

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE BIOGAZ
SANTE ET SECURITE DES OPERATEURS

BIOGAS PRODUCTION AND DISTRIBUTION
OPERATORS'S HEALTH AND SAFETY

juin 2013

E. GARDEUR-ALGROS, T. CHESNOT,
A.-M. CHARISSOU, T. PARIS, C. BRONNER
– Eurofins Expertises Environnementales

Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :
RECORD, Production et distribution de biogaz. Santé et sécurité des opérateurs, 2013, 223 pages, n°11-0673/1A
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
www.ademe.fr

© RECORD, 2013

RESUME

La production et valorisation de biogaz à partir de différents substrats d'origines agricole, urbaine et industrielle sont au cœur d'enjeux de développement durable, en permettant la production d'énergie renouvelable, la diminution des gaz à effets de serre et le traitement de déchets.

En 2011, en France, environ 200 installations de méthanisation étaient opérationnelles. De plus, environ 300 installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) produisent également du biogaz dont environ 90 qui le valorisent. Du fait de contextes réglementaires et de dispositifs de soutiens économiques favorables, le nombre de sites de méthanisation croît et les filières se diversifient, en terme de substrats / déchets traités, procédés de méthanisation et voies de valorisation. Aussi, il paraît pertinent de s'intéresser à la santé et à la sécurité des travailleurs potentiellement exposés à divers dangers lors des opérations de suivi, maintenance ou en cas de dysfonctionnement des installations.

Dans un premier temps, au travers d'une recherche bibliographique et d'une interrogation d'experts, des données telles que la composition des substrats, digestats, biogaz, des retours d'expérience relatifs aux incidents / accidents recensés ou encore aux accidents du travail et maladies professionnelles des opérateurs ont par exemple été recherchées.

Dans un second temps, une identification de points critiques vis-à-vis de la santé et sécurité des opérateurs intervenant dans ces filières a été menée en mettant en œuvre certaines étapes d'une démarche HACCP (analyses des dangers - points critiques pour leur maîtrise).

Cinq filières (méthanisation agricole à la ferme et centralisée - méthanisation des boues urbaines - méthanisation des ordures ménagères - méthanisation industrielle en particulier dans les secteurs agroalimentaires, de la papeterie et de la chimie - production de biogaz en ISDND) ont ainsi été étudiées et ont fait l'objet de synthèses dédiées. Celles-ci résument les informations collectées et, présentent un diagramme de fonctionnement illustrant les étapes de production, valorisation du biogaz. Les points critiques identifiés et hiérarchisés sont représentés sur ces diagrammes et sont associés aux phases de fonctionnement, maintenance ou dysfonctionnement.

Les résultats obtenus ont pour objectif de sensibiliser les acteurs aux risques potentiels et à l'attention qu'ils doivent porter pour leur maîtrise et/ou pour leur évaluation plus approfondie et adaptée à chaque site. Cependant ils ne peuvent en aucun cas être considérés comme le résultat d'une évaluation des risques professionnels ou d'une étude de dangers.

MOTS CLES : biogaz, biométhane, méthanisation, valorisation, santé, sécurité, opérateurs, points critiques

SUMMARY

Production and recovery of biogas from different substrates of agricultural, urban and industrial issues are at the heart of sustainable development, for the production of renewable energy, reducing greenhouse gases and treatment waste.

In 2011, in France, about 200 biogas plants were operational. Moreover, about 300 ISDND (non-hazardous waste storage or landfill sites) also produce biogas which about 90 that recover.

Because of regulatory contexts and favorable measures to bolster the economy, the number of sites is growing and anaerobic pathways are diversifying in terms of substrate / treated waste, anaerobic digestion processes and ways of recovery. So it seems appropriate to focus on the health and safety of workers potentially exposed to various hazards during operations monitoring, maintenance or malfunction of facilities.

First, through a literature search and query of experts, data such as substrate, digestate and biogas composition, information feedback on reported incidents / accidents or accidents at work and illnesses of operators have been sought.

Then, critical points concerning the health and safety of operators in these sectors were identified by implementing some steps of HACCP (Hazard Analysis - Critical Control Points).

Five sectors (agricultural methanization in farms and in centralized plants - methanization of urban sewage sludge - methanization of household garbage – industrial methanization in sectors like food industry, stationery and chemistry - biogas production from landfill sites) have been studied and have been dedicated syntheses. They summarize the collected informationS and present an operating diagram indicating the different stages of biogas production and recovery. On this diagram, critical points are identified, are assessed according to importance and are associated with phases of operation, maintenance or malfunction.

The results are intended to sensitize players to potential risks and attention they need to focus for their mastery and / or for their further evaluation and tailored to each site. However, they can not in any circumstances be regarded as the result of an occupational risk assessment or hazardous study

KEY WORDS : biogas, biomethane, methanization, recovery, health, safety, operators, critical points

1. Contexte et objectif de l'étude

La production et la valorisation de biogaz est au cœur d'enjeux de développement durable en permettant :

- la production d'énergie renouvelable (ENR) et ainsi de participer aux objectifs fixés par le Grenelle I de l'environnement d'atteindre 23 % d'ENR en 2020,
- la réduction de l'émission des gaz à effet de serre. Ceux-ci doivent effectivement être réduits de 3 % par an selon le plan climat et le Grenelle I,
- le traitement et la valorisation des déchets.

Pour répondre à ces objectifs et dans un contexte de parution en 2011 d'arrêtés fixant des nouvelles conditions d'achats de l'électricité¹ et du biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel², produits par valorisation de biogaz, le nombre de sites de production de biogaz augmente sans cesse, tandis que les filières se diversifient (mise en place de nouveaux procédés, prise en compte de nouveaux types de déchets, développement d'autres voies de valorisation).

D'après le MEDDE (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie), d'ici 2020, le nombre d'installations devrait passer d'environ 200 (en 2011) à près de 1 500, avec une progression en particulier dans le secteur agricole. De plus, en France, d'après les dernières données disponibles (datant de 2008), environ 300 installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) produisent également du biogaz dont environ 90 qui le valorisent.

Dans un contexte d'essor de ces filières de production et valorisation de biogaz, cette étude avait pour objet de s'intéresser spécifiquement à la santé et sécurité des opérateurs intervenant dans les installations traitant des substrats d'origines diverses (agricole, urbaine et industrielle).

Ainsi, l'objectif était **d'identifier les points critiques vis-à-vis de la santé et la sécurité des opérateurs** intervenant dans les filières de production, valorisation de biogaz suivantes :

- Méthanisation agricole : installation à la ferme et installation centralisée,
- Méthanisation des boues de stations d'épuration (STEP) urbaines,
- Méthanisation des ordures ménagères (OM),
- Méthanisation industrielle (ex : industries agroalimentaires, papeteries, industries chimiques),
- Production de biogaz en installation de stockage des déchets non dangereux (ISDND),

Le but est de sensibiliser les acteurs aux risques potentiels liés aux filières afin qu'ils portent une attention particulière à la mise en œuvre des mesures de gestion existantes et/ou à leur évaluation approfondie et adaptée à chaque site, poste de travail. **Il ne s'agit toutefois pas d'une évaluation des risques professionnels proprement dite ou d'une étude de dangers.**

Pour cela, Eurofins Expertises Environnementales a :

- collecté des données au travers une recherche bibliographique et des contacts d'experts,
- rappelé, résumé certaines définitions, notions et aspects réglementaires,
- mis en œuvre certaines étapes d'une démarche HACCP (analyses des dangers - points critiques pour leur maîtrise) afin d'identifier et hiérarchiser les points critiques vis-à-vis de la santé et la sécurité des opérateurs lors du suivi, de la maintenance et des dysfonctionnements éventuels des installations,
- synthétisé les données et résultats obtenus par filière étudiée.

2. Recherche et collecte de données

La production et valorisation de biogaz est un thème largement étudié par de nombreux organismes français et internationaux. Les documents produits par ces organismes ont ainsi constitué la première base documentaire de cette étude.

Peuvent être cités les organismes, associations suivantes :

- **l'ADEME** (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) au cœur du dispositif d'aide pour les projets de méthanisation et valorisation du biogaz et à l'origine de nombreux travaux et guides relatifs aux substrats, digestats, cadres réglementaires, suivi d'installation, en particulier dans le domaine agricole mais aussi des ordures ménagères,

¹ Arrêté du 19 mai 2011 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz, modifié par l'arrêté du 27 février 2013.

² Arrêté du 23 novembre 2011 fixant les conditions d'achat du biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel modifié par l'arrêté du 27 février 2013.

- **I'NERIS** (Institut national de l'environnement industriel et des risques), acteur majeur ayant réalisé un certain nombre de rapports scientifiques et de synthèses en lien avec la caractérisation de biogaz, les risques et règles de sécurité des installations de méthanisation, le retour d'expérience relatif aux accidents et incidents recensés principalement en France et en Allemagne,
- **I'ATEE** (Association Technique Energie Environnement) avec en particulier son club Biogaz qui rassemble les principaux acteurs français concernés par le biogaz et qui, en 2011, a dressé un état des lieux des filières de méthanisation (hors ISDND) sur le territoire,
- l'association **RECORD**, à l'origine d'études précédentes relatives au biogaz et à des substances / microorganismes présents dans certains substrats pouvant être méthanisés,
- **I'ANSES** (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail - ex AFSSET) à l'origine du travail d'experts « Evaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel » en 2008,
- d'autres associations et organismes français : **AILE, RAEE, FNADE, SOLAGRO, AAMF, EDEN, TRAME, METHEOR**
- **I'IEA** (International Energy Agency).

A noter également qu'un certain nombre de documents de **I'INRS** (Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et de maladies professionnelles), acteur de référence au cœur du dispositif de prévention des risques professionnels, a aussi été consulté. Jusqu'à présent l'INRS ne s'est pas spécifiquement intéressé à la santé des opérateurs des filières de production, valorisation de biogaz, mais une étude devrait débuter en 2013.

Des recherches plus spécifiques ont aussi été conduites dans les moteurs de recherche généralistes et bases de données d'articles scientifiques (Medline, Science direct).

Dans un but de recensement des accidents / incidents survenus dans les filières étudiées, les bases de données suivantes ont aussi été interrogées à l'automne 2012 :

- la base **ARIA** (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) qui recense les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement. Elle est gérée par le BARPI (Bureau d'Analyse des risques et Pollutions Industriels) au sein de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère du développement durable. <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/index.html>,
- la base **EPICEA**, source de données nationales gérée par l'INRS qui rassemble plus de 18 000 cas d'accidents du travail survenus, depuis 1990, à des salariés du régime général de la Sécurité sociale. <http://www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/epicea.html>,
- la base **COLCHIC** également gérée par l'INRS, non disponible en ligne mais dans laquelle des personnes de l'INRS ont réalisé des requêtes sur notre demande. COLCHIC constitue une base collectant les résultats d'analyses réalisées notamment en ambiance de travail par les laboratoires des CARSAT.

Enfin, les **statistiques des acteurs du suivi de la santé au travail**, à savoir de la CNAMTS (Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés) et de la MSA (Mutualité Sociale et Agricole) ont également été consultées afin d'identifier les types d'accidents du travail (AT) et maladies professionnelles (MP) survenant dans les secteurs pouvant être concernés par la production / valorisation de biogaz et, d'en connaître les principales causes (statistiques ATMP).

Afin de compléter cette recherche bibliographique, **divers experts** (constructeurs d'unités, bureaux d'études, acteurs de la surveillance de la santé au travail, professionnels des secteurs étudiés, organismes, associations français et allemands en particulier) ont également été contactés.

L'ensemble des données recueillies a permis de :

- rappeler, résumer certaines notions liées à la production, valorisation de biogaz (cf. 3) certains aspects réglementaires auxquels doivent répondre les installations (cf. 4) et, les dispositifs de surveillance de la santé des travailleurs en France (cf. 5)
- décrire des filières-type représentatives des installations les plus répandues en France, (cf. 6),
- disposer d'informations ayant constitué les données de base de la méthodologie de hiérarchisation des points critiques vis-à-vis de la santé et sécurité des opérateurs (ex : données de compositions chimiques et microbiologiques des matières entrantes, biogaz, digestats, statistiques ATMP) mise en œuvre (cf. 7 et 8).

3. Principales définitions et notions en lien avec la méthanisation, production et valorisation de biogaz

La **méthanisation**, ou digestion anaérobie, est définie comme « un procédé naturel de transformation, dégradation de la matière organique par des bactéries en absence d'oxygène ». Celle-ci conduit à la production de **biogaz**, composé essentiellement de méthane (CH₄), de gaz carbonique (CO₂) et saturé en eau. De nombreux autres composés appartenant à diverses familles peuvent aussi être présents en moindre proportion (exemples : hydrogène sulfuré – H₂S, ammoniac – NH₃, mais aussi composés organohalogénés, métaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques, ...). Une flore microbienne cultivable (principalement espèces bactériennes), a également été mise en évidence dans des biogaz mais reste peu documentée.

La méthanisation peut se dérouler de manière **spontanée** dans les marais par exemple ou dans les installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND). Dans ce cas, le biogaz est capté au moyen de réseaux construits dans les massifs de déchets.

Elle peut aussi être **contrôlée** en **digesteur**, enceinte fermée dans laquelle les matières organiques entrantes (ou substrats) sont soumises à l'action de différentes bactéries en absence d'oxygène. La température de digestion la plus répandue est la plage mésophile correspondant à des températures d'environ 25 à 45 °C. Dans certains cas, la digestion est thermophile (autour de 45 - 65 °C) ou psychrophile (autour de 15 - 25 °C). En digesteur, la méthanisation peut se faire par voie humide ou voie sèche, selon les teneurs en matières sèches des substrats, ce qui aura un impact sur le mode d'alimentation des digesteurs qui peut être continu, semi-continu ou discontinu. Différents digesteurs sont disponibles sur le marché principalement selon le mode de fixation des bactéries responsables de la méthanisation et l'agitation mise en œuvre (mécanique, hydraulique ou pneumatique). Le gaz est stocké dans des gazomètres.

La composition du biogaz varie notamment en fonction des matières entrantes. Celles-ci sont **d'origines diverses** : urbaines (ordures ménagères, boues de stations d'épuration), agricoles (lisier, résidus de culture) et industrielles (ex : effluents d'industries agroalimentaires, de papeteries).

Le biogaz peut être **valorisé** selon différentes voies : production de chaleur, d'électricité, de biométhane carburant ou de biométhane à des fins d'injection dans le réseau de gaz naturel. A ce jour, la cogénération d'électricité et de chaleur est la voie prépondérante en France, mais on peut noter que l'injection du biométhane dans le réseau de gaz naturel se développe aussi depuis 2011. Avant sa valorisation, le biogaz peut avoir été plus ou moins épuré de certains composés, notamment selon les exigences propres à chaque voie de valorisation (ex : désulfuration).

En digesteur (donc hors ISDND), un **digestat** est également produit. Il est le résidu après la digestion et est composé de matières organiques non biodégradables, de matières minérales et d'eau. Sa composition est aussi dépendante des matières méthanisées. Il peut être utilisé pour sa valeur agronomique, dans le cadre de plan d'épandage ou entrer dans une logique produit s'il est homologué ou normalisé (Normes NFU 44-051 et 44-095). Pour cela les teneurs en certains micropolluants (inorganiques, HAP et PCB) et microorganismes pathogènes doivent respecter des seuils d'innocuité.

4. Principaux aspects réglementaires auxquels doivent répondre les installations de méthanisation et ISDND

Les principales réglementations auxquelles doivent répondre les installations de production, valorisation de biogaz sont les suivantes :

- le règlement sanitaire européen 1069/2009³ qui :
 - o impose la mise en place d'un agrément sanitaire dès lors que l'unité de méthanisation traite des sous-produits animaux (SPA),
 - o interdit la méthanisation de certains de ces SPA (catégorie 1) et fournit des exigences en matières de traitements préliminaires (en amont de la méthanisation) pour d'autres (catégories 2 et 3),
- la réglementation française des installations classées pour l'environnement (ICPE) dont, selon les cas, les (sous)-rubriques suivantes :

³ Règlement (CE) N°1069/2009 du parlement Européen et du conseil du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables, à compter du 4 mars 2011, aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine.

- Selon les substrats traités et types d'installations
- 2781-1 : Méthanisation de matières végétales, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum, déchets végétaux, d'industries agroalimentaires,
 - 2781-2 : Méthanisation d'autres déchets non dangereux (déchets ménagers, déchets animaux, boues d'épuration...),
 - 2750, 2751 et 2752 concernant les stations d'épuration respectivement d'eaux résiduaires industrielles, de déjections animales et mixtes,
 - 2791 - Installations de traitement de déchets non dangereux (*sauf rubriques 2720, 2760, 2771, 2780, 2781 et 2782*),
 - 2760-2 - Installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND),
- Selon les quantités, volumes de biogaz
- 1411 – Gazomètres et réservoirs de gaz comprimés renfermant des gaz inflammables,
 - 1413 – Installations de remplissage de réservoirs de gaz naturel ou biogaz, sous pression
 - 2910 B et C – Combustions
- Selon les substrats, quantités traitées ou produites, les régimes de déclaration, enregistrement ou autorisation peuvent s'appliquer.

S'agissant des ISDND, citons aussi l'arrêté du 9 septembre 1997 (modifié en dernier lieu par l'arrêté du 12 mars 2012) imposant notamment le captage du biogaz, et sa destruction ou valorisation.

5. Principaux aspects des dispositifs de surveillance de la santé des travailleurs en France

D'un point de vue réglementaire, les principes généraux de prévention des risques professionnels sont fixés par la directive européenne cadre du 12 juin 1989 transposée dans le Droit du travail français par la loi du 31 décembre 1991. Le Code du Travail (partie IV) fixe l'ensemble des exigences. Il précise ainsi les principes généraux de prévention et les obligations des employeurs à évaluer les risques, et à transcrire les résultats dans un document unique.

En France, la prévention des risques professionnels est placée sous la responsabilité des pouvoirs publics et de la Sécurité sociale. Le chef d'entreprise est cependant l'acteur principal de la prévention en entreprise et est juridiquement responsable de la sécurité et de la santé de ses salariés. Les principales institutions et structures assurant le suivi des opérateurs en France sont :

- le Ministère chargé du travail et plus précisément la DGT (Direction Générale du Travail), relayée sur le terrain par les DIRECCTE (Directions régionales des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi), par l'Inspection médicale du travail et l'Inspection du travail,
- le Ministère en charge de l'agriculture,
- les services de la santé au travail (SST) (ancienne médecine du travail),
- l'assurance sociale avec au niveau national la CNAMTS (Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des travailleurs salariés), au niveau régional, les caisses régionales (CARSAT : en général), et, au niveau local, les caisses primaires d'assurance maladie (CPAM),
- la Mutualité Sociale Agricole (MSA),
- des organismes en charges d'expertises notamment : l'INRS, l'ANSES, l'Institut de Veille Sanitaire (InVS).

6. Descriptions des installations-type par filière en France

Sur la base du bilan établi par le Club Biogaz en 2011 concernant les installations de méthanisation en France et, de données complémentaires, les principales informations en termes d'étapes mises en œuvre dans les filières, type de digesteurs, plage de température, traitements du biogaz, valorisations du biogaz et du digestat, ont été extraites. Elles ont ainsi permis de réaliser par filière un diagramme de fonctionnement d'une installation-type, c'est-à-dire représentative des unités les plus répandues en France. Les éléments illustrés dans ces diagrammes sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Concernant les ISDND, environ 300 unités sont présentes en France et produisent du biogaz. 90 sites valoriseraient le biogaz (les autres le captent et le torchent), sous forme principalement d'électricité. La cogénération semble cependant se développer, la chaleur pouvant notamment être utilisée pour le traitement des lixiviats par chauffage. Peu de données sont disponibles concernant le traitement du biogaz. L'élimination de composés tels que les siloxanes ou composés organohalogénés volatiles peut se faire par charbon actif. Celui-ci permet aussi l'élimination de l'hydrogène sulfuré (H₂S). Aucun digestat n'est produit dans le cas des ISDND.

Tableau 1 : Résumé des informations relatives aux installations-type des filières de méthanisation en France (d'après principalement l'état des lieux du Club Biogaz réalisé en 2011).

Filières	Nombres d'installations opérationnelles en 2011 (nombre en construction)	Etapes de stockage - prétraitement des substrats - digestion / Technologies du digesteur	Traitement du biogaz	Valorisation du biogaz	Traitement / valorisation du digestat
Méthanisation agricole à la ferme	42* (35 dont <i>a priori</i> des installations à la ferme et des installations centralisées)	Préfosse Digesteur mésophile infiniment mélangé Voie humide - Agitation mécanique Post-digesteur	Désulfuration principalement par injection d'air dans le digesteur	Cogénération de chaleur et électricité	Epandage du digestat sur site après séparation phases liquide et solide
Méthanisation agricole centralisée	7* (35 dont <i>a priori</i> des installations à la ferme et des installations centralisées)	Fosse à lisier Réception des co-produits Mélange des co-substrats Digesteur mésophile infiniment mélangé Voie humide - Agitation mécanique Post-digesteur	Désulfuration principalement par injection d'air dans le digesteur	Cogénération de chaleur et électricité	Parfois traitement pour fabrication d'engrais exporté hors site
Méthanisation de boues de STEP	60 (4)	Digesteur mésophile infiniment mélangé Voie humide - Brassage par injection de biogaz Gazomètre	A ce jour majoritairement pas de traitement du biogaz	Production de chaleur	Séparation des phases liquide et solide Un certain nombre de stations (14 sur 24 <i>a priori</i>) compostent les digestats
Méthanisation des ordures ménagères	9 (2 à 7 en construction selon sources)	Etapes de réception / tri des déchets Digesteur thermophile de type piston Voie sèche - Agitation mécanique	Déshydratation Désulfuration par injection chlorure ferrique, charbon actif ou tour de lavage	Cogénération de chaleur et électricité	Compostage
Méthanisation industrielle (ex : des effluents vinicoles**)	80 (4) toutes filières confondues 18 installations traitent des effluents vinicoles**	Dégrillage, tamisage, bassin de stockage Digesteur mésophile UASB Gazomètre	A ce jour majoritairement pas de traitement du biogaz	Production de chaleur	Séparation des phases liquide et solide. Traitements complémentaires tels que clarification Déshydratation des boues puis exportation pour épandage

* A noter qu'en mars 2012, l'Institut de l'Élevage a recensé 138 unités opérationnelles dans le secteur agricole.

** d'après le bilan du Club biogaz, sur 80 installations industrielles opérationnelles en France en 2011 : 2 traitent de la viande, 11 du lait (fromage, lactosérum, eaux blanches, yaourts, glaces) ; 6, sucre, miel et friandises ; 7 sont des brasseries, **18 des exploitations vinicoles**, 4 des distilleries ; 1 industrie de fabrication de boisson non alcoolisée : 7 traitent fruits, légumes et pommes de terre ; 2 traitent amidon et additifs alimentaires ; 13 sont dans le secteur des industries chimiques et de production de biocarburants : 2 sont des industries pharmaceutiques et 7 sont des papeteries / cartonneries.

7. Méthodologie d'identification et hiérarchisation des points critiques vis-à-vis de la santé et la sécurité des opérateurs des filières de production, valorisation de biogaz.

Afin de répondre à l'objectif de l'étude, les 6 premières étapes d'une démarche HACCP ont été appliquées aux installations-type représentatives des filières les plus répandues en France. Ces 6 étapes correspondent au premier principe de la démarche visant à identifier / évaluer les dangers.

La démarche HACCP, « analyse des risques - points critiques pour leur maîtrise » est une méthode développée vers la fin des années 60 afin d'assurer la sécurité sanitaire des denrées alimentaires et est aujourd'hui recommandée par la directive 93/43/CEE. Elle peut s'appliquer à tout process et repose sur 7 principes et 12 étapes.

L'application de cette démarche dans le cadre de cette étude a été réalisée afin de répondre à la demande formulée dans l'appel d'offre de RECORD et a pour principal intérêt de structurer la recherche et l'exploitation des données.

Ainsi, Eurofins Expertises Environnementales a constitué une équipe ayant contribué à cette étude (étape 1), décrit les matières entrantes d'origines diverses et produits des filières (biogaz et digestat), en particulier en terme de présence de substances chimiques et microorganismes (étape 2), décrit l'utilisation finale des produits (voies de valorisation du biogaz et du digestat) (étape 3), constitué les diagrammes de fonctionnement des installations (étapes 4 – 5), identifié et hiérarchisé les dangers ou points critiques vis-à-vis de la santé et sécurité des opérateurs (étape 6).

Lors de cette sixième étape : une **liste de dangers** inclus dans notre analyse a d'abord été dressée. Il s'agit des dangers suivants : 1 – danger électrique ; 2 - incendies /explosions de zones ATEX/biogaz ; 3 - blessures, chutes ; 4 - brûlures ; 5 - intoxications à H₂S ; 6 - anoxie liée au remplacement de l'oxygène par d'autres gaz (CO₂, CH₄) ; 7 - intoxications à NH₃ ; 8 - intoxications chroniques à d'autres substances chimiques qu'H₂S et NH₃ par inhalation de biogaz et/ou ingestion/inhalation de poussières contaminées aérosolisées ; 9 - risque microbiologique incluant infections, allergies, inflammations ; 10 - troubles musculo-squelettiques ; 11 - nuisances sonores ; 12 - nuisances olfactives.

Ces dangers ont été associés aux étapes et phases (fonctionnement, maintenance, dysfonctionnement) des installations, et, leurs ont été attribués :

- d'une part, des **niveaux d'enjeux** (3 niveaux) en fonction des conséquences potentielles (ex : morts, blessures peu graves, ...),
- d'autre part, des **niveaux de retours d'expérience** (3 niveaux) en fonction de la « plausibilité » des scénarii (ex : événements déjà décrits).

Ces niveaux ont été attribués en fonction des données bibliographiques collectées et selon des arguments présentés dans le corps du rapport et validés en comité de suivi. Le croisement des niveaux d'enjeux et des niveaux de retour d'expérience a permis d'évaluer des niveaux de criticité, trois catégories de niveaux critiques ayant aussi été distinguées (niveau critique mineur, modéré, majeur).

Les résultats ainsi obtenus sont fournis dans le rapport, sous forme de synthèse par filière et, de manière illustrée sur les diagrammes de fonctionnement associés à des tableaux argumentaires, reprenant les principales informations issues de la collecte de données.

8. Synthèse par filière

Une synthèse par filière a été constituée dans le cadre de cette étude. Cinq synthèses sont ainsi disponibles et sont établies selon le plan suivant :

- Description de la filière en France
- Principaux textes / dispositifs réglementaires
- Données sur les ATMP (Accidents du Travail – Maladies Professionnelles)
- Données sur les accidents / incidents recensés
- Données sur les postes de travail
- Données sur la composition des substrats et digestats ; effets de la digestion sur les micropolluants inorganiques, organiques et microorganismes pathogènes
- Données sur la composition chimique des biogaz
- Valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) et valeurs toxicologiques de référence (VTR) de quelques substances
- Données sur la composition microbiologique des biogaz

- Diagramme de fonctionnement des installations / identification de points critiques pour la santé/sécurité des opérateurs
- Bibliographie citée dans cette synthèse

9. Discussion, conclusion

Des biais et limites à cette étude peuvent être soulignés. Ils sont principalement liés :

- au manque de données propres aux filières en question. Certaines informations sont effectivement très globales. Par exemple les statistiques disponibles d'accidents du travail et maladies professionnelles concernent de larges secteurs tels que « autres services d'assainissements » et, il n'est pas possible de savoir si les cas se sont déroulés dans des installations où la méthanisation est utilisée et lors d'opérations liées à cette activité,
- aux données parfois anciennes ou issues d'études menées à l'étranger et non transposables à la situation française (du fait de pratiques de gestion différentes),
- à la rareté de façon générale des données. Par exemple, il existe à ce jour très peu de données pouvant représenter l'exposition des opérateurs aux substances chimiques et d'autant plus aux microorganismes, bioaérosols. Des données de teneurs dans le biogaz ont donc été notamment utilisées en gardant à l'esprit **qu'en aucun cas elles ne représentent des données d'exposition**,
- à la disparité entre les filières et les études menées. Par exemple, certains biogaz ont fait l'objet de plus nombreuses analyses (ex : 25 pour le biogaz issu d'ISDND) que d'autres (1 pour un biogaz agricole, d'après le rapport de l'AFSSET de 2008). Un autre exemple concerne les études épidémiologiques menées dans certains secteurs (des ordures ménagères, stations d'épuration, compostage) mais pas d'autres (agricole). Ceci a conduit à attribuer des niveaux d'enjeux différents alors que les risques peuvent être similaires mais, dans un cas, aucune étude n'a à ce jour démontré un lien alors que dans l'autre, cela l'a été. Les résultats obtenus lors de différentes études (par exemple de caractérisation de biogaz) sont, de plus, pas complètement comparables (polluants recherchés différents, limites de quantification variables),
- à la nature diverse des dangers étudiés (ex : accidentel, lié à une exposition chronique), d'où l'utilisation de données différentes pour évaluer notamment les niveaux de retour d'expérience. Ceci limite la comparabilité des points critiques entre eux.

Gardant à l'esprit ces limites, cette étude a permis, non pas de comparer les filières entre elles, mais

- d'une part, de faire des observations plus ou moins généralisables à l'ensemble des filières et,
- d'autre part, d'identifier certaines situations particulières.

Il faut aussi noter que de nombreux travaux continuent d'être menés et permettront probablement d'affiner et compléter certains résultats obtenus dans le cadre de cette étude.

Pour rappel, les résultats de cette étude ont pour objectif de sensibiliser les acteurs aux différents risques potentiels identifiés dans les filières de production, valorisation de biogaz, **mais ne peuvent en aucun cas être utilisés comme résultats d'une évaluation des risques professionnels ou étude de dangers**. Les points critiques identifiés peuvent cependant représenter des points sur lesquels il paraît indispensable de porter une attention particulière, à la mise en œuvre des mesures de maîtrises existantes (ex : zonage ATEX, utilisation de détecteurs de gaz, ports de protections auditives, ...) et/ou à l'approfondissement des évaluations adaptées à chaque site et poste de travail.

A noter que même si nous ne pouvons garantir l'exhaustivité des dangers et situations étudiés, il s'agit d'une étude qui a porté, nous semble-t-il, sur la plupart des dangers auxquels pourraient être confrontés les opérateurs des filières de production, valorisation de biogaz, qu'ils soient d'ordre accidentel ou liés à des expositions aiguës, chroniques, à des substances chimiques, des paramètres microbiologiques nuisances sonores ou à des postures, gestes répétés.

1. Context and Objective of the study

The biogas production and recovery are at the heart of sustainable development by allowing:

- the production of renewable energy (PRE) and so to participate in the objectives fixed by the environmental law *Grenelle I* to reach 23 % of PRE in 2020,
- The emission reduction of greenhouse gases. These must be effectively reduced by 3 % a year according to the plan climate and the *Grenelle I*,
- The treatment and the valorization of waste.

To answer these objectives and in a context of publication in 2011 of orders fixing new electricity purchases prices and from biomethane injected in natural gas networks, produced by valorization of biogas, the number of production sites of biogas increases ceaselessly, whereas the sectors diversify (implementation of new processes, use of new waste types, development of the other ways of valorization).

According to the MEDDE (Ministry of Ecology, of the Sustainable development and the Energy), by 2020, the number of installations should increase from 200 (in 2011) to 1 500, with a progress in particular in the farming sector. Furthermore, in France, according to the last available data (dated of 2008), approximately 300 installations of storage of non-hazardous waste (ISDND) produce also biogas among which approximately 90 which valorize.

In a context of development of these sectors, this study had for object to be specifically interested in the Health and Safety of the operators occurring in the installations treating substrata of diverse origins (agricultural, urban and industrial).

So, the objective was to **identify critical points towards the health and the safety of the operators** occurring in the biogas sectors following:

- agricultural methanization in farms and in centralized plants,
- urban sewage sludge methanization,
- household garbage methanization,
- industrial methanization in sectors like food industry, stationery and chemistry
- biogas production from landfill sites (ISDND);

The results are intended to sensibilize actors at potential risks and attention they need to focus for their mastery and / or for their further evaluation and tailored to each site. However, they cannot in any circumstances be regarded as the result of an occupational risk assessment or hazards study.

For this purpose, "Eurofins Expertises Environnementales" :

- collected data by a bibliographical research and some contacts of experts,
- summarized major definitions, notions and legal aspects,
- implemented some stages of a HACCP approach (hazard analysis critical control points) to identify and rank critical points towards the health and the safety of the operators during the follow-up, the maintenance and the possible dysfunctions of the installations, synthesized the data and results obtained by studied sector.

2. Data research and collection

The biogas production and valorization is a theme widely studied by numerous French and international institutions. So, documents produced by them established the first data base for this study.

The following associations can be quoted:

- ADEME (Agency of the Environment and the Control of Energy) at the heart of the help facility for the projects of methanization and biogas valorization and at the origin of numerous works and guides relative to the substrata, digestates, legal frames, installations's follow, in particular in the agricultural domain but also in the household waste sector,
- INERIS (National Institute of the industrial environment and risks), main actor having realized a number of scientific reports and syntheses concerning the biogas characterization, the risks and the safety regulations of the methanization plants, the experience feedback concerning the accidents and the incidents listed mainly in France and in Germany,

- ATEE (Technical Energy and Environment association) with in particular the Biogas club which collects the main French actors concerned by the biogas and which, in 2011, realized a current inventory of the methanization sectors (except ISDND) on the territory,
- The RECORD association, at the origin of previous studies relative at the biogas and at the presence of substances / microorganisms in certain substrata which can be methanized,
- ANSES (National Agency of the food sanitary safety, the environment and the work - ex AFSSET) at the origin of the expert work " Evaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel " in 2008,
- Other associations and French institutions : AILE, RAEE, FNADE, SOLAGRO, AAMF, EDEN, TRAME, METHEOR,
- The IEA (International Energy Agency).

To note also that a number of INRS documents (National Institute of research and safety for the accident prevention of workers and professional diseases), reference actor at the heart of the professional plan of risk prevention, was also consulted. Until now the INRS was not specifically interested in the health of the operators of biogas production and recovery, but a study should begin in 2013.

More specific searches were also realized in the general search engines and the databases of scientific articles (Medline, ScienceDirect).

In a purpose to identify accidents / incidents, the following databases were also questioned in autumn, 2012 :

- ARIA data base (Analysis, Research and Information about Accidents) lists the incidents or the accidents which were able, or would have, to occur to the public Health, farming, the nature and the environment. It is managed by the BARPI (Analysis Office of the Industrial risks and Pollutions) within the Head office of the Risk prevention in the Ministry of the sustainable development. [Http: // www.aria.developpement-durable.gouv.fr/index.html](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/index.html),
- EPICEA data base, source of national data managed by the INRS which collects more than 18 000 cases of occupational accidents, since 1990, to employees of the general social security system. [http: // www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/epicea.html](http://www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/epicea.html),
- COLCHIC data base also managed by the INRS, unavailable on-line; But some persons of the INRS realized requests on our demand. COLCHIC constitutes a basis collecting the results of analyses realized in particular in working atmosphere by the CARSAT laboratories.

Finally, the statistics of the actors of the health follow-up in work, namely the CNAMTS (National register of the Health insurance of the Employees) and of the MSA (Social and agricultural Mutual insurances) were also consulted to identify the types of occupational accidents and professional diseases arising in sectors being able to be concerned by the biogas production / valorization and, to identify the main causes (ATMP statistics).

To complete this bibliographical research, diverse experts (plants builders, engineering firms, actors of the health surveillance in work, professionals of the studied sectors, French and German associations in particular) were also contacted.

All the collected data allowed of:

- Remind, summarize some notions bound to the biogas production and valorization (cf. 3), some legal aspects (cf. 4) and, the monitoring systems of the French workers health (cf. 5),
- Describe the representative sectors-type of the most prevalent installations in France (cf. 6),
- Have information constituting the source data of the hierarchical organization methodology of critical points towards the Health and Safety of the operators (ex: chemical and microbiological data of the used materials, biogas, digestates, statistical ATMP) implementation (cf. 7 and 8).

3. Main definitions and notions concerning the methanization, biogas production and valorization

The methanization, or anaerobic digestion, is defined as « a natural process of organic matter transformation and degradation by bacteria in absence of oxygen ». This one leads to the biogas production, consisted essentially of methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂) and saturated in water. Other numerous compounds belonging to diverse families can also be present in lesser proportion (examples: hydrogen sulphide - H₂S, ammonia - NH₃, but also composed organohalogenates, metals, aromatic polycyclic hydrocarbons). A cultivable microbial flora (mainly bacterial species), was also revealing in biogas but rest little documented.

The methanization can take place in a spontaneous way in swamps for example or in installations of non-hazardous waste storage (ISDND).

The biogas can be valorized by various ways: heat production, electricity, biomethane fuel or biomethane for injection in the natural gas network. To date, the heat and electricity cogeneration is the dominating way in France, but we can note that the injection of the biomethane in the natural gas network also develops since 2011. Before its valorization, the biogas can have been more or less purified, in particular according to the requirements appropriate to every valorization way (ex: desulfurization).

In digester (thus except ISDND), a digestate is also produced. It is the residue after the digestion and consists of not-biodegradable organic matters, minerals and water. Its composition is also dependent on composition of initial substrates. It can be used for his agronomic value, within the framework of spreading plan or enter a logic produces if it is approved or standardized (Standards NFU 44-051 and 44-095). For this, the contents in certain micro pollutants (inorganic, PAH and PCB) and pathogenic microorganisms have to respect harmless thresholds.

4. Main legal aspects

The main regulations are the following ones:

- The European sanitary regulation 1069/2009 which:
 - o Imposes the implementation of a sanitary approval if the plant treats animal by-products (ABP),
 - o forbids the methanization of some of these ABP (category 1) and indicates the requirements concerning preliminary treatments (upstream to the methanization) for others (categories 2 and 3),
- The French regulations of Classified Installations for Environmental Protection (in French ICPE) of which, as the case may be, following sections :
 - o 2781-1: Methanization of vegetable materials, farm effluents, stercorian material, lactose serum, vegetable waste, of food-processing industries,
 - o 2781-2: Methanization of the other non-hazardous waste (household waste, animals waste, sewage sludge),
 - o 2750, 2751 and 2752 concerning water-treatment plants respectively of industrial, animals or mixed effluents sectors,
 - o 2791 - Processing plants of non-hazardous waste (except sections 2720, 2760, 2771, 2780, on 2781 and 2782),
 - o 2760-2 - Installation of storage of non-hazardous waste plant (ISDND),
 - o 1411 - Gasometers and compressed gas tanks containing flammable gases,
 - o 1413 - Installations of natural filling of gas tanks or biogas, under pressure
 - o 2910 B and C – Combustions

According to the substrates, treated or produced quantities, the regimes of statement, recording or authorization can apply.

For the ISDND, we can quote the text of September 9th, 1997 (modified lastly by the order of March 12th, 2012) imposing in particular the harnessing of the biogas, and its destruction or its valorization.

5. Main aspects of the workers health monitoring system in France

From a statutory point of view, the general principles of professional risk prevention are fixed by the European directive of June 12th, 1989 transposed into the French Work law by the law of December 31st, 1991. The Work code (part IV) fixes all the requirements. So, it specifies the general principles of prevention and the obligations of the employers to estimate the risks, and of to transcribe the results in a unique document.

In France, the prevention of professional risks is placed under the responsibility of public authorities and of the Social Security. The business manager is however the main actor of the prevention in company and is legally officer of security and the health of his employees. The main institutions and the structures assuring the follow-up of the operators in France are:

- The work Ministry and more exactly the Executive management of the Work, helped by the Regional offices of companies, competition, consumption, work and employment, by the medical Inspection of the work and the Work inspection,
- the Ministry of Agriculture,
- the departments of the Work health (SST) (ex occupational medicine),
- the national insurance with at the national level the CNAMTS (National Health insurance of the salaried employees), at the regional level, the regional offices, and, at the local level, the CPAM,
- the Agricultural Social Mutual insurance (MSA),
- the expertise institutions, in particular : INRS, ANSES, the Institute of Health monitoring (InVS).

6. Descriptions of the installation-type for sector in France

On the basis of the report established by the Biogas Club in 2011 concerning the installations of methanization in France and, additional data, the main informations in terms of steps process in the various sectors, digesters type, temperature ranges, biogas treatments, biogas and digestates valorizations, were extracted. They so allowed to realize by sector a functioning diagram of an installation-type, which represent the most prevalent installations in France. Elements illustrated in these diagrams are synthesized in the table 1 below.

Concerning the ISDND, approximately 300 units are present in France and produce biogas. 90 sites valorize the biogas, for the mainly, to produce electricity (the others captures and burns the biogas). The cogeneration however seems to develop. The heat can in particular be used for the treatment of eluates. Few data are available concerning the treatment of the biogas. The elimination of compounds such as siloxanes or volatile organohalogenate compounds can be made by activated charcoal. This one also allows the elimination of the hydrogen sulphide (H₂S). No digestate is produced in the case of the ISDND.

Table 1: Summary of the informations of installations-type for the sectors of methanization in France (according to mainly the current situation realized by the Biogas Club in 2011).

Sectors	Numbers of operational installations in 2011 (under construction)	Stages of storage – pretreatment of the substrates - digestion / Technologies of the digester	Biogas treatment	Biogas valorization	Digestate treatment / valorization
Agricultural methanization in farms	42* (35 : farms and centralized plants)	holding tank Completely mixed mesophilic digester Wet - Mechanical Agitation Post-digester	Desulfurization, mainly by injection of air in the digester	Heat and electricity cogeneration	Digestate spreading on site after separating liquid and solid phases
Agricultural methanization in Centralized plants	7* (35 : farms and centralized plants)	Manure pit Reception co-products Mixture of co-substrates Completely mixed mesophilic digester Wet - Mechanical Agitation Post-digester	Desulfurization, mainly by injection of air in the digester	Heat and electricity cogeneration	Sometimes treatment for fertilizer production exported offsite
Urban sewage sludge methanization	60 (4)	Completely mixed mesophilic digester Wet - Brewing injection of biogas Gasometer	To date, mainly, no biogas treatment	Heat production	separating liquid and solid phases some plants (14 of 24 a priori) composted digestate
Household garbage methanisation	9 (2 to 7 in construction according sources)	Steps reception / sorting waste Thermophilic digester piston-type Dry - Mechanical Agitation	dehydration Desulphurization, by ferric chloride injection, activated charcoal or scrubber	Heat and electricity cogeneration	Composting
Industrial methanation (ex: wine-producing effluents **)	80 (4) for all industrial sectors 18 treat wine-producing effluents **	Screening, screening, storage basin Mesophilic digester UASB Gasometer	To date, mainly, no biogas treatment	Heat production	Separating liquid and solid phases Complementary treatments such as clarification Sludge dehydration for offsite exportation

* To note that in March, 2012, the Institute of the Breeding counted 138 operational units in the farming sector.

** According to the assessment of the Biogas Club, on 80 operational industrial installations in France in 2011: 2 use meat as substrates, 11 the milk (cheese, whey, waters whites, yoghurts, ices(mirrors,ice creams)); 6, sugar, honey and candies; 7 are brasseries, 18 are wine-producing exploitations, 4 are distilleries; 1 is the soft drink manufacturing industry : 7 treat fruits, vegetables and potatoes; 2 treat starch and food additives; 13 are in the sector of the chemical industries and the biofuels production: 2 are pharmaceutical industries and 7 are pulp / cardboard factories

7. Methodology to rank the critical points towards the operator health and safety of the biogas production / valorization sectors.

To meet the objective of the study, the first six steps of HACCP systems have been applied to the installations-type which represent the most installations in France. These six steps correspond to the first principle of the method to identify / assess hazards.

HACCP "Hazard Analysis - Critical Control Point" is a method developed in the late 60s to ensure the safety of food and is now recommended by Directive 93/43/EEC. It can be applied to any process and is based on seven principles and 12 steps.

The application of this approach in the context of this study was to respond to the request of RECORD and it is interesting because helps to structure the research and data exploitation.

Thus, Eurofins Environmental Expertise has assembled a team that contributed to this study (step 1), describes the different input materials and the products (biogas and digestate), particularly in terms of the presence of chemicals and microorganisms (step 2) describes the utilisation of these products (biogas and digestate) (step 3), made diagrams of the installations (steps 4-5), identified and prioritized critical hazards or issues vis-à-vis the health and safety of operators (step 6).

During the sixth step: a **list of hazards** included in our analysis was first established. These are the following hazards: 1 - electrical hazard; 2 - fire / explosion ATEX zone/ biogas ; 3 - injuries, falls, 4 - burns 5 - H₂S poisoning, 6 - anoxia due to the replacement of oxygen by other gases (CO₂, CH₄) 7 - NH₃ poisoning, 8 - Chronic poisoning other chemicals qu'H₂S and NH₃ biogas by inhalation and / or ingestion / inhalation of contaminated aerosolized dust ; 9 - risk including microbial infections, allergies, inflammations, 10 - musculoskeletal disorders, 11 - noise, 12 - odors.

These hazards have been associated with the stages and phases (operation, maintenance, malfunction) of facilities. After, we awarded :

- Firstly, **issues levels** (3 levels) based on the potential consequences (eg death, no serious injuries ...)
- On the other hand, **experience feedback levels** (3 levels) based on the "potential" character of scenarios (eg events already described).

These levels were assigned based on bibliographic data collected and according to the arguments which are presented in the body of the report and approved by the Monitoring Committee. The crossing of the issues levels and the feedback levels was used to assess criticality levels, three categories of critical levels have also been distinguished (critical level minor, moderate, major).

The results obtained are provided in the report, in a synthese for each sector and so illustrated in the diagrams associated with tables presenting arguments based on the data collection.

8. Synthesis for each sector

One synthesis was made in this study for each studied sector. Five syntheses are available and are based on the following plan:

- Description of the sector in France
- Basic laws / regulatory devices
- Data on ATMP (Accidents at Work - Occupational Diseases)
- Data on accidents / incidents recorded
- Data on workstations
- Data on the composition of the substrate and digestate; effects of digestion on inorganic micropollutants, organic and pathogenic microorganisms
- Data on the biogas chemical composition
- Values occupational exposure limits (OEL) and toxicological reference values (TRV) some substances
- Data on the biogas microbiological composition
- Diagramm of facilities / identification of critical points towards the health / safety of operators
- References cited in this review

9. Conclusion

Biases and limits to this study can be highlighted. They are mainly related to:

- The lack of specific data. Some information is actually very general. For example, the available statistics of occupational accidents and occupational diseases affect large sectors such as "other remediation services" and it is not possible to know if the case were related in facilities where biogas is used and with operations related to this activity,
- Sometimes the old data or based from studies abroad are maybe not transferable to the French situation (due to different management practices),
- The general scarcity of data. For example, there is to date very little data that represent the exposure of workers to chemicals and especially microorganisms, bioaerosols. **Data content in the biogas have been used in particular bearing in mind that in no case do they represent exposure data,**
- The general scarcity of data. For example, there is to date very little data that represent the exposure of workers to chemicals and especially microorganisms, bioaerosols. so, biogas composition data have been used but we should know that in no case they represent exposure data,
- The disparity between the sectors and studies. For example, some biogas have been more often analysed (eg 25 samples for the biogas from landfill sites) than others (one for an agricultural biogas, according to the report AFSSET 2008). Another example concerns the epidemiological studies in some sectors (household waste, sewage treatment plants, composting) but not others (agricultural). This led to assign different feedback levels, so that risks can be similar but, in one case, no study has demonstrated that day a link while in the other it was. The results obtained in different studies (eg characterization of biogas) are, moreover, not fully comparable (different analysed pollutant , various quantification limites)

The diverse nature of the hazards studied (eg accidental, due to chronic exposure), so different data to assess feedback levels were used. Its limits the comparability of these critical points.

Bearing in mind these limitations, this study don't compare the sectors between them, but allowed

- Firstly, to identify observations more or less generalizable to all sectors and
- Secondly, to identify specific situations.

It should also be noted that many studies continue to be conducted and will probably allow to refine and complete some of the results from this study.

As a reminder, the results of this study are intended to raise awareness of the potential risks identified in various biogas production / valorization sectors, **but can in no way be used as results of an professional risk assessment or hazards study**. The identified critical points may however represent points where it seems necessary to pay particular attention to the implementation of existing management measures (eg ATEX zoning, use of gas detectors, individual protection) and / or refine assessments tailored to each site and workplace.

Note that even though we can't guarantee the completeness of the hazards and situations studied, we examined, it seems to us, the most of the hazards which might happen in the biogas production and recovery sectors, whether accidental or order related to acute exposure, chronic to chemical substances, microbiological, or related to noise, postures, repeated gestures.