 : conception, sélection et réalisation d'installations électriques
- VDE 0165-10-1,2008 (05.2008 ; 10.2008 ; DIN EN 60079-17), Atmosphère explosible — Partie 17 : Vérification et entretien d'installations électriques
- VDE 0165-101 (08.2004 ; DIN EN 60079-10), Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses. Partie 10 : classement des emplacements dangereux
- DIN EN 1127-1 (04.2009), Atmosphères explosives. Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion. Partie 1 : Concepts de base et méthodologie

<b>Règlementations spécifiques :</b>	
Document de travail 69	Règles de sécurité pour les installations de valorisation du biogaz agricole
Date 5.9.2002	Fédération nationale des caisses professionnelles agricole – Agence principale pour la sécurité et la protection sanitaire –
BGI 518	Dispositifs de détection du gaz pour la protection contre les explosions – Mise en œuvre et fonctionnement
BGI 836	Dispositifs de détection de gaz toxiques / vapeurs et oxygène - Mise en œuvre et fonctionnement
DIN EN 12255-10	Stations d'épuration - Partie 10 : principes de sécurité
DIN EN 50054 ff (VDE 0400-1)	Appareils électriques de détection et de mesure des gaz combustibles – Règles générales et méthodes
DIN EN 60079-29-1	Atmosphères explosives - Partie 29-1 : détecteurs de gaz - Exigences d'aptitude à la fonction des détecteurs de gaz inflammables
DIN EN 60079-29-2 (VDE 0400-2)	Atmosphères explosives - Partie 29-2 : Détecteurs de gaz - Sélection, installation, utilisation et maintenance des détecteurs de gaz inflammables et d'oxygène.
DVGW	Règlementation DVGW Gaz
DWA-M 376	Règles de sécurité pour réservoirs de biogaz avec joint à membrane
GUV-I 8594	Recueil d'exemples Mesures de protection contre les explosions lors des travaux dans le domaine des installations d'évacuation des eaux usées, édition janvier 2005, contenu identique à BGI 5033
GUV-R 126	Règles de sécurité pour les travaux dans des locaux confinés d'installations d'évaluation d'eaux usées
GUV-V C 5	Installations d'évacuation d'eaux usées
Publication de la Fédération nationale des caisses professionnelles agricoles : oct. 2008	Règles techniques 4 – Règles de sécurité pour les installations de valorisation du biogaz

## **ANNEXE 3 : REFERENCES**

[1] Communauté de chercheurs allemands : liste des valeurs MAK et BAT 2008.

[2] KAS-3, KAS-9, KAS-11.

## **ANNEXE 4 : BIBLIOGRAPHIE**

/1/ KAS-3 :

Rapport du Comité Rapports d'expérience

Analyse des Rapports d'expérience sur les contrôles effectués par des experts selon l'art. 29a de la loi BImSchG au cours des années 2004 / 2005 et manifestations pour l'échange d'idées et d'expériences.

/2/ KAS-9 :

Rapport du Comité Rapports d'expérience

Analyse des Rapports d'expérience sur les contrôles effectués par des experts selon l'art. 29a de la loi BImSchG en 2006 et manifestations pour l'échange d'idées et d'expériences

/3/ KAS-11 :

Rapport du Comité Rapports d'expérience

Analyse des Rapports d'expérience sur les contrôles effectués par des experts selon l'art. 29a de la loi BImSchG en 2007 et manifestations pour l'échange d'idées et d'expériences

/4/ Volkmar Schröder et Maria Molnarne, Berlin :

Les limites d'explosion de biogaz dans l'air

(Surveillance technique volume 49 (2008) No 1/2, p. 16 — 20).

/5/ Communauté de chercheurs allemands :

Liste des valeurs MAK et BAT 2008.

/6/ Ministère de l'environnement, des forêts et de la protection des consommateurs de Rhénanie-Palatinat : Manuel de planification, construction et exploitation d'installations de valorisation du biogaz dans l'agriculture en Rhénanie-Palatinat (2007)

/7/ Institut allemand pour l'assurance de la qualité et l'identification

Construction d'installations de valorisation du biogaz (Assurance qualité RAL-GZ 629 -- (03/2001)

/8/ Document d'information de l'Office fédéral de l'environnement :

De la sécurité dans les installations de valorisation du biogaz (juin 2006)

/9/ Guide du ministère de l'environnement de Basse-Saxe : Recommandations pour la protection contre les immiscions dans les installations de valorisation du biogaz (date : 27.02.2007)

- /10/ Manuel sur le biogaz en Bavière de l'Office bavarois de l'environnement  
<http://www.lfu.bayern.de/abfall/fachinformationen/biogashandbuch/index.htm>
- /11/ Peter Schildhauer  
Incendies dans les centrales thermiques en montage-bloc avec chauffage à distance  
(Surveillance technique volume 48 (2007) No 6/2, p. 18 — 21).
- /12/ TÜV Thüringen e.V. Fiche technique pour les installations de valorisation du biogaz B001 (2006).
- /13/ Directive VDI 3475 page 4 Installations de valorisation du biogaz dans l'agriculture – Fermentation de plantes énergétiques et d'engrais économiques (Projet, date : 07/2007).
- /14/ Coup de main production et utilisation de biogaz de l'Agence spéciale Matières premières renouvelables e. V. (FNR) et du Ministère fédéral de l'alimentation, de l'agriculture et de la protection des consommateurs (BMELV) (date : 2006).
- /15/ Règles de sécurité pour les installations de valorisation du biogaz sur la base du décret BetrSichV DAS - IB GmbH LFG - & Biogas-Technology et d'autres experts (date : 23. mars 2009)

---

## **GFI Umwelt — Gesellschaft für Infrastruktur und Umwelt mbH**

Geschäftsstelle der  
Kommission für Anlagensicherheit

Königswinterer  
Str. 827 D-  
53227 Bonn  
Téléphone 49-(0)228-90 87 34-0  
Fax 49-(0)228-90 87 34-9  
E-Mail [kas@gfi-umwelt.de](mailto:kas@gfi-umwelt.de)  
[www.kas-bmu.de](http://www.kas-bmu.de)

---



**INERIS**

*maîtriser le risque |  
pour un développement durable*

**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](mailto:ineris@ineris.fr) - **Internet :** <http://www.ineris.fr>